

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



Título

**EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS DE
EDIFICACIÓN, INTEGRANDO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION Y LA
GESTIÓN SOSTENIBLE USANDO EL MÉTODO DELPHI**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTRA EN
INGENIERÍA CIVIL**

AUTORA

Lesly Fiorela Cruzado Ramos

ASESOR

Xavier Max Brioso Lescano

Julio, 2019

ÍNDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Resumen.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Hipótesis del proyecto	2
1.5 Metodología de investigación	2
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Filosofía Lean.....	5
2.2 Lean Construction	6
2.3 Gestión de la sostenibilidad.....	12
2.4 Sinergia entre los sistemas de gestión ambiental y producción.....	17
2.5 Indicadores clave de desempeño de la sostenibilidad (KPIs)	19
2.6 Metodología Delphi	20
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE SOSTENIBILIDAD, INTEGRANDO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION Y LA GESTIÓN SOSTENIBLE	22
3.1 Seguimiento a los proyectos de edificación.....	24
CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA: ESTUDIO DELPHI.....	44
4.1 Modelo teórico de indicadores de desempeño de sostenibilidad para proyectos de edificación: Estudio Delphi	45
CAPITULO 5: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	68
5.1 Evaluación del desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación...	69
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	94

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Metodología para la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de edificación, integrando la filosofía Lean Construction y la gestión sostenible, usando el método Delphi.....	4
Ilustración 2: Objetivos del sistema de producción de Toyota (Adaptado de Monden 1983).	6
Ilustración 3: Triadas de Lean Project Delivery System (Ballard,2000).	10
Ilustración 4: Requisitos de la ISO 14001:2015 (Adaptado desde Sistema de Gestión ISO 14001:2015).	17
Ilustración 5: Integración del LPS y la ISO 14001:2015	19
Ilustración 6: Proponer una metodología para evaluar el desempeño de sostenibilidad del proyecto de edificación.....	24
Ilustración 7: Ficha técnica del proyecto.	25
Ilustración 8: Cuestionario N° 01.....	28
Ilustración 9: Anclaje de muros pantalla.....	29
Ilustración 10: Reunión de planificación colaborativa	30
Ilustración 11: Lookahead (Look Ahead 4 weeks-COSAPI 2018).....	30
Ilustración 12: Análisis de restricciones, Sistema Last Planner System-COSAPI (2018).	31
Ilustración 13: Plan semanal (Plan semanal - COSAPI 2018).	32
Ilustración 14: Monitoreo de la calidad del aire PM10(Plan de gestión ambiental, 2018).	36
Ilustración 15: Monitoreo de la calidad del aire PM 2.5 (Plan de gestión ambiental 2018).	36
Ilustración 16: Monitoreo de la calidad de ruido ambiental diurno (Plan de gestión ambiental 2018).	37
Ilustración 17: Monitoreo de la calidad de ruido ambiental nocturno (Plan de gestión ambiental 2018).	38
Ilustración 18: Protocolo de planificación	42
Ilustración 19: Protocolo de ejecución.....	43
Ilustración 20: Validar la metodología propuesta (Estudio Delphi).....	45
Ilustración 22: Aplicar la herramienta generada (Edificaciones del Perú)	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales (Adaptado de plan de gestión ambiental, 2018).	14
Tabla 2: Requisitos de la ISO 14001:2015 (Adaptado desde Sistema de Gestión ISO 14001:2015).	33
Tabla 3: Impactos ambientales y medidas de mitigación (Adaptado de Plan de gestión ambiental 2018).	34
Tabla 4: Objetivos y metas ambientales (Adaptado de plan de gestión ambiental, 2018).	39
Tabla 5: Propuesta inicial de Indicadores de Evaluación del Desempeño de la Sostenibilidad en Proyectos de Edificación.	40
Tabla 6: Literatura científica asociada a los indicadores de desempeño de la sostenibilidad.	48
Tabla 7: Características del perfil del integrante del panel de expertos.	52
Tabla 8: Perfil del experto.	53
Tabla 9: Indicadores de desempeño de la sostenibilidad del proyecto de edificación.	54
Tabla 10: Indicadores de desempeño seleccionados por el panel de expertos.	59
Tabla 11: Perfil del experto.	67
Tabla 12: Formato de evaluación de desempeño de la sostenibilidad del proyecto de edificación.	67
Tabla 13: Puntajes escalados en un total de 100 puntos para todo el ciclo de vida del proyecto.	70
Tabla 14: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°01).	72
Tabla 15: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°02).	73
Tabla 16: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°03).	74
Tabla 17: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°04).	75
Tabla 18: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°05).	76
Tabla 19: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°01).	77
Tabla 20: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°02).	78
Tabla 21: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°03).	79
Tabla 22: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°04).	80
Tabla 23: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°05).	81
Tabla 24: Tabla resumen-Evaluación de desempeño de la sostenibilidad.	82

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo contribuir a mejorar la gestión sostenible de las edificaciones peruanas en todo el ciclo de vida del proyecto, mediante la integración de la filosofía Lean Construction y los conceptos de sostenibilidad, usando el método Delphi. Para ello, primero se revisa la literatura y se analiza la información existente sobre la compatibilidad o sinergia entre los sistemas Lean Construction y gestión de la sostenibilidad. Luego, con el apoyo de una empresa colaboradora se desarrolla una metodología de evaluación del desempeño de la sostenibilidad en los proyectos, que integre el Last Planner System y la gestión de la sostenibilidad. La herramienta propuesta se valida mediante el método Delphi, para lo cual se contó con el juicio de especialistas expertos en los temas de estudio. Seguidamente, se desarrollan los protocolos de la metodología propuesta correspondientes a la evaluación de las fases de diseño, construcción y uso de las edificaciones. Finalmente, se aplica la metodología a cinco casos de estudio, se analizan los resultados y se valida la metodología. A lo largo de la investigación se analizan los principios, herramientas, técnicas y prácticas de la filosofía Lean, que hacen sinergia con las metodologías, normas y herramientas de la gestión de la sostenibilidad.

1.2 Planteamiento del problema

El estado actual en que se desarrolla la gestión del diseño, planificación y ejecución de los proyectos de edificación genera, entre otras: (1) pérdidas durante el diseño debido a reprocesos; (2) pérdidas durante la construcción debido a sobrecostos por mal uso de los recursos; (3) pérdidas durante la fase de uso debido a la mala selección de las componentes e instalaciones de la fase de diseño lo que genera un mayor uso de agua, energía, entre otros recursos (cita requerida). Los inversionistas privados, las entidades públicas, las empresas constructoras e instituciones ignoran el concepto de diseño y construcción esbelto y de sostenibilidad en todas las fases del proyecto, impactando al planeta. En la revisión de la literatura, se ha encontrado evidencia de que con el uso de la filosofía Lean y la gestión de la sostenibilidad se puede optimizar la gestión de recursos de todas las fases del proyecto. Por lo mencionado anteriormente, se propone la integración de la filosofía Lean y la gestión de la sostenibilidad aplicadas a proyectos de edificación reales, para dar a conocer sus ventajas e impulsar su uso en la industria.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El objetivo general del proyecto es contribuir a mejorar la gestión sostenible de las edificaciones peruanas en todo el ciclo de vida del proyecto, mediante la integración de la filosofía Lean Construction y los conceptos de sostenibilidad, usando el método Delphi.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la información existente sobre la compatibilidad o sinergia entre los sistemas Lean Construction y gestión de la sostenibilidad.
- Desarrollar una metodología de evaluación de desempeño de sostenibilidad de proyectos que integre el Last Planner System y la gestión de la sostenibilidad, validarla mediante el método Delphi.
- Desarrollar los protocolos de la metodología propuesta correspondientes a la evaluación de las fases de diseño, construcción y uso de las edificaciones.
- Aplicar la metodología a cinco casos de estudio, analizar los resultados y validar la metodología.

1.4 Hipótesis del proyecto

Es posible hacer una propuesta de integración de la filosofía Lean y la gestión de la sostenibilidad para lograr mejoras en los indicadores de sostenibilidad de los proyectos de edificación, durante el ciclo de vida del proyecto.

1.5 Metodología de investigación

La metodología de investigación, comprende los siguientes pasos:

Paso 01: Identificar el objetivo de la investigación.

Primero, se llevó a cabo la identificación del propósito de la presente investigación. Entonces, el objetivo es contribuir a mejorar la gestión sostenible de las edificaciones peruanas en todo el ciclo de vida del proyecto, mediante la integración de la filosofía Lean Construction y los conceptos de sostenibilidad, usando el método Delphi.

Paso 02: Proponer una metodología de evaluación de desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación.

Mediante la ayuda de una empresa colaboradora y el análisis de la literatura existente, se logró establecer una propuesta inicial que involucra la medición de indicadores clave de desempeño de sostenibilidad (KPI's).

Paso 03: Validar la metodología propuesta.

Mediante la aplicación de un estudio Delphi, que involucró a un panel de expertos multidisciplinario, se logró revalidar la herramienta propuesta, la cual permite la evaluación de desempeño de sostenibilidad de los proyectos de edificación.

Paso 04: Aplicar la herramienta generada

Se aplicó la metodología de evaluación de desempeño de sostenibilidad, a 5 proyectos de edificación del Perú, con la finalidad de obtener resultados cuantitativos en relación a sus indicadores clave de desempeño de la sostenibilidad (KPI's).

Paso 05: Evaluar resultados

Luego de aplicar la herramienta de evaluación a los diferentes proyectos de edificación, se procedió a evaluar los resultados obtenidos, para finalmente emitir un informe de la evaluación.

Paso 06: Informe de resultados

Se analizan los resultados obtenidos para los diferentes proyectos, y en caso de detectarse prácticas de gestión deficientes, se procederá a sugerir alternativas de mejora, con la finalidad de mejorar el desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación.

A continuación, en la ilustración 1 se muestra un diagrama de flujo que resume la metodología descrita:

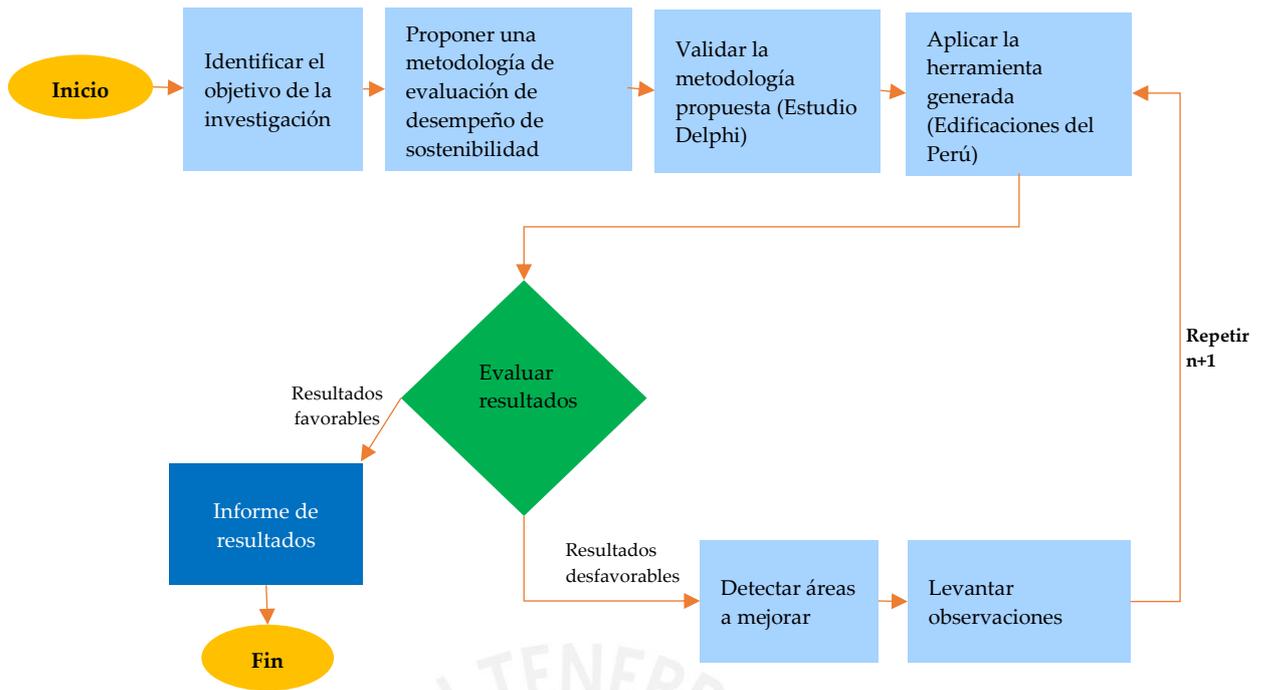


Ilustración 1: Metodología para la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de edificación, integrando la filosofía Lean Construction y la gestión sostenible, usando el método Delphi.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen los métodos y herramientas de gestión que serán aplicados según la metodología para la evaluación del desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación.

2.1 Filosofía Lean

A nivel mundial las organizaciones se caracterizan por mejorar su rendimiento de forma constante, es ahí en donde nace la inquietud acerca de ¿Cuál es la fórmula para el éxito? ¿Qué es lo que están haciendo diferente? La respuesta es la implementación de la filosofía Lean, la cual implica un cambio organizacional y de cultura. Se dieron cuenta de que hay algo especial en la cultura de Toyota, una empresa de alto rendimiento, concluyendo en que los pilares de Lean son el respeto y la mejora continua (Liker, 2008). Por otro lado, en la industria de la construcción, se ha empezado a conocer esto como 'Lean Construction', en donde el desafío, luego de estudiar la cultura de Toyota, será desarrollar los valores de las organizaciones y, por lo tanto, la cultura (Horvat, 2011).

