**XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E
ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO**
**VIII ENCUESTRO LATINOAMERICANO DE
GESTIÓN Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**Del conocimiento a la acción: prácticas avanzadas de gestión
de la producción**

Londrina, Paraná, Brasil. 23 al 25 de Octubre del 2019

**LEAN CONSTRUCTION Y SU APORTE AL ALCANCE DE
CRITERIOS DE CERTIFICACIÓN DE COMPORTAMIENTO
AMBIENTAL DE EDIFICACIONES**

**ARISTIZÁBAL-MONSALVE, Paula (1); BOTERO BOTERO, Luis Fernando (2);
VÁSQUEZ-HERNÁNDEZ, Alejandro (3)**

(1) Universidad Eafit, teléfono: (57) 4 2619500, e-mail: paaristizm@eafit.edu.co (2) Universidad Eafit, teléfono: (57) 4 2619500, e-mail: lfbotero@eafit.edu.co, (3) Universidad Eafit, teléfono: (57) 4 2619500, e-mail: avasqu12@eafit.edu.co

ABSTRACT

Lean Construction and Sustainable Construction are two philosophies implemented in the construction industry but are applied separately. Several studies have shown that their joint application can generate greater benefits in project sustainability, understanding that both share objectives such as decrease in waste and the addition of value to the client. This paper present how from these shared objectives, Lean tools can contribute to the qualification criteria of the building environmental performance certificates reaching up to 29% of the general qualification. The three tools with the highest contribution are Prefabricated construction, VSM and concurrent engineering, however, the contributions most mentioned by the authors correspond to Prefabricated construction, VSM, JIT and BIM.

Keywords: *Lean Construction, Value creation, waste reduction, sustainability, certifications.*

1 INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de una industria de construcción sostenible, se encuentra en Lean Construction una oportunidad para aportar al alcance de la sostenibilidad, viendo su potencial para satisfacer las necesidades de los clientes al aumentar el valor y la productividad, mejorando procesos constructivos, reduciendo desperdicios, lo anterior reflejado en ahorros en tiempo, dinero, calidad ambiental y de producto (ARIF et al., 2013). Lean Construction y Construcción Sostenible son dos filosofías cuyo objetivo principal es la eficiencia en el uso de recursos, pero son aplicadas de manera individual sin dar cuenta de lo que se puede lograr al integrarlas (PULASKI et al., 2003). La construcción sostenible surge como iniciativa para generar equilibrio entre la dimensión social, económica y ambiental (BRUNDTLAND, 1987), mientras Lean Construction consiste en hacer más eficientes las actividades que generan valor, minimizando o eliminando las pérdidas, consiguiendo así mayor productividad en el proceso constructivo (LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE, 2016).

2 LEAN CONSTRUCCIÓN, CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Y SUS OBJETIVOS COMPARTIDOS

En 1987 La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo introdujo el término “sostenibilidad” como respuesta a los impactos económicos, sociales y ambientales generados por la intervención humana (SAIEG et al., 2018), posteriormente la Agenda 21 de Naciones Unidas en la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo declaró: “La sostenibilidad debería tener un indicador para controlar y monitorear el desarrollo de la sostenibilidad en todos los niveles” (KHODEIR; OTHMAN, 2016). Desde entonces se han realizado esfuerzos para proporcionar pautas de desarrollo sostenible en diferentes industrias. La industria de la construcción reconoce el impacto de sus actividades y considera estos desafíos como una oportunidad para el cambio de prácticas insostenibles, transformarse y ser parte de la solución (MARTÍNEZ, 2011). Como respuesta a estos desafíos ambientales y de desarrollo se crean sistemas de certificación de edificios verdes (Green Building Rating System), herramientas utilizadas para evaluar, mejorar y promover la construcción sostenible (AWADH, 2017), entendiendo esta última como la construcción de edificaciones bajo procesos y prácticas que logran un equilibrio entre los aspectos sociales, económicos y ambientales (ASSEMBLY, 2011). Entre los sistemas desarrollados se destacan algunos que han logrado reconocimiento a nivel mundial como BREEAM (Reino Unido), LEED (Estados Unidos) y Green Star (Australia). Cada uno de los sistemas de certificación de comportamiento ambiental establecen los criterios mínimos para considerar que la edificación tiene características sostenibles y determinar un nivel de calificación, sin embargo, aunque cada sistema trabaja independientemente, persiguen los mismos objetivos y constituyen una guía para la construcción sostenible. Con un mercado más evolucionado y consciente, se remarca la importancia de estos sistemas, que establecen un factor de empuje hacia la adopción de medidas de sostenibilidad reguladas y el desarrollo de políticas de gobierno a favor de la implementación de mejores prácticas en el sector (MARTÍNEZ, 2011).