2.1.1 Acerca de Lean Manufacturing

La manufactura esbelta fue inicialmente pionera y desarrollada por los grandes fabricantes japoneses de automóviles. Ha sido implementado por varios japoneses, fabricantes americanos y europeos con un éxito considerable, y se ha aplicado ampliamente fuera de la industria automotriz.

2.1.2 Objetivos del sistema de producción de Toyota según Monden (1983):

El sistema de producción de Toyota elimina completamente los elementos innecesarios en la producción con el propósito de reducir costos. La idea básica es producir el tipo de unidades necesarias, en el momento necesario y en cantidades necesarias. El sistema tiene tres objetivos:

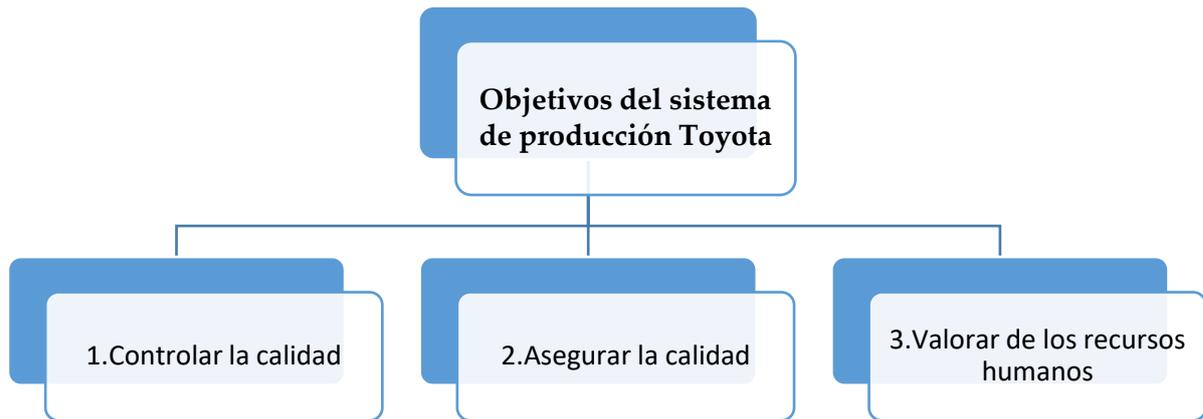


Ilustración 2: Objetivos del sistema de producción de Toyota (Adaptado de Monden 1983).

A continuación, se explican los objetivos del sistema de producción Toyota:

- a. **Control de cantidad:** Permite que el sistema se adapte a las fluctuaciones diarias y mensuales en términos de cantidad y variedad.
- b. **Aseguramiento de la calidad:** Asegura que cada proceso proporcionará solo buenas unidades a los procesos posteriores.
- c. **Respeto por la humanidad:** Debe cultivarse mientras el sistema utiliza los recursos humanos para lograr sus objetivos de costo.

2.2 Lean Construction

Koskela (1992) sirvió como catalizador para la investigación en Lean Construction. Desde entonces, los investigadores que trabajan en estrecha colaboración con los profesionales han estado investigando la teoría, los principios y las técnicas de entrega de proyectos lean. Estos esfuerzos cubren una variedad de tipos de proyectos (por ejemplo, proyectos de vivienda, comerciales e industriales) y áreas de proyectos (por ejemplo, definición, diseño, suministro, montaje y uso de proyectos). Al comprender el alcance del conocimiento de Lean Construction, los investigadores pueden estructurar mejor sus esfuerzos para que se basen en el conocimiento existente y generen una nueva visión de las áreas menos investigadas (Alves & al., 2007).

2.2.1 Definición de Lean Construction

Lean Construction es una filosofía basada en los conceptos de manufactura Lean. Se trata de gestionar y mejorar el proceso de construcción para reducir los desperdicios y entregar lo que el cliente necesita. Debido a que es una filosofía, Lean Construction se puede concebir a través de diferentes enfoques. De tal forma, la filosofía Lean

Construction propone la redefinición de los principales esfuerzos de desarrollo en la construcción, entre ellos: (1) industrialización (2) seguridad (3) construcción integrada por ordenador (4) y la automatización de la construcción (Koskela, 1999). Además, la filosofía Lean Construction está constantemente siendo compatibilizada e integrada con las herramientas, técnicas y prácticas de todos los sistemas de gestión (Brioso et al, 2018; Brioso, 2015). Por ejemplo, existe literatura existente sobre la compatibilidad de las prácticas Lean con RA (Realidad aumentada) y sistema de gestión BIM (Calderon, 2018), en donde se concluye que la integración de los sistemas de gestión, permite mejorar los flujos de trabajo y contribuye a la eliminación de los desperdicios (Gurevich, 2014). Asimismo, se establecen las responsabilidades del especialista en Lean Construction, y de los demás agentes que participan en un proyecto de construcción (Brioso y Humero, 2016).

2.2.2 Objetivos de la filosofía Lean Construction

Los proyectos de construcción son sistemas de producción temporal. Cuando esos sistemas están estructurados para entregar el producto, a la vez que maximizan el valor y minimizan el desperdicio, se dice que son proyectos "Lean". La gestión de proyectos Lean difiere de la gestión tradicional, no sólo en los objetivos que persigue, sino también en la estructura, la relación y los participantes de cada fase (Ballard et al., 2003). La gestión de la seguridad es un área de conocimiento preponderante de los sistemas de gestión de construcción y requiere de herramientas y técnicas que integren a todos los involucrados, tanto producción como áreas de soporte (Brioso, 2005). El sistema Lean tiene sinergia con el sistema de gestión de seguridad, cuando interactúan colaborativamente mejoran sus indicadores de performance (Brioso, 2013; Brioso, 2017).

2.2.1.1 Aplicando Lean Thinking en la construcción.

La implementación y comprensión de los principios del pensamiento Lean permiten reducir los tiempos y costos de los proyectos hasta en un 30% (Constructing Excellence, 2004), a través de desarrollos como:

- Mejorar el flujo de trabajo en el sitio, mediante la definición de unidades de producción y el uso de herramientas tales como el control visual de los procesos.
- Utilizar equipos de diseño que trabajen exclusivamente en el diseño de principio a fin y que desarrollen una herramienta conocida como "Diseño esquemático para un día", que permite acelerar drásticamente el proceso de diseño.

- Innovación en diseño y ensamblaje, por ejemplo, mediante el uso de paneles de relleno de ladrillo prefabricados, fabricados fuera del sitio y techos de atrio premontados levantados in situ.
- Apoyar a los subcontratistas en el desarrollo de herramientas para mejorar los procesos.

2.2.2 Principios de la filosofía Lean Construction

Constructing Excellence (2004), indica los principios de la filosofía Lean Construction:

- Eliminar residuos.
- Establecer el valor del proyecto desde la perspectiva del cliente final.
- Identificar claramente los procesos que permiten entregar lo que el cliente valora (el flujo de valor) y eliminar todos los pasos que no agregan valor.
- Hacer que los pasos de valor agregado restantes fluyan sin interrupción gestionando las interfaces entre diferentes procedimientos.
- Dejar que el cliente decida - no hacer nada hasta que sea necesario, luego hacerlo eficientemente.
- El control se redefine de "resultados de monitoreo" a "hacer que las cosas sucedan", con un proceso de planificación medido y mejorado para asegurar un flujo de trabajo confiable y resultados de proyecto predecibles.
- Maximizar el valor y minimizar el desperdicio en el nivel del proyecto es el objetivo, versus la práctica tradicional de intentar optimizar cada actividad de forma individual y aislada.
- El valor para el cliente se define, se crea y se entrega a lo largo de la vida del proyecto, mientras que la práctica tradicional exige definir los requisitos desde el principio para la entrega al final, a pesar de los cambios en los mercados, la tecnología y las prácticas comerciales.
- Coordinar las actividades priorizando el flujo continuo, a diferencia del enfoque tradicional, guiado por una programación fija, que considera irrelevante el trabajo colaborativo, la gestión de los recursos y la coordinación de las actividades.
- La toma de decisiones a través de la transparencia y el empoderamiento proporciona a los participantes del proyecto información sobre el estado de los sistemas de producción y les permite tomar medidas.
- Seguir la perfección mediante la mejora continua.

La implementación de Lean Construction busca mejorar el desempeño en la industria de la construcción, a través de enfoques Lean para el diseño y la entrega de proyectos.

La finalidad es desarrollar y gestionar un proyecto a través de relaciones, conocimiento compartido y objetivos comunes (LCI, 2017).

2.2.3 Lean Project Delivery System

Según Lauri Koskela (1992), debido a las prácticas tradicionales, los procesos de flujo no se habían controlado o mejorado de manera ordenada, generando: (1) procesos de flujo complejos, inciertos y confusos; (2) una expansión de las actividades sin valor agregado; y (3) Reducción del valor de producción. Por este motivo, propone la filosofía Lean Construction, cuyos objetivos principales son: (1) reducir el desperdicio (2) generar valor para el cliente (Koskela, 1999). El diseño del flujo de trabajo aún representa un reto en el desarrollo de los sistemas Lean (Brioso, 2015). En el año 2000, Glen Ballard propone el Lean Project Delivery System (LPDS), un sistema que engloba todo el ciclo de vida de un proyecto, esencial para comprender las necesidades del cliente mediante un análisis de las diferentes alternativas (Ballard, 2018).

El sistema de gestión Lean Project Delivery System, es una respuesta a la insatisfacción de los clientes y la cadena de suministro con los resultados en la industria de la construcción. La eficiencia y productividad de la mano de obra en la construcción ha disminuido, mientras que todas las demás eficiencias laborales se han duplicado o aumentado desde los años sesenta. Actualmente, el 70% de los proyectos están por encima del presupuesto y se entregan tarde (Ballard, 2018).

Lauri Koskela alertó por primera vez a la industria de la construcción sobre la revolución en la fabricación, desafiándolo a explorar y adoptar estos nuevos conceptos y técnicas (Koskela, 1992). Repensar la construcción (Construction Task Force, 1997), promovió la manufactura Lean como un modelo a desarrollar.

Los investigadores activos en IGLC han traído conceptos y técnicas Lean a las industrias de la construcción de los EE. UU., Reino Unido, Finlandia, Dinamarca, Singapur, Corea, Australia, Brasil, Chile, Perú, Ecuador y Venezuela. Los cursos universitarios en construcción y gestión de proyectos están comenzando a incorporar material de construcción Lean.

Modelo de sistema de entrega de proyecto Lean (LPDS)

Los proyectos se han entendido durante mucho tiempo en términos de fases, por ejemplo, prediseño, diseño, contratación e instalación. Algunas de las diferencias principales entre la entrega de proyectos Lean y tradicional se refieren a la definición de las fases, es decir, en la relación entre las etapas del proyecto y los participantes de cada fase.

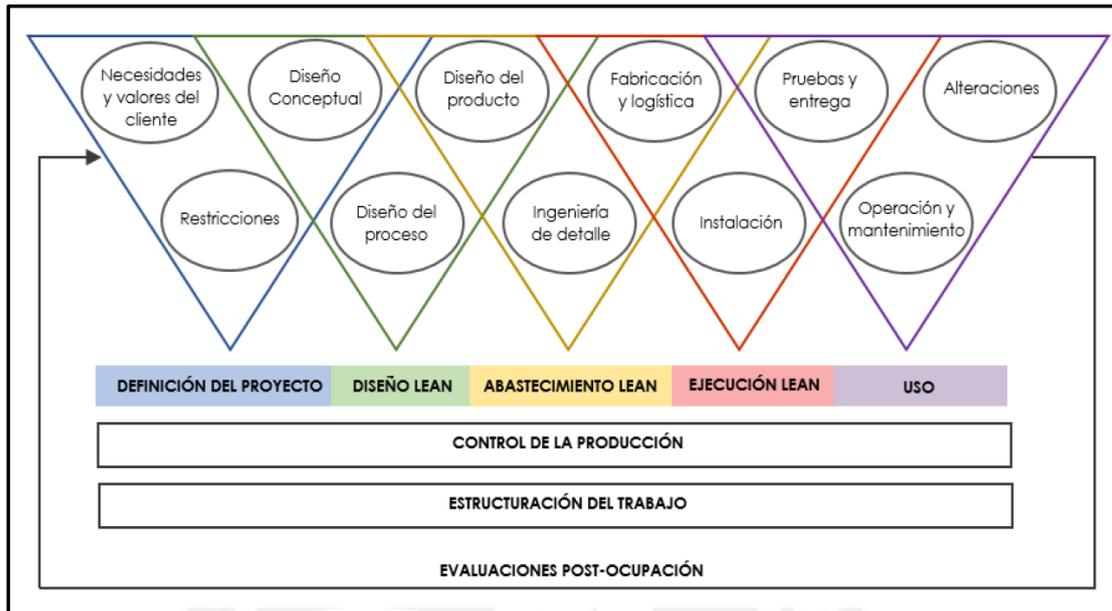


Ilustración 3: Triadas de Lean Project Delivery System (Ballard,2000).

Desperdicios de la actividad de construcción

Desterrar los desechos es uno de los objetivos de Lean Construction (Koskela 1992). En los documentos, la palabra clave residuos se ha utilizado para designar investigaciones sobre la medición de las tasas de residuos, identificar sus causas y proponer recomendaciones para su eliminación. Identificar y cuantificar el desperdicio no debe ser un objetivo en sí mismo. La literatura sugiere que un análisis proactivo de los proyectos debe apuntar a desterrar los desechos antes de que se materialicen, a través de un mejor diseño, planificación, control, adquisición y coordinación entre los actores de la cadena de suministro de la construcción (Formoso et al. 2002). Además, la reducción de residuos no debe limitarse a los niveles superiores de una cadena de suministro. Por ejemplo, si un proveedor de tercer nivel tenía un inventario considerable para ayudar a un proveedor de segundo nivel a operar justo a tiempo, el propietario todavía tendrá que pagar inadvertidamente los costos de mantenimiento de inventario incurridos por el proveedor de tercer nivel. Más bien, las entregas de proyectos Lean deben minimizar el trabajo en progreso, al lograr un flujo de trabajo continuo desde las materias primas hasta el trabajo culminado (Womack y Jones 1996). Los ejemplos de investigaciones para eliminar los residuos de la construcción incluyen el trabajo de Polat y Ballard (2004), que ha identificado fuentes de residuos en la industria de la construcción turca y ha propuesto recomendaciones para su eliminación. Además, Tsao y Tommelein (2001) han identificado iniciativas de un fabricante de artefactos de iluminación para optimizar su propio flujo de trabajo y el de sus clientes.

El análisis de la industria de la construcción reveló, siete tipos de desechos más utilizados en la producción Lean. A continuación, se muestran los tipos de desperdicios más comunes:

Los defectos (errores y correcciones) son el tipo más común de desperdicio de construcción en las empresas analizadas. Esto requería la integración de un método de mejora de la calidad estructurado y basado en datos en el marco de construcción Lean. Los segundos tipos comunes de desechos, son el procesamiento excesivo y los retrasos. La mayoría de las empresas encuestadas confirmaron la existencia de estos desechos en sus proyectos de construcción y reconocieron su impacto en el costo, la calidad y la velocidad de los proyectos. Como sólo se encontró que el 32% de las empresas encuestadas estaban familiarizadas con las técnicas Lean y las utilizaban, la mayoría enfatizó la necesidad de un marco práctico para adoptar técnicas Lean. Para ayudar a la industria a establecer nuevas prácticas Lean, el estudio abordó 18 causas principales de los desechos de construcción, analizó el alcance y los impactos de 23 técnicas Lean y discutió los aspectos prácticos de la adopción de un marco para la construcción Lean en la industria de la construcción. El documento también recomendó la evaluación de un conjunto de LC-KPI (key performance indicators) calidad, costo, velocidad, valor y desperdicio del proyecto, al final de cada período de planificación "anticipado". Los incentivos de los trabajadores en un sistema de recompensa, también se recomiendan para lograr los objetivos de construcción Lean. Los resultados del estudio permitieron obtener una retroalimentación y proporcionar a la industria de la construcción un punto de partida para una mayor adopción de las prácticas de construcción Lean. No obstante, aún quedan pendientes futuras investigaciones que aborden las causas identificadas de los desechos, es necesario rastrear sus causas fundamentales a las prácticas comerciales existentes en la determinación del alcance, la planificación y la toma de decisiones, así como a los problemas laborales como la capacitación, las barreras del idioma y los aspectos culturales. La investigación futura también podría centrarse en proporcionar pautas para los gerentes de construcción para abordar los problemas de calidad, mejora continua y probar los LC-KPI evaluados, incluida la adición de un indicador de seguridad, y cuantificar los costos y beneficios de adoptar el marco de construcción Lean (Raid, 2012).

2.2.4 Last Planner System (LPS)

El sistema de control de producción Last Planner tiene tres componentes: (1) planificación anticipada, (2) planificación de compromisos y (3) aprendizaje. (Ballard y Howell, 1998; y Ballard, 2000). El último planificador es aquel individuo o grupo que se compromete con tareas a corto plazo (a menudo semanalmente), generalmente el

supervisor de primera línea, como un capataz de construcción, un capataz de grupo o un jefe de equipo de diseño (extensión de la planificación de compromisos y aprendizaje para dirigir a los trabajadores), es un paso que contribuye a la evolución de la construcción Lean. Siendo una de las principales características la emisión de directivas que resultan en producción directa en lugar de planes más detallados (Ballard et al., 2003).

Por otro lado, el sistema Last Planner permite descubrir formas de reducir el desperdicio y agregar valor a la cultura de desempeño de sus proyectos al alentar a los equipos a trabajar juntos de una manera más transparente y colaborativa. Los resultados incluyen: (1) Mejor productividad del tiempo, (2) Reducción de los peligros de seguridad y (3) Ahorro de costos (Ballard et al., 2003; Briosó, Murguía y Urbina, 2017).

2.2.5 Facility management

La mayoría de las veces, los propietarios y las partes interesadas del proyecto se centran en los costos iniciales de construcción de un proyecto. Sin embargo, los costos subsiguientes de operación y mantenimiento de un edificio durante la vida útil del edificio podrían ser muchas veces más que su costo de construcción inicial. El mantenimiento y la gestión efectivos de los edificios podrían reducir significativamente los \$ 15.8 mil millones de costos anuales asociados con la interoperabilidad inadecuada (Gallaher et al. 2004).

2.2.6.1 Rol del Facility management

En la industria de la construcción hay un interés creciente sobre la gestión de instalaciones, para la gestión de información y conocimiento de los edificios coordinada, coherente y computable, desde el diseño hasta la construcción y las etapas de mantenimiento y operación del ciclo de vida de un edificio (Becerik-Gerber, et al. 2012).

2.3 Gestión de la sostenibilidad

2.3.1 Sistema de gestión ISO 14001

Los procesos de evaluación y gestión ambiental, deben cumplir estándares internacionales. La Norma ISO 14001, es un sistema de certificación ambiental que permite mejorar los indicadores de responsabilidad ambiental y desarrollar una ventaja competitiva. Adicionalmente, la norma ISO 14001 puede ser implementada en cualquier organización independientemente de su tamaño, sector y ubicación geográfica (Morrow, 2002).

La norma ISO 14001 establece un conjunto de términos y definiciones, a continuación, se mostrarán las principales:

(1) Medio Ambiente: Entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones. (2) Aspecto Ambiental: Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente. (3) Impacto Ambiental: Cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización. (4) Ciclo de Vida: Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto, desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. (5) Sistema de Gestión Ambiental (SGA): Conjunto de decisiones, generales o específicas y de acciones empleadas para desarrollar e implementar la Política Integrada de SSOMA, gestionar sus aspectos ambientales, así como cumplir con la legislación vigente. (6) Límite Máximo Permisible (LMP): Valores o medidas de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y/o biológicos presentes que caracterizan a un efluente o a una emisión que al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. (7) Controles Ambientales: Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias con el fin de disminuir o evitar cualquier tipo de impacto al medio ambiente en general. (8) Plan de Manejo Ambiental: Es el instrumento producto de una evaluación ambiental que, de manera detallada, establece las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, rehabilitar o compensar los impactos que cause el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. (9) Monitoreo: Obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, el cual sirve para orientar las acciones y para alimentar los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental (ISO, 2015).

Zaro (2002), indica un conjunto de ventajas que brinda la implementación de un sistema de gestión del medio ambiente. Entre los beneficios tenemos, la oportunidad de establecer un proceso estructurado, en donde es más fácil controlar el nivel de comportamiento ambiental. Desde el punto de vista económico, permite lograr mejorar la marca de la empresa y tener la oportunidad de formar parte de nuevos proyectos. Adicionalmente, la implementación del sistema de gestión ambiental permite un ahorro en las empresas, debido al mejor aprovechamiento de los recursos y las materias primas.

Requisitos del sistema ISO 14001:2015

a) Liderazgo:

“Es necesario establecer las funciones y responsabilidades de los diferentes stakeholders” (COSAPI, 2018).

b) Planificación:

“Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales, riesgos y oportunidades. Se considera que la identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales, riesgos y oportunidades son de importancia para la elaboración del presente plan y las medidas de controles necesarios para cumplir con la política, objetivos y metas de la empresa constructora” (COSAPI, 2018).

A continuación, se muestran los aspectos e impactos ambientales a identificar y registrar:

Tabla 1: Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales (Adaptado de plan de gestión ambiental, 2018).

Categoría	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Consumo de recursos	Consumo de recursos (agua, energía, hidrocarburos)	Agotamiento de recurso (agua, energía, hidrocarburos)
Potenciales emergencias	Potencial derrame de hidrocarburos y productos químicos	Alteración de la calidad de agua
		Afectación a la flora y fauna
		Afectación a las comunidades cercanas o vecinos
	Potencial incendio	Alteración de la calidad del suelo
		Alteración de la calidad del aire
		Afectación a la flora y fauna
		Afectación a las comunidades cercanas o vecinos
	Potencial explosión	Alteración de la calidad del suelo
		Alteración de la calidad del aire
		Afectación a la flora y fauna
Afectación a las comunidades cercanas o vecinos		
Emisiones	Emisiones de vapores de hidrocarburos	Alteración de la calidad del aire
	Emisión de gases de combustión	Alteración de la calidad del aire
	Emisión de ruidos	Alteración de la calidad del aire

		Contaminación sonora
	Emisión de malos olores	Alteración de la calidad del aire
	Emisión de material particulado	Alteración de la calidad del aire
Efluentes	Vertimiento de agua contaminada con hidrocarburos y/o químicos	Alteración de la calidad de agua
	Vertimiento de aguas servidas	Alteración de la calidad de agua
Residuos sólidos	Generación y disposición de residuos sólidos peligrosos	Alteración de la calidad del suelo
		Afectación a la flora y fauna
	Generación y disposición de residuos sólidos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo
		Afectación a la flora y fauna

c) Apoyo

Con la finalidad de garantizar la implementación, desarrollo y mantenimiento del plan, es necesario contar con los siguientes componentes: (1) recursos, (2) Capacitación y entrenamiento, (3) Comunicación y (4) Documentación (COSAPI, 2018).

d) Operación

Controles ambientales

i. Emisiones a la atmósfera

“Se tendrá especial cuidado en el cumplimiento de los mantenimientos preventivos necesarios a las maquinarias y equipos con los que se cuente en el proyecto y así poder minimizar las emisiones de gases de combustión y a la vez cumplir con la normativa ambiental vigente” (COSAPI, 2018).

ii. Vertidos al agua y alcantarillado.

“Se deberá llevar un adecuado manejo de los efluentes de los baños químicos. Éstos deberán ser evacuados por la empresa prestadora del servicio, la misma que presentará los correspondientes certificados de disposición final” (COSAPI, 2018).

iii. Generación de Residuos Sólidos

“En cuanto a la generación de residuos sólidos, se emite un Plan de Gestión de Residuos, en el cual se detalla los procedimientos a seguir en caso de contar con residuos sólidos peligrosos y no peligrosos” (COSAPI, 2018).

iv. Manejo de Residuos Sólidos

“En los proyectos de edificación se producirán residuos domésticos (orgánicos e inorgánicos) de actividades desarrolladas por el personal de obra, los originados de la construcción y algunos residuos hospitalarios (botiquines) producto de la atención médica” (COSAPI, 2018).

v. Contaminación y degradación del suelo.

“Se mantendrán las medidas de contención necesarias en cada una de las áreas donde se almacenen cualquier tipo de material contaminado o hidrocarburos, evitando algún tipo de derrame en la zona” (COSAPI, 2018).

e) Evaluación del desempeño

i. Seguimiento, medición, análisis y evaluación

“Se velará por el cumplimiento de las medidas de control ambiental adoptadas. Ante la deficiencia o debilidad de alguna medida de control asumida se desarrollará un plan de acción con el fin de atender y cubrir estas deficiencias. Así mismo, mensualmente es recomendable emitir un informe, con la finalidad de evidenciar la gestión y desempeño ambiental del proyecto” (COSAPI, 2018).

ii. Auditoría

“Para las auditorías se considerará lo establecido en los procedimientos para la planificación y ejecución de auditorías internas de SSOMA, así como el cronograma del mismo establecido por sede central de la empresa constructora” (COSAPI, 2018).

2.3.1 Certificación LEED

El impacto generado por la industria de la construcción de edificaciones, en la salud, el bienestar de las personas y el planeta, ha dado origen al sistema de Certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), siendo la finalidad de esta certificación incentivar un diseño integral, en donde exista armonía entre la infraestructura y el medio ambiente. Es decir, comprender a las edificaciones como parte de un organismo vivo (Czerwinska, 2017).

Las áreas o categorías de intervención de la certificación LEED son: (1) Ubicación y transporte. (2) Sitios sostenibles. (3) Eficiencia del agua. (4) Energía y atmósfera. (5) Materiales y recursos. (6) Calidad ambiental interior. (7) Innovación. (8) prioridad regional (GBC, 2019).

2.4 Sinergia entre los sistemas de gestión ambiental y producción

2.4.1 Sinergia entre la ISO 14001 y Plan de Gestión Ambiental

La norma ISO 14001 se basa en la metodología de planificar- hacer-verificar-actuar (PHVA). El modelo PHVA proporciona un proceso iterativo usado por las organizaciones para lograr la mejora continua. Aplicable a un sistema de gestión ambiental y a cada uno de sus elementos individuales.

Los requisitos del sistema ISO 14001:2015 son: (1) Contexto de la organización; (2) Liderazgo; (3) Planificación; (4) Apoyo; (5) Operación; y (6) Evaluación del desempeño.