El uso de herramientas Lean puede aportar al alcance de los criterios de certificación, debido a que su aplicación genera beneficios económicos, sociales y ambientales (KHODEIR; OTHMAN, 2016). Los principales objetivos de Lean Construction incluyen crear sistemas de producción eficientes que permitan reducir o eliminar pérdidas para mejorar tiempos de entrega y generar valor para el cliente (PORRAS; SANCHEZ; GALVIZ, 2014), enmarcados dentro del respeto por las personas y la mejora continua (CHERRA et al., 2016). Similarmente la Construcción sostenible puede definirse como la construcción recurso-eficiente, que busca disminuir o eliminar la ineficiencia en el uso de recursos, como el exceso en el uso de materiales, energía, agua y emisiones contaminantes (KIBERT, 2016) mientras se optimizan costos y maximizan los beneficios sociales y ambientales (ASSEMBLY, 2011), igualmente generando valor al cliente y adicionalmente a su entorno. La **(Figura 1)** ilustra lo antes mencionado para entender cómo estas dos filosofías pueden tener enfoques diferentes, pero aun así compartir objetivos como la disminución de pérdidas y la agregación de valor al cliente, entendiendo que para la construcción sostenible el cliente abarca tanto al usuario, como a su entorno, y que finalmente de manera directa o indirecta generan beneficios sociales, ambientales y económicos.

Figura 1 – Objetivos compartidos

Fuente: Elaboración Propia

3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación se evalúa el peso de los criterios de calificación de nueve sistemas de certificación reconocidos internacionalmente; estos criterios fueron agrupados así: i) “Reducción impactos construcción” los esfuerzos por mitigar impactos ambientales de construcción y mejorar condiciones laborales, ii) “Ambiente exterior” beneficios económicos, sociales y ambientales para la comunidad que rodea al proyecto en fase de uso de la edificación, iii) “Ambiente interior” aspectos de la edificación que beneficiarán a quienes la habiten en etapa de uso y operación.

Diferentes autores han planteado que las herramientas Lean permiten disminuir los impactos de construcción. Se realiza una revisión literaria utilizando la ecuación de búsqueda: (Lean) AND (Practices OR Tools OR Strategies) AND (Sustainability OR Sustainable OR Green) AND/OR (Indicators OR Measures OR Scores) AND (Construction OR Building) y se revisan los planteamientos de 58 autores que investigaron el tema entre 1998 y 2018, para determinar el aporte de lean al alcance de los criterios de calificación del grupo i).

4 CONTRIBUCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN AL ALCANCE DE CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

La **Tabla 1** agrupa los criterios de calificación de nueve sistemas de certificación y su peso, según se menciona anteriormente.