Lo descrito se muestra en la siguiente ilustración:

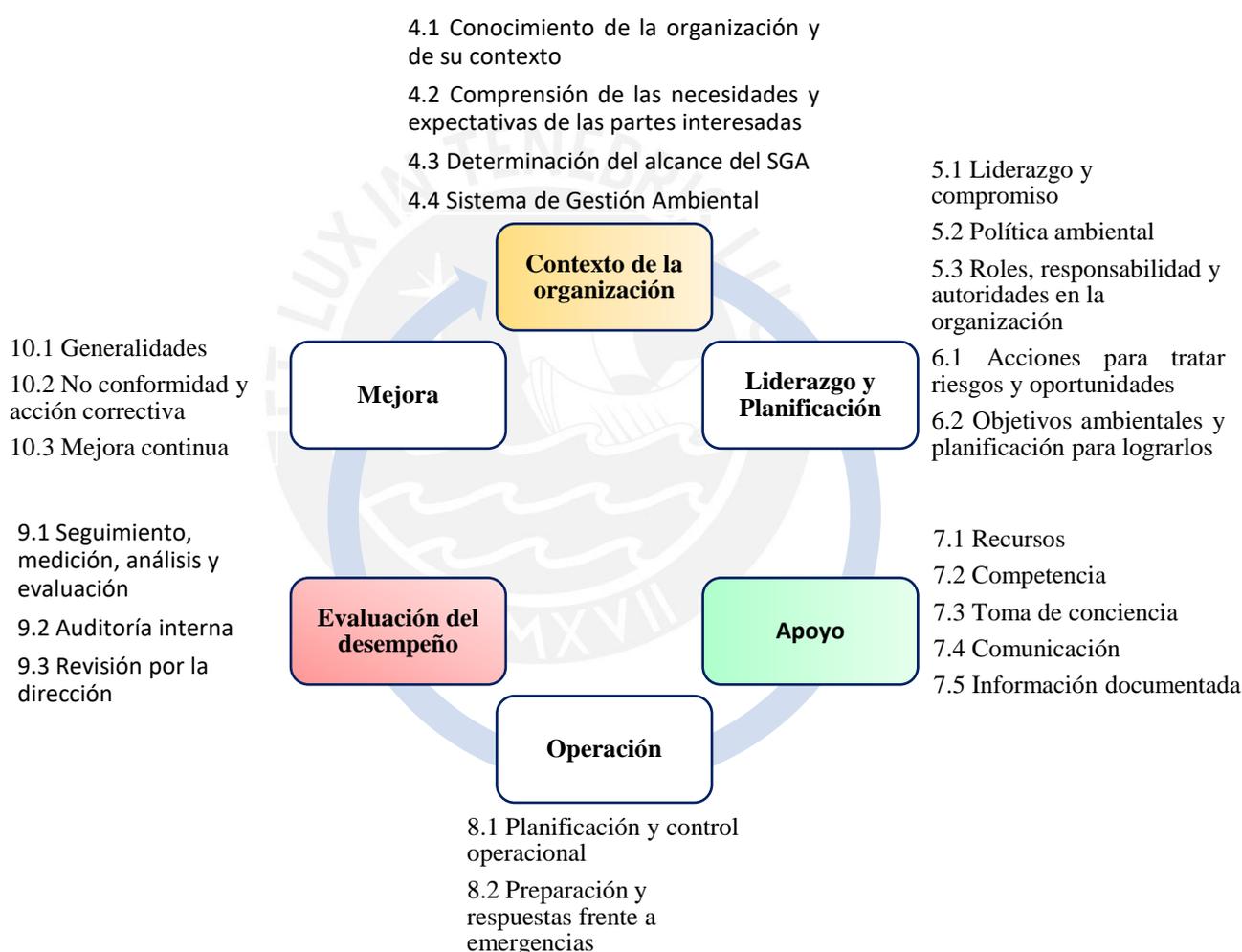


Ilustración 4: Requisitos de la ISO 14001:2015 (Adaptado desde Sistema de Gestión ISO 14001:2015).

En el Perú, la información referente al cuidado medio ambiental se encuentra indicada en: (1) Ley N° 28245/2005 sobre la gestión ambiental y (2) Norma técnica peruana ISO 14001 acerca de los elementos del plan de gestión ambiental. Ambos documentos tienen una estructura parecida a la norma internacional de gestión ambiental ISO

14001:2015. Por esta razón, se debe implementar el plan de gestión ambiental sobre la base de la estructura indicada en la ISO 14001:2015, para facilitar el benchmarking con empresas nacionales e internacionales (Brioso, 2017). Del mismo modo, la finalidad de la norma ISO 14001:2015 es brindar a las organizaciones una herramienta para poder contribuir con el desarrollo sostenible. En la norma también se encuentran los requisitos para que las empresas puedan cumplir las metas que han establecido en su plan de gestión ambiental (ISO,2015).

A continuación, se muestran algunas definiciones claves:

(1) Sistema de gestión ambiental: parte del sistema de gestión usada para gestionar aspectos ambientales, cumplir los requisitos legales y abordar los riesgos y oportunidades. (2) Política ambiental: intenciones y dirección de una organización, relacionadas con el desempeño ambiental. (3) Parte interesada: persona u organización que puede afectar, verse afectada, o percibirse como afectada por una decisión o actividad (ISO, 2015).

2.4.2 Sinergia entre la ISO 14001:2015, el sistema Last Planner System (LPS) y el Plan de Gestión Ambiental

“La ISO 14001, que establece los requisitos para sistemas de gestión ambiental, es compatible el Last Planner System. Es una práctica usual que las empresas certifiquen sus sistemas de gestión de medio ambiente. Se debe tomar en cuenta los modelos seguidos por los investigadores y capacitadores del LPS, que pueden ser implementados utilizando reuniones del tipo taller o simulaciones” (Alves et. al. 2010; Nofera et al., 2015; Brioso et al., 2018).

Se propone explicar y entrenar a los trabajadores simultáneamente en el LPS, la ISO 14001:2015 y el Plan de Gestión Ambiental mediante estas reuniones de planificación colaborativa. Se debe seguir el mismo orden en que se generan los elementos del LPS (cronograma maestro, Phase Pull Planning, Lookahead, Programación Semanal y Diaria, y PPC y Análisis de Fiabilidad), y los requisitos de la ISO 14001:2015 (Liderazgo, Planificación, Apoyo, Operación, Verificación y Evaluación del desempeño), según se describe en la siguiente ilustración (Brioso, 2017).



Ilustración 5: Integración del LPS y la ISO 14001:2015

2.5 Indicadores clave de desempeño de la sostenibilidad (KPIs)

La medición del rendimiento ha recibido una atención creciente en los últimos 20 años. Así como un dicho popular dice: "Si no puedes medirlo, no puedes mejorarlo" (Hamel y Prahalad, 1994). Neely (1998) estableció siete razones por las cuales la medición del desempeño está en la agenda de gestión: la naturaleza cambiante del trabajo; aumento de la competencia; iniciativas de mejora específicas; Premios nacionales e internacionales de calidad; cambio de roles organizacionales; cambiando las demandas externas; y el poder de la tecnología de la información (TI). Una revisión exhaustiva de la literatura muestra que se han desarrollado varios modelos para medir el desempeño de las organizaciones, que pueden incluir el Balanced Scorecard (BSC), el Business Excellence Model (BEM), los indicadores clave de rendimiento (KPI), el Capability Maturity Model (CMM), etc. Aunque estos modelos provienen de diferentes orígenes, todos ellos han logrado un éxito considerable para mejorar el desempeño de las organizaciones. Esto se puede ver en varios esfuerzos realizados por un gran número de investigadores y profesionales para la aplicación de estos modelos en sus propios campos.

La revolución de la medición del rendimiento se ha extendido a muchas disciplinas, incluida la construcción y la gestión de instalaciones (FM) (Bassioni et al., 2004; Pitt y Tucker, 2008). En construcción, algunos investigadores como Bassioni et al. (2004) compararon la aplicación de diferentes modelos de desempeño e identificaron una brecha entre el conocimiento y la práctica. Aunque la medición del rendimiento es nueva en FM, algunos estudios han aparecido en los últimos años para la aplicación de modelos individuales en áreas particulares. Por ejemplo, Shohet (2006) investigó los indicadores clave para el desempeño de la gestión de mantenimiento en los centros de salud. Sin embargo, no hay una investigación sistemática de la medición del rendimiento en el contexto de la FM. Por lo tanto, es difícil justificar si estos modelos son efectivos o no. (Meng, 2011).

Los KPIs de "medio ambiente", se reconocen cada vez más como aspectos importantes de la agenda de sostenibilidad global (Latorre,2010).

El reporte de (Constructing, 2011), reveló que Los KPIs ambientales están progresando. Los mayores avances se lograron en el rendimiento de los procesos de construcción, ya que los residuos, el uso del agua mostraron avances. La percepción de los clientes sobre el impacto ambiental reflejo la mejora en el sitio.

2.6 Metodología Delphi

En el campo de la investigación cualitativa, el método Delphi busca obtener una opinión grupal confiable a partir de la información proporcionada por un panel de expertos a quienes se les preguntan sus puntos de vista individualmente con respecto a varios temas de manera sistemática e interactiva (Linstone y Turoff 1975). Los datos se obtienen mediante una serie de cuestionarios. A través de estos cuestionarios, los expertos realizan sus estimaciones en forma anónima en rondas sucesivas con el fin de lograr el máximo consenso manteniendo al mismo tiempo

Máxima autonomía del participante. Los cuestionarios se pueden distribuir en persona, por correo electrónico o por Internet. El líder del estudio o facilitador selecciona a los expertos siguiendo un patrón predefinido, desarrolla cuestionarios, analiza las respuestas y extrae conclusiones. El método sigue un proceso iterativo, llevado a cabo por expertos anónimos y dirigido por el facilitador, que presenta comentarios y analiza los resultados, utilizando estadísticas si es necesario. Una comparación detallada de la investigación de la encuesta convencional y el método Delphi se puede encontrar en Okoli y Pawlowski (2004).

Según (Landeta, 2006), el método Delphi se aceptó y difundió rápidamente porque proporcionó soluciones valiosas a los problemas inherentes a la opinión tradicional del grupo basada en la interacción directa: una reducción en la influencia de algunos efectos

psicológicos indeseables entre los participantes (inhibición, personalidades dominantes, etc.), retroalimentación selectiva de la información relevante, consideración más extensa gracias a la repetición, resultados estadísticos, metodología flexible y ejecución simple.



CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE SOSTENIBILIDAD, INTEGRANDO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION Y LA GESTIÓN SOSTENIBLE

En este capítulo se explica el proceso seguido para el desarrollo de la metodología de evaluación del desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación, mediante la integración de la filosofía Lean Construction y la gestión de la sostenibilidad. Como se indicó anteriormente se revisó la literatura sobre el tema de estudio, y, adicionalmente, se realizó el seguimiento de un proyecto de edificación con certificación LEED oro gestionado y construido por una empresa peruana que aplica Last Planner System y gestión sostenible, este último punto se explica más adelante. Con la información obtenida, se definió una línea base del nivel de implementación de los sistemas de gestión y se establecieron los indicadores clave de desempeño (KPI's) existentes. Entonces, la información recopilada sirvió como referencia para el planteamiento de una metodología que permite medir el desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación.

A continuación, se muestran los pasos seguidos en la metodología para la evaluación de desempeño de sostenibilidad, integrando la filosofía lean construction y la gestión sostenible:

Paso 01: Identificar el nivel de gestión de sostenibilidad y Lean Construction

La empresa colaboradora nos permitió realizar el seguimiento a un proyecto de edificación, de tal forma, el primer paso que se realizó consistió en la identificación del nivel de implementación de los sistemas de gestión ambiental, en un entorno de la filosofía Lean Construction.

Paso 02: Revisar información existente sobre los sistemas de gestión Lean y sostenibilidad del proyecto (Lean, LEED y gestión ambiental).

Se realizó una revisión y análisis de la información existente sobre los diferentes sistemas de gestión implementados en el proyecto en estudio.

Paso 03: Acompañar a la empresa durante la aplicación de los sistemas de gestión

Se acompañó a la empresa constructora durante la aplicación de los sistemas de gestión relacionados a las áreas de producción y gestión ambiental.

Paso 04: Evaluar la aplicación de los sistemas de gestión

Se evaluó la aplicación de los diferentes sistemas de gestión, en relación a su nivel de implementación y eficiencia.

Paso 05: Validar uso de Lean, LEED y gestión ambiental

Se validó el uso de los siguientes sistemas de gestión: (1) Filosofía Lean Construction, (2) Sistema de Gestión Ambiental y (3) Certificación LEED.

Paso 06: Considerar proyecto para la investigación

Se estableció el alcance de la metodología, planteando que la herramienta de integración a desarrollarse, sería aplicada en proyectos de edificación que implementen los sistemas de gestión mencionados en el paso anterior. De caso contrario, los proyectos no serán considerados para la presente investigación.

Paso 07: Analizar los KPI's existentes

Se analizaron los indicadores clave de desempeño (KPI's) implementados por la empresa constructora.

Paso 08: Proponer nuevos KPI's

En base a la información recopilada durante el seguimiento al estudio caso y el análisis de la literatura existente, se lograron proponer nuevos indicadores clave de desempeño (KPI's).

Paso 09: Proponer una metodología para evaluar el desempeño de sostenibilidad del proyecto

Se propone una metodología para evaluar el desempeño de sostenibilidad del proyecto de edificación:

A continuación, en la ilustración 6 se muestra un diagrama de flujo que comprende el procedimiento seguido para lograr la finalidad de este apartado:

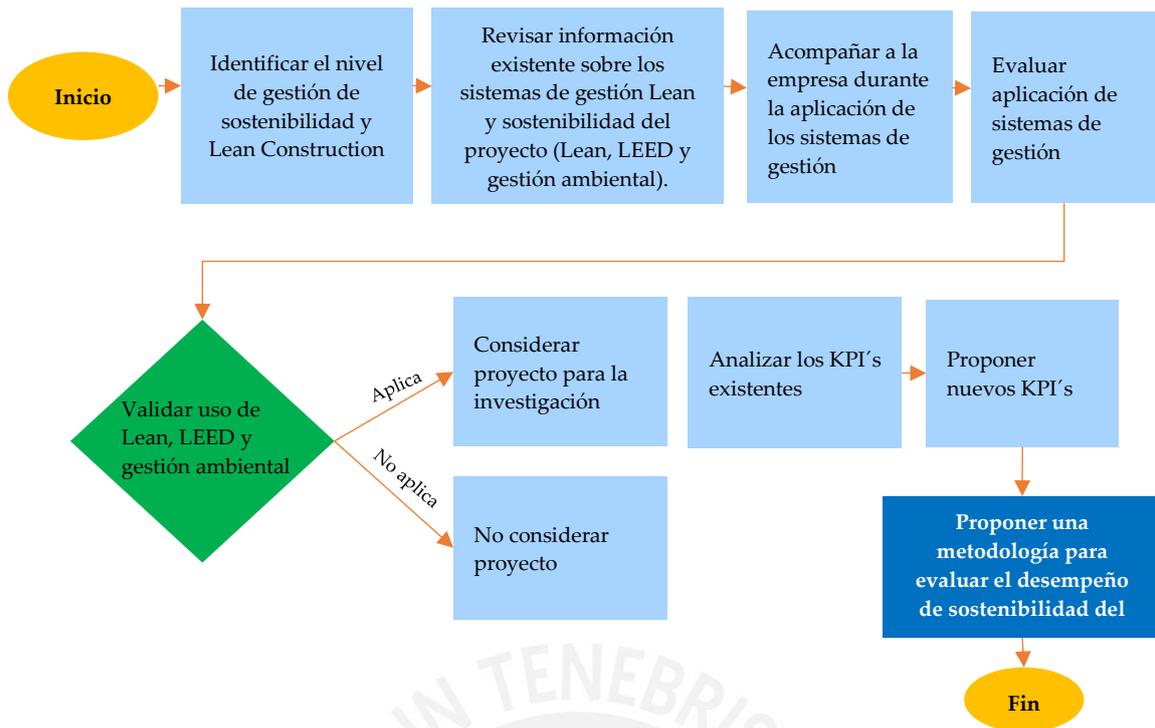


Ilustración 6: Proponer una metodología para evaluar el desempeño de sostenibilidad del proyecto de edificación.