Tabla 1 – Criterios de calificación de los sistemas de certificación

CRITERIOS	LEED	BREEAM	CASBEE	GBI	GSAS	GREEN MARK	BEAM PLUS	GREEN STAR TI	GREEN PYRAMID	PROMEDIO
REDUCCIÓN IMPACTOS CONSTRUCCIÓN	21%	34%	50%	17%	29%	24%	20%	44%	27%	30.24%
Calidad aire	5%	3%	11%	1%	3%		2%	4%		3.36%
Ruido		3%	2%		1%		1%			0.76%
Energía		9%	20%							3.33%
Agua		6%	2%	1%	2%	2%	1%	2%	10%	2.87%
Eficiencia en materiales	6%	5%	9%	5%	6%		10%	15%	11%	7.63%
Materiales bajo impacto	7%	5%	6%	3%	7%	10%	3%	6%	1%	5.56%
Manejo residuos	2%			5%	10%	12%	3%	11%	6%	5.56%
Condiciones laborales		3%		2%				6%		1.17%
AMBIENTE EXTERIOR	22%	57%	9%	10%	14%	3%	12%	15%	7%	16.94%
Bienestar económico		2%			3%					0.50%
Bienestar social	16%	40%			6%		6%	9%	3%	9.25%
Bienestar ambiental	5%	15%	9%	10%	6%	3%	6%	6%	4%	7.18%
AMBIENTE INTERIOR	57%	9%	41%	73%	57%	74%	47%	41%	65%	52.83%
Calidad aire	5%		5%	8%	7%	7%	9%	4%	7%	6.00%
Ruido/acústica			3%	1%	1%	1%	3%	1%	1%	1.27%
Energía	33%			32%	12%	17%	7%	19%	26%	16.62%
Agua	9%			10%	15%	9%	6%	9%	20%	8.87%
Confort térmico	2%		7%	5%	10%	24%	3%	1%	1%	6.13%
Luz, iluminación y vista	3%	4%	11%	10%	5%	10%	4%	2%	1%	5.84%
Servicio			15%		4%		9%	1%	5%	3.91%
Residuos					2%	1%	1%			0.40%
TOTALES	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Los sistemas de certificación conceden mayor peso a los criterios para fase de uso (69.77%) y en fase de construcción se enfocan mayormente en temáticas ambientales como la eficiencia de recursos; solo tres de los nueve sistemas mencionan las condiciones de los trabajadores y asignan bajo puntaje al alcance de estos criterios (1.17%) (**Tabla 1**).

A continuación, se presenta (**Tabla 2**) el porcentaje de menciones (164) y autores (58) que relacionan cada herramienta Lean con los criterios de calificación del grupo i) y el porcentaje máximo de aporte a la calificación de cada una de las herramientas Lean.

Resultado de la revisión, se encontraron 23 herramientas Lean que aportan a la calificación, sin embargo, es posible que la búsqueda individual de cada una de estas herramientas resultará en mayores aportes.

Tabla 2–Aporte de las herramientas Lean a la calificación

HERRAMIENTA S LEAN	CALIDAD AIRE (3.36%)	DISMINUCIÓN RUIDO (0.76%)	EFICIENCIA ENERGÍA (3.33%)	EFICIENCIA AGUA (2.87%)	EFICIENCIA EN MATERIALES (7.63%)	BAJO IMPACTO MATERIALES (5.56%)	RESIDUOS (5.56%)	CONDICIONES LABORALES (1.17%)	% TOTAL MENCIONES	% TOTAL AUTORES	TOTAL PUNTAJE
CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA	15.5%	2.4%	4.9%	1.8%	6.7%	2.4%	8.5%		42.3%	37.9%	29.1%
VSM	2.4%		3.0%	0.6%	2.4%		3.0%	0.6%	12.2%	17.2%	23.9%
JIT	1.2%		0.6%		5.5%		1.8%		9.1%	19.0%	19.9%
BIM	1.8%		1.8%		0.6%		4.3%		8.5%	19.0%	19.9%
5S	0.6%				0.6%		5.5%		6.7%	15.5%	16.6%
KAIZEN	1.2%		0.6%		0.6%		2.4%	0.6%	5.5%	10.3%	21.1%
IPD	0.6%		1.2%				2.4%		4.3%	10.3%	12.3%
SIMULACIÓN CASOS	1.2%		0.6%				1.2%		3.0%	5.2%	12.3%
INGENIERÍA CONCURRENTE	0.6%		0.6%	0.6%	0.6%		0.6%		3.0%	1.7%	22.8%
BENCHMARKING			0.6%		0.6%		0.6%	0.6%	2.4%	1.7%	17.7%
PUSH & PULL	0.6%				1.2%		0.6%		2.4%	5.2%	16.6%
POKA JOKE	0.6%		0.6%				0.6%		1.8%	1.7%	12.3%
LAST PLANNER	0.6%						0.6%		1.2%	1.7%	8.9%
KANBAN			0.6%				0.6%		1.2%	1.7%	8.9%
GERENCIAMIENTO VISUAL							1.2%		1.2%	3.4%	5.6%
TARGET VALUE DESIGN			1.2%						1.2%	3.4%	3.3%
PRE-MODULACIÓN					0.6%				0.6%	1.7%	7.6%
HISTOGRAMAS					0.6%				0.6%	1.7%	7.6%
SIX SIGMA							0.6%		0.6%	3.4%	5.6%
ANÁLISIS LAYOUT							0.6%		0.6%	1.7%	5.6%
5 POR QUÉ	0.6%								0.6%	1.7%	3.4%
DIAGRAMA ISHIKAWA	0.6%								0.6%	1.7%	3.4%
SET BASED DESIGN			0.6%						0.6%	1.7%	3.3%

Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 2** se gráfica el aporte de las herramientas Lean a la calificación frente al porcentaje de autores y menciones de este aporte. Se puede concluir que la construcción prefabricada y VSM son las dos herramientas que pueden aportar en mayor medida a la calificación siendo esto mencionado por un gran número de autores. En tercer lugar, está ingeniería concurrente, sin embargo, solo un 1.7% de los autores menciona el aporte de esta herramienta.

Figura 2–Aporte de las herramientas Lean a la calificación

Fuente: Elaboración Propia

5 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

- Lean Construction contribuye a la construcción sostenible ya que ambos conceptos comparten objetivos como la disminución de pérdidas y la agregación de valor al cliente, y aunque cada filosofía tiene enfoques diferentes, finalmente ambas generan beneficios sociales, económicos y ambientales.
- Los sistemas de certificación conceden mayor peso a los criterios de sostenibilidad para fase de uso (69.77%) y en fase de construcción se enfocan mayormente en temáticas ambientales como la eficiencia de recursos. Solo tres de nueve sistemas mencionan las condiciones de los trabajadores y asignan bajo puntaje al alcance de estos criterios (1.17%). Esto demuestra que la dimensión social está desatendida por el sector y la falta de incentivos para mejorar las condiciones laborales de sus trabajadores e integrar buenas prácticas sociales.
- Diferentes autores han planteado el aporte de Lean a la sostenibilidad. Resultado de la revisión bibliográfica se concluye que las herramientas Lean pueden aportar al alcance de los criterios del grupo i) (**Tabla 1**) obteniendo hasta 29.1% de la calificación, que incluye la mejora en la calidad del aire, disminución del ruido, disminución en consumo de energía y agua, uso eficiente de materiales, uso de materiales de bajo impacto ambiental, manejo de residuos y mejora de las condiciones laborales.
- Construcción prefabricada, VSM e ingeniería concurrente son las tres herramientas Lean que según la revisión pueden aportar en mayor medida al alcance de los criterios de calificación, sin embargo, los aportes más mencionados corresponden a Construcción prefabricada, VSM, JIT y BIM.

REFERENCIAS

- ARIF, M. et al. Sustainability through lean Construction Approach : A literature review. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 101, p. 90–99, 2013.
- ASSEMBLY, I. Barriers to addressing sustainable construction in public procurement strategies. v. 164, n. 2010, 2011.
- AWADH, O. Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. **Journal of Building Engineering**, v. 11, n. March, p. 25–29, 2017.
- BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development** United Nations Commission. [s.l: s.n.].
- CHERRA, A. et al. The integration of lean manufacturing , Six Sigma and sustainability : A literature review and future research directions for developing a speci fi c model. v. 139, p. 828–846, 2016.
- KHODEIR, L. M.; OTHMAN, R. Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of AEC industry. **Ain Shams Engineering Journal**, 2016.
- KIBERT, C. J. **Sustainable construction: green building design and delivery**. 4. ed. [s.l.] John Wiley & Sons, 2016. v. 4th
- LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE. **Lean Construction**.
- MARTÍNEZ, K. Comunidades Y Barrios Sustentables : Neighborhoods : Rating Tools Towards the Sustainability of. **Revista AUS**, v. 10, 2011.
- PORRAS, H.; SANCHEZ, O.; GALVIZ, J. Filosofia Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. **AVANCES Investigación en ingeniería**, v. 11, n. 1, p. 32–53, 2014.
- PULASKI, M. et al. **Synergies between Sustainable Design and Constructability at the Pentagon**. Construction Research Congress. **Anais...**2003
- SAIEG, P. et al. Interactions of Building Information Modeling , Lean and Sustainability on the Architectural , Engineering and Construction industry : A systematic review. v. 174, p. 788–806, 2018.