3.1 Seguimiento a los proyectos de edificación

Se realizó el seguimiento y monitoreo de un proyecto de edificación, con la finalidad de conocer cuál es el nivel de gestión de la producción y del medio ambiente. Concretamente, se buscó identificar cuáles son los sistemas de gestión más utilizados y los indicadores clave de desempeño existentes (KPI's). Para finalmente, poder proponer una metodología o herramienta para evaluar el desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación, mediante los indicadores clave de desempeño (KPI's: Key performance indicators).

A continuación, se muestra más a detalle los procesos seguidos durante el estudio del proyecto de edificación: (1) Descripción del proyecto, (2) Evaluación inicial, (3) Herramientas de gestión utilizadas en el proyecto, (4) Análisis de KPI's existentes, (5) Metodología de integración.

Paso 01: Descripción del proyecto

El proyecto en estudio, consiste en la construcción de una edificación de 18 pisos, con un área construida de 13,112.40 m² sobre rasante, destinada al uso de oficinas. Asimismo, cuenta con una superficie construida de 7,339.90 m² bajo rasante, para 8 plantas de estacionamientos con capacidad de 169 plazas vehiculares, el proyecto está ubicado en el distrito de Magdalena del Mar, en Lima. La empresa constructora

implementa la filosofía Lean Construction, predominantemente implementa el Sistema Last Planner, tal como suele ocurrir en las edificaciones peruanas, con estructuras aporcionadas y sectorizaciones diarias (Murguía et al., 2016; Murguía et al., 2017).

Proyecto:

Edificio de oficinas con 13.000m2 destinado a 18 pisos+azotea, y 7.500 m2 como dotación de estacionamientos.



Detalles del Proyecto

Uso	Oficinas
Distrito	Magdalena del mar
Área construida	13 000 m2
Estado	Proyecto culminado
Prácticas Lean	Sí aplica
Gestión ambiental	Sí aplica
Certificación LEED	Certificación LEED GOLD

Ilustración 7: Ficha técnica del proyecto.

Paso 02: Evaluación inicial

El propósito de la evaluación inicial del proyecto de edificación, es determinar las prácticas, herramientas y metodologías adoptadas por la empresa constructora. Asimismo, el análisis de su nivel de implementación o en el caso más desfavorable,

verificar el desconocimiento de los sistemas de gestión ambiental en un entorno de la filosofía Lean.

Las visitas a obra se realizaron de forma semanal durante 6 meses, en donde se requería registrar la información sobre el nivel de implementación de la filosofía Lean Construction y los sistemas de gestión ambiental, por lo tanto, se elaboró un formato inicial para revalidar la información registrada de forma oral o visual. El formato indicado se muestra a continuación, incluyendo la información recopilada en obra.



Proyecto:

Empresa constructora:

Cargo: Ingeniera SSOMA

Función: Administrar el sistema de gestión

Marque con un aspa la alternativa correcta:

- 1) ¿Actualmente el área de gestión ambiental participa en las reuniones de programación del LPS?
a) Sí b) No
- 2) ¿Las áreas de producción y gestión ambiental se gestionan de forma independiente?
a) Sí b) No
- 3) ¿Con qué frecuencia se realizan las coordinaciones con el área de producción?
a) Diaria b) semanal c) mensual d) Otro: quincenal
- 4) ¿En dónde se realizan las coordinaciones del área de gestión ambiental con los ingenieros residentes encargados del área de producción?
a) Oficina técnica b) Área de construcción c) Ambas
- 5) ¿Cuándo se dan estas coordinaciones cuánto duran en promedio?
a) 5 -10 min b) 20 min c) 30 min d) Otro: 2 horas
- 6) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión ambiental en los proyectos de construcción tipo edificaciones?
a) Muy importante b) Importante c) Poco importante d) Innecesario

- 7) ¿Cuál es su opinión en relación a un trabajo colaborativo más eficiente entre las áreas de gestión ambiental y producción?
- a) Muy importante b) Importante c) Poco importante d) Innecesario
- 8) ¿Cuándo producción actualiza el tren de actividades, SSOMA actualiza su plan de trabajo o sigue adelante de forma independiente?
- a) Actualiza sus procedimientos b) No afecta a su programación
- 9) ¿Cuáles son las normas de gestión ambiental que se están utilizando en el proyecto?
- a) ISO 14001 b) ISO 14040 c) 14044 d) Otro:
- 10) ¿Qué controles o monitoreos ambientales se realizan en la fase de construcción del proyecto?
- a) Ruido b) calidad del aire c) vibración d) Otro:
- 11) ¿Cuáles son las formas de monitoreo ambiental?
- a) Visual b) Instrumental c) ambas
- 12) ¿Con qué frecuencia se realizan los monitoreos ambientales?
- a) Diaria b) semanal c) mensual d) Otro:
- 13) ¿Con qué frecuencia se realizan los controles ambientales?
- a) Diaria b) semanal c) mensual d) Otro: trimestral
- 14) ¿Con qué frecuencia se realizan los monitoreos de calidad de aire?
- a) Diaria b) semanal c) mensual d) Otro: trimestral
- 15) ¿Con qué frecuencia se realizan los monitoreos de niveles de ruido?
- a) Diaria b) semanal c) mensual d) Otro: trimestral
- 16) ¿Con qué frecuencia se realiza la gestión de los RRSS mediante el uso de contenedores metálicos “cajas ecológicas”?
- a) Diaria b) semanal c) mensual d) Otro:
- 17) ¿Qué actividades de construcción han producido un mayor impacto ambiental?
- Demolición y excavación masiva
- 18) ¿Cuáles fueron los factores ambientales que sufrieron un mayor impacto?

Aire, entorno cercano (vecinos).

19) ¿Cuáles fueron las medidas de control, mitigaciones adoptadas?

Monitoreo de la calidad del aire, monitoreo ambiental de ruido, riego constante en los accesos, colocación de mallas de cerco perimétrico.

20) ¿De qué forma se relaciona SSOMA con la empresa certificadora LEED?

Coordinación permanente y capacitación del personal nuevo. La empresa establece directivas y SSOMA acata y reúne evidencia fotográfica. Se realiza un informe mensual con fichas que SSOMA provee

21) ¿Se utiliza un formato de control ambiental similar al ATS (seguridad)?

No

22) ¿Cuál es la intervención de la empresa certificadora durante la fase de construcción?

Verifica que la actividad constructiva se realice de forma limpia para no afectar los entregables para el cliente y la calidad de vida de los vecinos.

Ilustración 8: Cuestionario N° 01.

Paso 03: Herramientas de gestión utilizadas en el proyecto:

La evaluación inicial del proyecto de edificación permitió identificar 3 sistemas de gestión relacionados a la sostenibilidad del proyecto en un entorno de la filosofía Lean Construcción: (1) Metodología Last Planner System (2) Sistema de Gestión Ambiental y (3) Certificación LEED, los cuales van a ser detallados a continuación:

A. Metodología Last Planner System (LPS)

La gestión de la producción en el proyecto en estudio, se realizó mediante el uso de la metodología Last Planner System, la cual permite mejorar el flujo de las actividades programadas, reduciendo la variabilidad que existe en los proyectos de construcción. Esta rutina mejora el control tradicional y protege al planeamiento (Ballard, et al. 2003).

Durante las visitas a obra se verificó la realización de los diferentes elementos del LPS, como:



Ilustración 9: Anclaje de muros pantalla

a) Planificación Maestra

La planificación maestra es el elemento principal durante la implementación del sistema Last Planner System, debido a que es la base para que todos los elementos posteriores logren el éxito (Brioso, 2011). En esta fase se definen las líneas de tiempo e hitos del cronograma general del proyecto, en donde se enlistan el conjunto de actividades programadas, en función a su proceso constructivo, presupuesto y recursos disponibles (Brioso, 2017).

b) Phase Pull Planning

El elemento del sistema Last Planner System, Phase Pull Planning, tiene como finalidad mejorar la confiabilidad de las entregas y lograr una mayor conformidad con el cronograma, mediante la planificación y trabajo colaborativo (Koskela, 2000). “Los Last Planners y los responsables de las áreas de soporte identifican las transferencias. Todos ellos se convierten en planificadores que identifican la lógica entre las actividades, ajustan las secuencias, y toman los acuerdos que son compromisos con fuerza de contrato, y que sólo pueden ser cambiados si todo el equipo acuerda este cambio” (Brioso, 2017).



Ilustración 10: Reunión de planificación colaborativa.

c) Programación de Mediano Plazo o Lookahead

La programación intermedia o a medio plazo abarca intervalos de 5 a 6 semanas, tiempo variable en función al tipo de proyecto (Botero et al., 2015), es un sistema fundamental para asegurar que todos los requisitos previos estén listos para la correcta realización de las tareas programadas (Koskela, 2000). De forma similar, una correcta implementación garantiza que no se generen buffers de material demasiado grandes en el sitio (Ballard, 2000). “El Lookahead debe ser claro para todos los involucrados, los cuales deben comprometerse y ser los responsables de que las actividades encomendadas se cumplan. En el Lookahead se deben identificar las restricciones a levantar, para que las actividades puedan realizarse sin problemas.” (Brioso, 2017).

		UNIDAD DE NEGOCIOS DE EDIFICACION SEMANA 111 LOOK AHEAD 4 WEEKS					
ACTIVIDADES	UND	CANT	SEMANA 111				
			JUNIO 18				
			L	M	K	J	V
			25/06	26/06	27/06	28/06	29/06
ESTRUCTURA							
SOTANO 8							
	SOTANO 8						
	Nivelación de terreno						
	Compactación de terreno						
	Colocación de afirmado		X				
	Picado de encuentro con losa		X	X			
	Colocación de acero - S1			X	X	X	
	Vaciado de concreto - SECTOR 1					C	
	Colocación de acero - S2				X	X	
	Vaciado de concreto - SECTOR 2						
SÓTANOS							
	PISO 1 Vaciado de losa - ducto usado por Posada					X	
	SÓTANO 2 Vaciado de losa - ducto usado por Posada					X	
ALBANILERÍA GRUESA							
	RESANES, PICADO Y LADRILLO ENTRE PILOTES						
	SÓTANO 5		X	X	X	X	

Ilustración 11: Lookahead (Look Ahead 4 weeks-COSAPI 2018).

d) Análisis de Restricciones

En la fase de análisis de restricciones se investigan las causas de la no realización de las tareas y se eliminan esas causas. Así, de hecho, se realiza una mejora continua, en el proceso (Koskela, 2000). De tal forma, el incumplimiento de esta fase, “podría generar paralizaciones en los flujos, pérdidas y retrasos. Las restricciones pueden entenderse como los requisitos de una actividad, que al no ser levantados podrían producir paralizaciones en los flujos de trabajo (Brioso, 2017).

SISTEMA LAST PLANNER			
OBRA: EDIF. PRIMERA VISION		PLANIFICACION DIARIA DE PRODUCCION	
C.R.:3022			
			FECHA : 06/07/2018
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	L	M	M
* Corredor Escalera 2			
- Se culmina en 2 semanas - sábado 21 (LIBERANDO RESTRICCIONES)			
* Sótanos.			
- Frente libre para ingreso hasta sótano 8 - a partir del 12 de julio			
- Inicio cerramiento de ducto de monóxido ampliación -RESTRICCION AGEFRED			
- Cerramiento montante de presurización - cuarto de bombas			
* Piso 1			
- Colocación de FCR - (definir plano de detalle de Allende)			
- Cerramiento de drywall en zona de comedor provisional - termina lunes 09			
- Cerramiento de drywall en columnas de zona de almacén de Kone - termina martes 10 con dos últimas columnas RESTRIC			
* Fachada Exterior			
- Viga 9 ducto monóxido - colocación de andamio miércoles 04 (restricción Agefred)			
- Apertura de pase - damper de alivio en escalera 1, inicia lunes 09			

Ilustración 12: Análisis de restricciones, Sistema Last Planner System-COSAPI (2018).

e) Programación Semanal

Esta actividad pretende incrementar la calidad de plan de trabajo semanal, mediante: (1) La correcta selección de la secuencia del trabajo, (2) La correcta cantidad de trabajo seleccionada, (3) La garantía de que todos los prerrequisitos se han ejecutado y que se cuenta con recursos disponibles para tal fin (Botero et al., 2015). “En el sector construcción siempre existe variabilidad interna y externa que pueden producir paralizaciones de la ruta crítica, para lo que debemos tener un plan de contingencia de modo que los trabajadores siempre tengan algo productivo que ejecutar” (Brioso, 2017).

ACTIVIDADES	Und	Cant	SEMANA 111					
			junio 18					
			lun 25/06	mar 26/06	mié 27/06	jue 28/06	vie 29/06	sáb 30/06
FRENTE EDIFICIO PRIMERA VISION								
ESTRUCTURA								
SOTANO 8								
SOTANO 8								
Nivelación de terreno								
Compactación de terreno								
Colocación de afirmado								
Picado de encuentro con losa								
Colocación de acero - S1								
Vaciado de concreto - SECTOR 1								
Colocación de acero - S2								
Vaciado de concreto - SECTOR 2								
SÓTANOS								
PISO 1 Vaciado de losa - ducto usado por Posada								
SÓTANO 2 Vaciado de losa - ducto usado por Posada								

Ilustración 13: Plan semanal (Plan semanal - COSAPI 2018).

f) Programación Diaria

“La programación diaria consiste en la elaboración de un programa que contemple actividades de producción a efectuar en cada día de la semana, de esta manera es que llegamos al último nivel de planificación, en donde se ultiman detalles” (Brioso, 2017).

a) Medición del desempeño del sistema de planificación con el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

La realización de tareas debe ser medida y monitoreada. La métrica relacionada es el Porcentaje del Plan Cumplido (PPC), que establece una relación porcentual entre el número de actividades programadas y las ejecutadas. Este enfoque en la realización del plan disminuye el riesgo de aumento de variabilidad en los flujos de producción y tareas posteriores (Koskela, 2000). Según (Botero et al., 2015) esta medición es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras

b) Tren de Actividades y Takt Time

“La sectorización consiste en que el especialista en Lean Construction debe dividir las mediciones de todas las actividades de una edificación en un número de sectores de manera de crear una línea de producción balanceada, con cantidades de recursos que

se puedan ejecutar en el día de trabajo y que cumpla las condiciones de satisfacción de todos los involucrados” (Brioso, 2017).

B. Sistema de gestión ambiental

Se identificó que el sistema de gestión medio ambiental, estaba alineado a los principios de la norma ISO 14001. A continuación, se muestra una recopilación de la información levantada en obra, como: (1) Programación de las capacitaciones ambientales, (2) impactos ambientales, (3) medidas de mitigación y (4) los resultados de los monitoreos ambientales que se realizaron:

1. Programa de capacitaciones ambientales.

Tabla 2: Requisitos de la ISO 14001:2015 (Adaptado desde Sistema de Gestión ISO 14001:2015).

Ítem	Curso	Tipo	Duración (hrs.)	Objetivo	Dirigido a	Dictado por
01	Inducción Sistema de Gestión Ambiental (incluida dentro de la Inducción al personal nuevo)	Teórico	01	Inducir al personal en los Programas Ambientales y la Gestión que se lleva a cabo en el proyecto.	Todo el personal	SSOMA
02	Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales	Teórico	01	Revisión y uso del procedimiento de identificación de aspectos e impactos ambientales	Supervisión	SSOMA
03	Manejo de Residuos Sólidos (peligrosos y no peligrosos).	Teórico	01	Revisión del sistema integral de manejo de residuos del proyecto	Todo el personal	SSOMA
04	Segregación correcta de residuos	Teórico / práctico	02	El personal estará capacitado en los colores de los recipientes para la adecuada clasificación y segregación de los RRSS que se generen en el proyecto.	Todo el personal	SSOMA
05	Plan de Respuesta a emergencia (simulacros)	Teórico / Práctico	01	Revisión de los objetivos y alcances del plan de contingencias y revisar el procedimiento de notificación y los niveles de organización de emergencias.	Todo el personal	SSOMA
06	Identificación de materiales peligrosos	Teórico / Práctico	01	Familiarizar al personal en cómo identificar materiales peligrosos (MAT-PEL), sus características y riesgos asociados para su	Todo el personal	SSOMA

				manipulación y almacenamiento		
07	Prevención y control de derrames.	Teórico / Práctico	01	El personal estará capacitado para el control de derrames.	Brigada emergencia	SSOMA
08	Reciclaje de residuos.	Teórico	01	El personal estará capacitado para el reuso de los residuos.	Todo el personal	SSOMA

2. Resumen de impactos ambientales y medidas de mitigación.

Tabla 3: Impactos ambientales y medidas de mitigación (Adaptado de Plan de gestión ambiental 2018).

Nro.	Aspectos Ambientales Significativo	Impacto Ambiental	Procesos relacionados	Medidas de Control
1	Generación de residuos sólidos.	Reducción del tiempo de vida útil del relleno sanitario. Contaminación del suelo	Trabajos varios	Contar con una Zona de Residuos en Obra debidamente identificada Capacitación a los trabajadores sobre la clasificación y segregación de los residuos sólidos Contar con cilindros de colores para cada tipo de residuos sólidos de acuerdo a la NTP 900.058 Código de Colores para los dispositivos de almacenamiento de Residuos.
2	Generación de residuos peligrosos	Reducción del tiempo de vida útil del relleno industrial Contaminación del suelo	Uso y mantenimiento de maquinaria	Procedimiento para manejo de residuos peligrosos. Contenedores ubicados en todas las áreas de trabajo. Personal sensibilizado. Recojo periódico de RRSS. Kit de respuestas a derrames. Plan de respuestas a emergencias.
3	Generación de material de construcción, excavación y/o demolición	Reducción de vida útil del botadero o escombrera.	Trabajo de Movimiento de Tierras y Demolición	Contar con una empresa servicios EPS-RS o EC-RS Tener el control y hacer seguimiento de la cantidad de Residuos Sólidos.
4	Generación de ruido.	Perturbación del entorno cercano	Aplica para todos los procesos constructivos	Contar con un procedimiento de Trabajo Hacer mediciones constantes con equipo sonómetro Respetar los límites máximos permitidos de acuerdo DS 085-2003 Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido

5	Generación de polvo	Contaminación al aire	Aplica para todos los procesos constructivos	Colocación de malla Rashell en perímetro de obra Humedecer el terrero, las áreas y montículos de área Respetar los límites máximos permitidos "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire"
6	Generación de aguas residuales.	Contaminación del agua y suelo.	Aplica para todos los procesos constructivos	Contratación de una EPS para el traslado de las aguas residuales de los baños químicos

3. Monitoreos ambientales

Los monitoreos ambientales permiten establecer los límites máximos permisibles (LPMs) de emisiones al medio ambiente. A continuación, se brinda una definición sobre los LPMs, con la finalidad de poder tener una mayor comprensión de los resultados de los monitoreos de la calidad del aire, que se mostrarán en el siguiente apartado:

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Valores o medidas de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y/o biológicos presentes que caracterizan a un efluente o a una emisión que al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente.

a. Monitoreos de la calidad del aire

i. Monitoreo de la calidad del aire (PM10).

Nº de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire/Nº de monitoreos de aire programados:

$$ECA - AIRE, PM10 \leq 100.00 \mu g/m^3$$

Menos es mejor (máximo 100LAeqT)

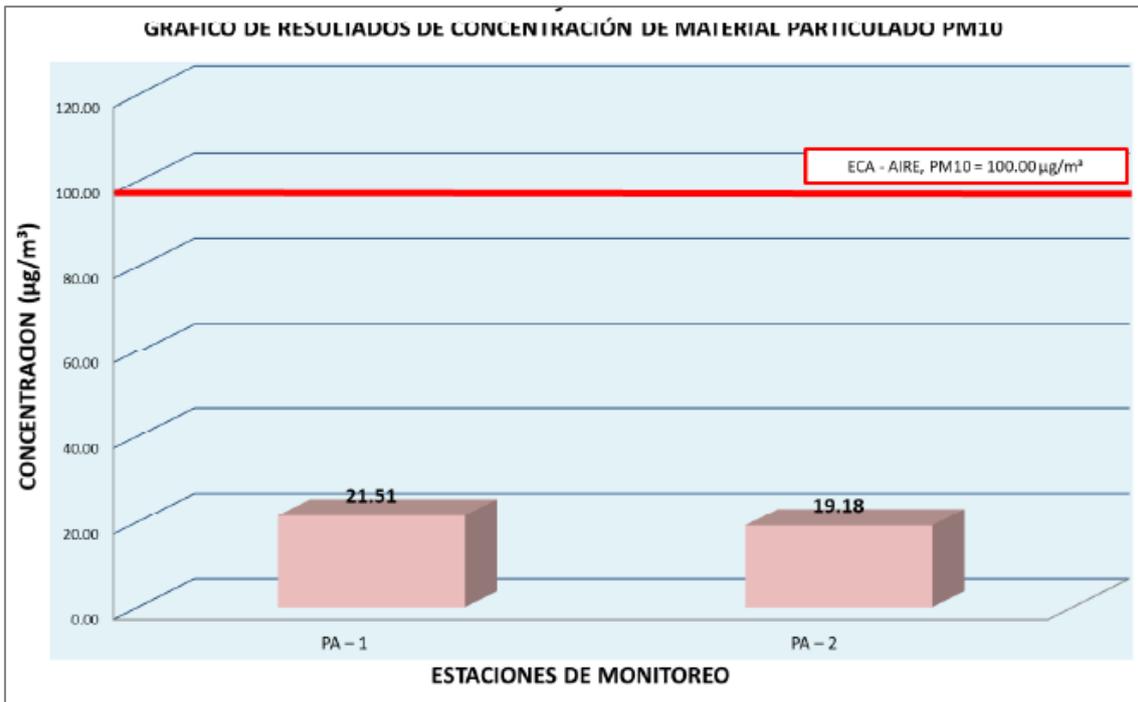


Ilustración 14: Monitoreo de la calidad del aire PM10(Plan de gestión ambiental, 2018).

ii. Monitoreo de la calidad del aire (PM2.5).

Nº de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire / Nº de monitoreos de aire programados.

$$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50.00 \mu g/m^3$$

Menos es mejor (máximo 50.00 µg/m³)

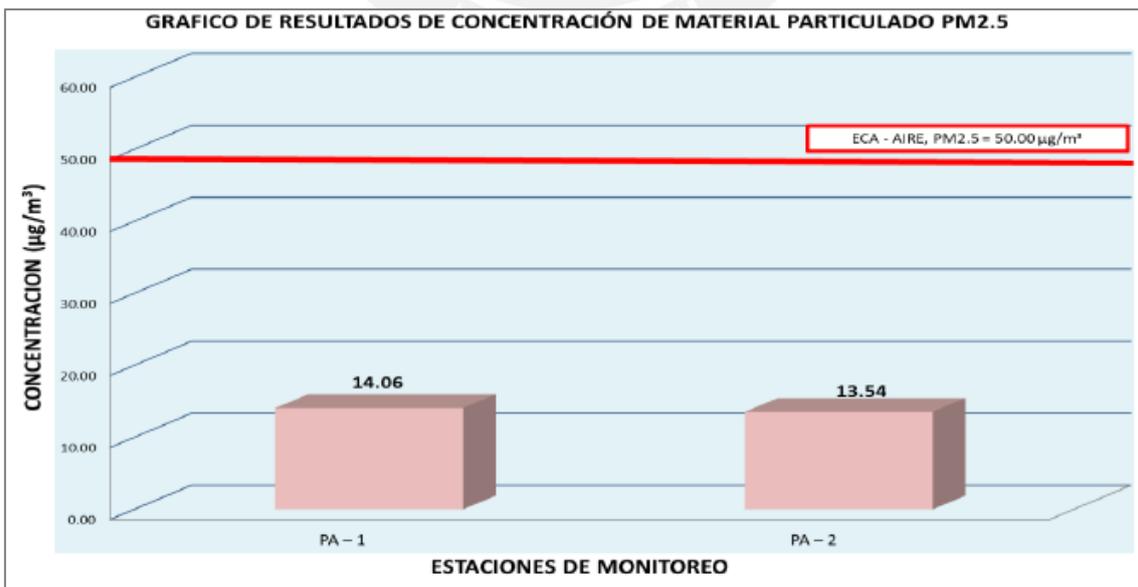


Ilustración 15: Monitoreo de la calidad del aire PM 2.5 (Plan de gestión ambiental 2018).

b. Monitoreo de la calidad de ruido ambiental

i. Mediciones de ruido ambiental diurno

Nº de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / Nº de monitoreos de ruido programados:

$$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70LAeqT$$

Menos es mejor (máximo 70LAeqT)

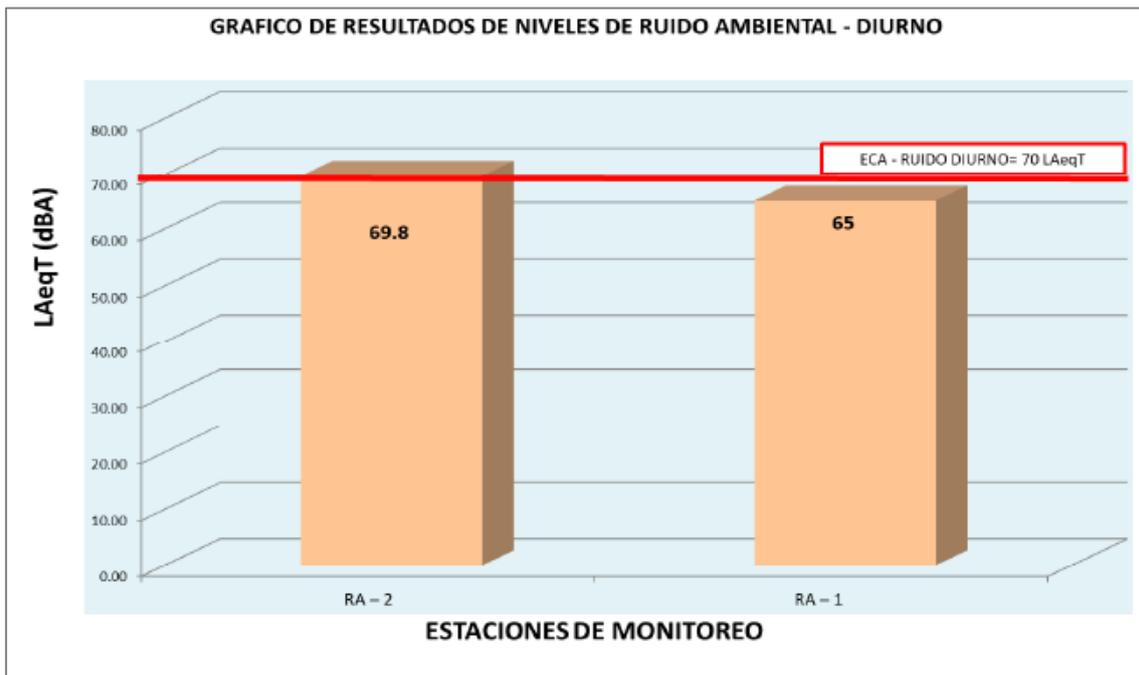


Ilustración 16: Monitoreo de la calidad de ruido ambiental diurno (Plan de gestión ambiental 2018).

ii. Mediciones de ruido ambiental nocturno

Nº de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / Nº de monitoreos de ruido programados

$$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60LAeqT$$

Menos es mejor (máximo 100.00µg/m³)

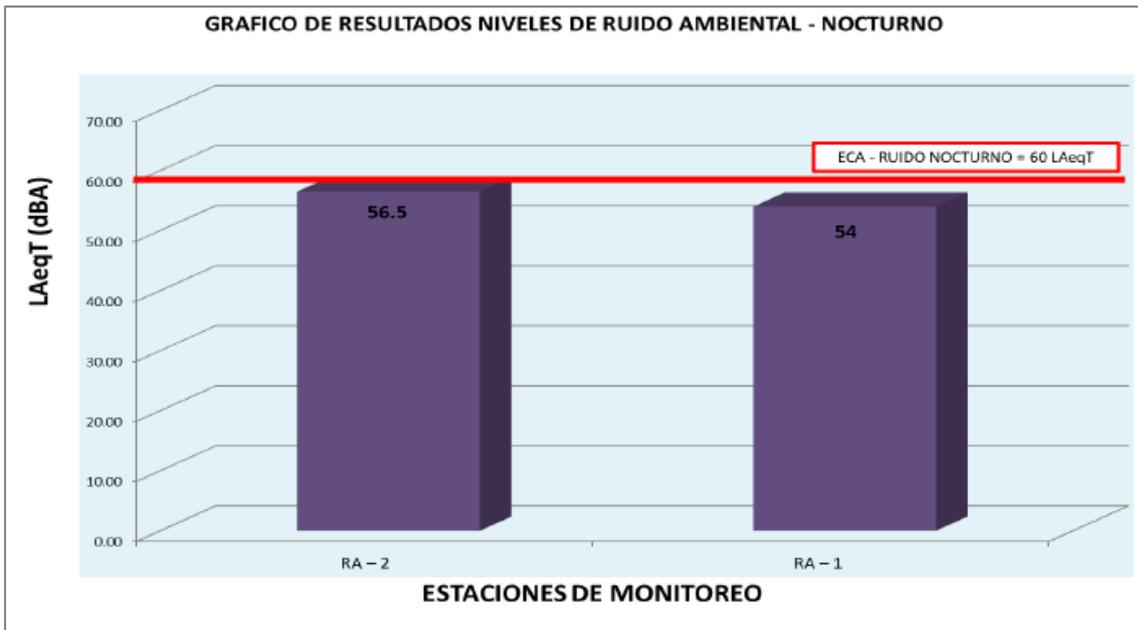


Ilustración 17: Monitoreo de la calidad de ruido ambiental nocturno (Plan de gestión ambiental 2018).

C. Certificación LEED

Adicionalmente el edificio contará con las especificaciones que garantizan la Certificación LEED Gold Core and Shell (acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design), la cual fomenta el cumplimiento de criterios de sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. Las consideraciones involucran el uso eficiente del agua, el ahorro de energía, la selección de materiales locales y sostenibles, el cuidado del entorno durante la construcción y la calidad del aire (Scofield, 2013).

Paso 04: Análisis de los KPI's existentes

En los proyectos de edificación se recomienda establecer objetivos y metas ambientales, para realizar una mejor gestión a favor del medio ambiente:

Tabla 4: Objetivos y metas ambientales (Adaptado de plan de gestión ambiental, 2018).

Objetivo	Objetivos	Indicador	Frecuencia	Meta
Mantener y mejorar el cumplimiento de los índices de medio ambiente	Minimizar los derrames de materiales peligrosos	N° de derrames x 200.000/H-H trabajadas. Nota: Se considera como derrame al vertimiento mayor a 50 gl.	Mensual	<0.40
Inducir, capacitar, entrenar y concientizar	Difundir y aplicar las mejores prácticas de medio ambiente	Hora de inducción, capacitación y/o entrenamiento/ N° de trabajadores	Mensual	>1
	Verificar la comprensión del personal en capacitaciones y/o entrenamientos de medio ambiente	N° de personal evaluado x100/N° de personal aprobado	Mensual	>80%
	Fomentar una cultura de protección del medio ambiente en el personal	N° de campañas SSOMA	Trimestral	2
Responder a emergencias	Realizar simulacros relacionados a aspectos ambientales significativos, considerando escenarios compartidos	N° de simulacros realizados x 100/N° de simulacros programados	Mensual	100%
Mantener y mejorar el cumplimiento de los límites máximos permisibles	Realizar monitoreos ambientales	N° de monitoreos realizados/ N° de monitoreos programados x 100%	Trimestral	100%
	Cumplir con los límites máximos permisibles del aire	N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire/N° de monitoreos de aire programados	Trimestral	100%
	Cumplir con los límites máximos permisibles del ruido	N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / N° de monitoreos de ruido programados	Trimestral	100%

Paso 05: Metodología de integración

Como se indicó anteriormente, la ISO 14001, que establece los requisitos para sistemas de gestión ambiental, es compatible con el Last Planner System. Asimismo, es una práctica usual que las empresas refrenden sus sistemas de gestión del medio ambiente, mediante las certificaciones LEED. Por lo tanto, se deben tomar en cuenta los modelos seguidos por los investigadores y capacitadores del LPS, que pueden ser

implementados utilizando reuniones del tipo taller o simulaciones (Alves, et. al (2010); Nofera, 2015). Por otro lado, también es necesario explicar y entrenar a los trabajadores simultáneamente en el LPS, la ISO 14001:2015 y el Plan de Gestión Ambiental mediante estas reuniones de planificación colaborativa.

Se debe seguir el mismo orden en que se generan los elementos del LPS (cronograma maestro, Phase Pull Planning, Lookahead, Programación Semanal y Diaria, y PPC y Análisis de Fiabilidad), y los requisitos de la ISO 14001:2015 (Liderazgo, Planificación, Apoyo, Operación, Verificación y Evaluación del desempeño, tal como se propone en Brioso (2017) y Brioso et al. (2017), en donde se describe la integración del LPS y su compatibilidad con la ISO 14001.

Luego de haberse llevado a cabo el seguimiento al proyecto de edificación, se lograron identificar tres sistemas de gestión utilizados en las diferentes etapas del proyecto, que incluyen a la filosofía Lean Construction, el sistema de gestión ISO 14001 y la certificación LEED. Por otro lado, se identificaron los indicadores clave de desempeño existentes (KPI's), los cuales permiten medir parámetros del área de gestión ambiental del proyecto, no obstante, la presente tesis tiene como finalidad integrar la filosofía Lean Construction con la gestión de la sostenibilidad. Por lo tanto, a partir de la información teórica recopilada y la obtenida durante el seguimiento al estudio de caso, se generó la siguiente propuesta para medir los indicadores de desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación en un entorno de la filosofía Lean, con una propuesta inicial de 29 indicadores (Ver Anexo 1):

Tabla 5: Propuesta inicial de Indicadores de Evaluación del Desempeño de la Sostenibilidad en Proyectos de Edificación.

Fase del proyecto	Indicadores
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas
	6 Participación del área de gestión ambiental en las reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación

	9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción
	10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados
	11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutadas respecto a los programados
	12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas
	13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas
	14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados
	15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas
	16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas
	17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas
	18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto
	19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)
	20	Contaminación del aire (material particulado PM10)
	21	Contaminación acústica (ruido diurno)
	22	Contaminación acústica (ruido nocturno)
	23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio temporal
	24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos
	25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos
Uso	26	N° de inspecciones de calidad de las componentes
	27	N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos
	28	N° mantenimientos preventivos de las instalaciones
	29	N° mantenimientos correctivos de las instalaciones

Protocolos de planificación y ejecución:

A continuación, se muestran los protocolos correspondientes a las fases de planificación y ejecución:

PROTOCOLO DE PLANIFICACIÓN

1. ELABORACIÓN DEL MODELO BIM

SÍ NO

2. DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS EN EL MODELO BIM 3D

SÍ NO

3. ELABORACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN MAESTRA

SÍ NO

4. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

SÍ NO

5. COMPATIBILIZACIÓN DE PRODUCCIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL

SÍ NO

3. REALIZACIÓN DE UN PULL PLANNING CON AMBAS ÁREAS

SÍ NO

OBJETIVO

USO DE HERRAMIENTAS LEAN PARA FACILITAR LA GENERACIÓN DE LOS ENTREGABLES DURANTE LA SESIÓN DEL PULL PLANNING



A TOMAR EN CUENTA

ES IMPORTANTE QUE DURANTE LA SESIÓN DEL PULL PLANNING PARTICIPEN LOS INGENIEROS Y CAPATACES DE TODAS LAS CUADRILLAS INCLUYENDO SUBCONTRATISTAS

Ilustración 18: Protocolo de planificación

PROTOCOLO DE EJECUCIÓN

1. UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTA LPS EN LAS REUNIONES DE PRODUCCIÓN

SÍ NO

3. PARTICIPACIÓN DEL ÁREA G. AMBIENTAL EN LAS REUNIONES

SÍ NO

4. TOMA DE DECISIONES DE PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

SÍ NO

4. PROPUESTA PARA UN MEJOR CONTROL Y MONITOREO AMBIENTAL

SÍ NO

3. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES

SÍ NO

6. MEDICIÓN DEL PPC E INDICADORES AMBIENTALES

SÍ NO

OBJETIVO

USO DE HERRAMIENTAS LEAN Y GESTIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN SIMULTÁNEO PARA MEJORAR EL CONTROL Y MONITOREO AMBIENTAL



A TOMAR EN CUENTA

TODOS LOS INVOLUCRADOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO (OFICINA TÉCNICA, PRODUCCIÓN, GESTIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD), DEBEN ESTAR PRESENTES EN LAS REUNIONES

Ilustración 19: Protocolo de ejecución.

CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA: ESTUDIO DELPHI

Para la validación de la metodología propuesta, mediante la aplicación del estudio Delphi, se consideran los siguientes pasos:

Paso 01: Identificar el objetivo del estudio Delphi

Se identifica el propósito de la aplicación de la metodología Delphi. En este trabajo de investigación el objetivo es validar la metodología propuesta.

Paso 02: Identificar potencial panel de expertos

Se establecen un conjunto de características técnicas, que deben cumplir los expertos que colaboren con el estudio Delphi.

Paso 03: Seleccionar expertos, basados en criterios predefinidos

Se selecciona el panel de expertos en base a las características predefinidas en el paso 03.

Paso 04: Validar expertos e informarles sobre el estudio.

Se validan a los expertos que formaran parte del estudio Delphi y se les comunicara sobre trabajo de investigación en desarrollo.

Paso 05: Desarrollar cuestionarios

Se llevó a cabo la recopilación de los indicadores sugeridos por los autores, posteriormente se establecieron los indicadores coherentes con el enfoque del estudio y de ser el caso proponer adicionales o modificaciones de acuerdo al contexto de las empresas constructoras de edificaciones a nivel del Perú, según las prácticas o sistemas de gestión relacionados con el área de sostenibilidad ambiental.

Paso 06: Transmitir el cuestionario al panel de expertos

Se llevó a cabo la difusión de los cuestionarios.

Paso 07: Recopilar y analizar respuestas

Tras llevarse a cabo dos rondas, se procedió al análisis de las respuestas.

Paso 08: Evaluar consenso

Luego de llevarse a cabo la segunda ronda se llegó a un consenso entre el panel de expertos, no obstante, en esta fase final algunos participantes brindaron opiniones y comentarios acerca del estudio realizado.

Paso 09: Informe de resultados

Se analizaron las respuestas obtenidas al finalizar la aplicación del estudio Delphi.

A continuación, en la ilustración 23 se muestra un diagrama de flujo que resume la metodología descrita:

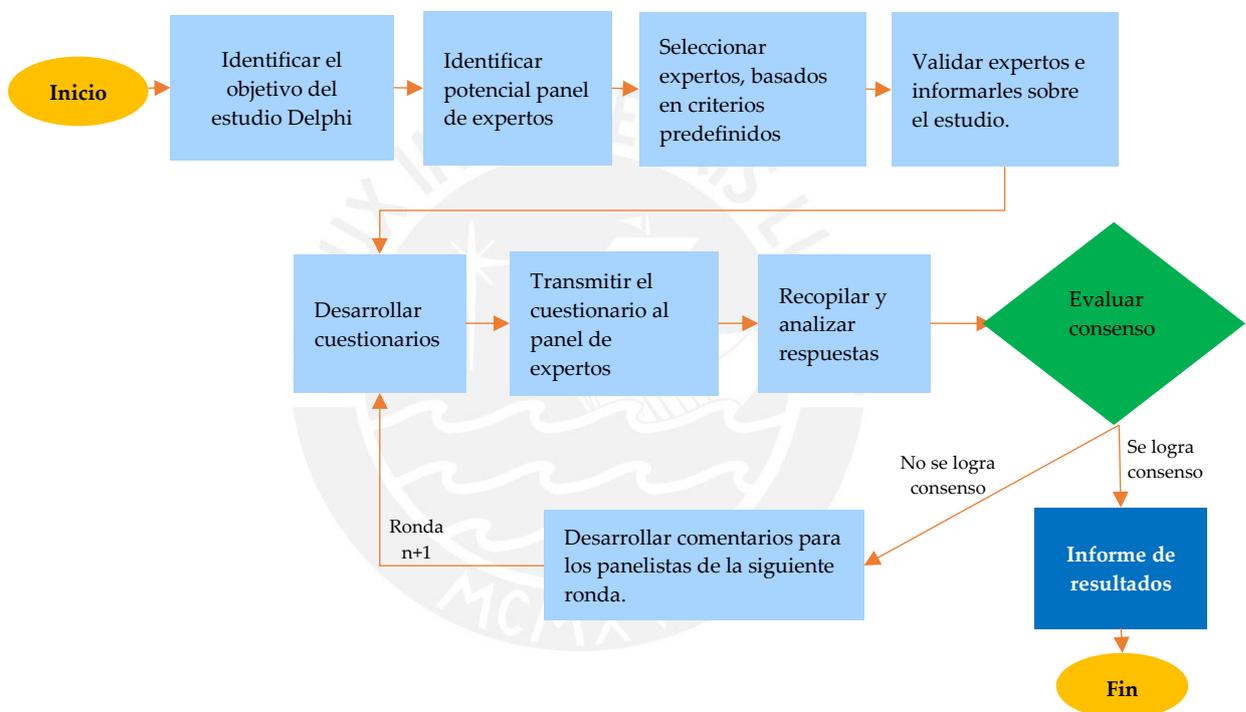


Ilustración 20: Validar la metodología propuesta (Estudio Delphi).

4.1 Modelo teórico de indicadores de desempeño de sostenibilidad para proyectos de edificación: Estudio Delphi

4.1.1 Medición del desempeño e indicadores clave

En la industria de la construcción se han implementado varios estudios utilizando los sistemas de medición de desempeño: así, por ejemplo, Alarcón (1996) proponen el concepto de medición de desempeño clasificado mediante costo, valor previsto y eficacia. El Construction Industry Institute, viene desarrollando indicadores y métricas de desempeño en las últimas dos décadas para empresas constructoras de Estados Unidos. Otros estudios se enfocan en la medición del desempeño a nivel empresa.

A continuación, se detallan los cinco problemas, que conlleva la introducción de indicadores de desempeño en el sector de la construcción (cita requerida):

1. Se enfoca a “Key Performance Outcomes” (KPOs) o mediciones posteriores al hecho. Por lo tanto, es un indicador desfasado (“lagging”), que aparece al nivel de alta dirección de la empresa cuando hay pocas oportunidades para realizar cambios. Esto imposibilita su uso en la toma de decisiones administrativas. Por lo tanto, hay una importante necesidad de entender la diferencia entre mediciones desfasadas y adelantadas.
2. Los indicadores clave (“Key Performance Indicators” o KPIs) no se alinean con la estrategia del negocio. La literatura muestra que otros sectores concluyeron que las mediciones deben ser desarrolladas teniendo en cuenta los objetivos de la organización.
3. Se han diseñado para hacer comparaciones entre las empresas del sector, pero debido a las diferentes estrategias empleadas y la confidencialidad de algunos datos, esto no es posible. Se han utilizado más como una herramienta de marketing que de mejora.
4. Los KPIs no están proporcionando una radiografía de todos los tipos de empresas.
5. Los KPIs no se incorporan a un sistema de medición del desempeño que incluya revisión y acción. Se identifican dos ciclos: (1) implementación de medidas y (2) cambio de acción en función de los resultados.

La construcción de una obra es una tarea difícil y compleja. Los administradores modernos necesitan información actualizada y principalmente no financiera para toma de decisiones óptimas y llevarlas a cabo.

Existen algunas métricas bien determinadas para la medición del desempeño durante la fase de ejecución del proyecto; la mayoría de ellas están construidas alrededor de técnicas como el camino crítico y el valor ganado. Sin embargo, se detecta que las métricas de desempeño en la fase de ejecución no están ligadas a la selección de la empresa y su posterior contratación. Estas ligazones inexistentes pueden desembocar en un desempeño bajo del proyecto. En el caso de indicadores clave de desempeño, los más comúnmente aceptados son aquellos que pueden medirse físicamente en unidades monetarias, temporales u otras (Cox et al., 2003).

La medición del desempeño juega un papel importante en asegurar el éxito del proyecto y su subsecuente utilidad para la empresa promotora. Además, es considerada una parte integral de la administración y se ha ejercido desde que la administración existe. Un proyecto se considera exitoso si cumple costo y plazo, y también con los requerimientos funcionales y técnicos, así como las expectativas del cliente. El concepto de éxito del proyecto se desarrolla mediante una serie de criterios y estándares bajo los

cuales los gestores de proyectos pueden completarlos con los resultados más favorables. Según Cheung et al. (2004), el éxito de un proyecto de construcción depende de numerosos factores tales como: complejidad, acuerdos contractuales, relaciones entre los participantes, la competencia de los administradores de proyectos y las habilidades de los miembros clave del proyecto. Una entrega exitosa del proyecto requiere el esfuerzo concertado del equipo de proyecto para llevar a cabo varias actividades del proyecto, siendo el gestor de proyectos el responsable de completar la obra.

De este recorrido por la literatura científica puede determinarse la laguna detectada que se pretende paliar, aunque sea parcialmente: establecer un modelo de indicadores de desempeño específicos para evaluar la sostenibilidad de los proyectos de edificación. Teniendo en cuenta este punto de partida, así como algunas de las contribuciones mencionadas previamente, en la siguiente sección se plantean los indicadores de desempeño de sostenibilidad que se consideran adecuados para una empresa constructora de edificaciones.

4.1.2 Modelo de indicadores clave de desempeño

En la Tabla 1 se muestra una lista de la literatura científica asociada a los indicadores de desempeño de la sostenibilidad; está basada en 21 publicaciones científicas (19 artículos y 2 informes). En donde los indicadores clave de desempeño han sido clasificados en 3 categorías, según la fase del ciclo de vida del proyecto (diseño, construcción y uso), aunque los indicadores específicos no se incluyen en este apartado por razones de espacio, y se presentarán más adelante.

Tabla 6: Literatura científica asociada a los indicadores de desempeño de la sostenibilidad.

	Fase del proyecto		
	Diseño	Construcción	Uso
1. Alarcón, 2012)		●	
2. Ali (2012)			
3. Alwear(2010)			
4. Butcher (2010)			
5. Chan & Tam (2000)	●		
6. Chan (2004)			
7. Chan(2009)	●	●	
8. Cheung (2004)		●	●
9. Constructing Excellence (2011)		●	
10. Dawood (2010)	●	●	
11. Kylili (2016)			
12. Latorre et al. (2010)		●	
13. Lean Construction Institute (2018)		●	
14. Nasir et al. (2012)		●	
15. Orihuela et al. (2016)	●	●	
16. Radujković et al. (2010)		●	
17. Ramirez et al. (2004)	●	●	
18. Rankin, et al. (2008)	●	●	
19. Shahin (2007)			●
20. Skibniewski (2009)	●		
21. Yeung et al. (2013)		●	

4.1.3 Validación de indicadores: Método Delphi

El método Delphi es un método ampliamente utilizado y aceptado para lograr la convergencia de opiniones mediante la utilización de expertos (Ishubbak et al. 2015). La técnica Delphi está diseñada como un proceso de comunicación grupal cuyo objetivo principal es debatir y evaluar un tema específico a efectos de fijar metas o predecir la ocurrencia de eventos futuros; esta técnica aborda la investigación de una forma sistemática e interactiva, dando lugar a que un panel de expertos independientes valore un tema específico. Este método de investigación, difiere de las encuestas tradicionales, en que los encuestados son un número reducido de expertos contrastados en determinadas competencias predefinidas (Cortés et al., 2012). El consenso se logra a través del uso de una retroalimentación anónima y controlada proporcionada por un facilitador durante varias rondas.

El método Delphi ha sido aplicado en diversos campos tales como: la planificación de programas, la evaluación de necesidades, la determinación de políticas y la utilización de recursos. Este método es particularmente útil dentro de la investigación

contemporánea, cuando: los datos objetivo son inalcanzables, hay una falta de evidencia empírica, la investigación experimental no es realista o no ética, o se debe preservar la heterogeneidad de los participantes para asegurar la validez de los resultados (Alshubbak et al., 2015).

Se ha decidido aplicar este método en esta investigación con la finalidad de ordenar, evaluar y sintetizar una serie de indicadores de desempeño de sostenibilidad de acuerdo con el juicio de un panel de expertos seleccionado. La Ilustración 21 describe el proceso de implementación de la técnica Delphi en la presente investigación.

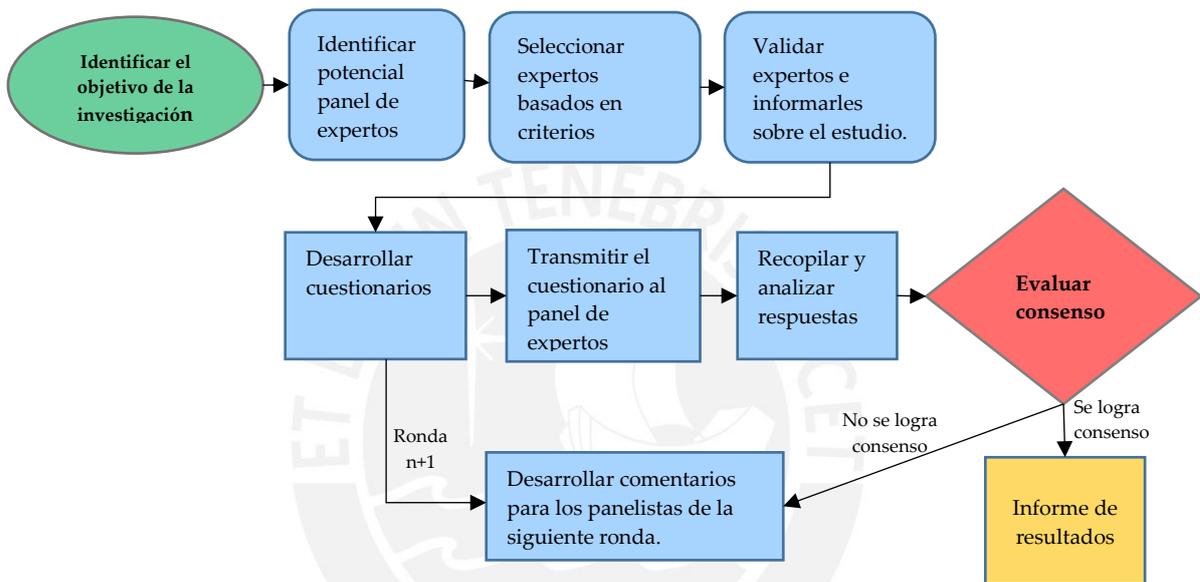


Ilustración 21: Método Delphi (Adaptado de Hallowell y Gambatesse 2010).

4.1.3.1 Aplicación del estudio Delphi

A continuación, se mostrarán en orden secuencial los pasos, procedimientos y consideraciones que se tuvieron en cuenta durante la implementación del estudio Delphi:

Paso 01: Identificar el objetivo de la investigación

Se ha decidido aplicar este método en esta investigación con la finalidad de ordenar, evaluar y sintetizar una serie de indicadores de desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación, de acuerdo con el juicio de un panel de expertos seleccionado.

Paso 02: Identificar potencial panel de expertos y realizar la selección de acuerdo a los criterios predefinidos

1. Perfiles profesionales de los expertos:

Cada investigación posee características especiales que condicionan los criterios a utilizar para determinar la cantidad y el perfil de los miembros en el panel de expertos (Hsu; Sandford, 2007); estos autores recomiendan que los invitados a participar conozcan el problema a analizar y estén en disposición de aportar contribuciones positivas. Nuestra investigación pretende integrar sostenibilidad y Lean Construction, por lo que el panel debe estar conformado por profesionales que tengan experiencia en proyectos en donde se hayan implementado estas herramientas y técnicas. Con el fin de conseguir, además, una distribución homogénea del panel por perfiles profesionales, se optó por integrar en el mismo a los siguientes perfiles:

- a) Administradores o directivos de alta gerencia de empresas constructoras de edificaciones en donde se implementa Lean y sostenibilidad.
- b) Accionistas o propietarios de empresas constructoras de edificaciones en donde se implementa Lean y sostenibilidad
- c) Gerentes de proyectos de construcción de edificaciones en donde se implementa Lean y sostenibilidad
- d) Profesores universitarios del sector construcción que investigan en edificaciones en donde se implementa Lean y sostenibilidad.
- e) Consultores en el área de sostenibilidad de los proyectos de edificación en donde se implementa Lean y sostenibilidad.
- f) Consultores en el área de desarrollos inmobiliarios en donde se implementa Lean y sostenibilidad.

2. Nivel de experiencia:

Del mismo modo, se recomienda tener en cuenta el nivel de experiencia, según su perfil profesional (Cortés et al., 2012), considerar que el factor más importante a tener en cuenta en la formación del panel es la experiencia de sus miembros. Para este caso, cada miembro del panel deberá cumplir alguno de los requisitos siguientes:

- Al menos 7 años como accionista, directivo, especialista en sostenibilidad de los proyectos de edificación con enfoque Lean, consultor en desarrollos inmobiliarios, o profesor universitario en los temas indicados
- Al menos 10 años como gerente o en puesto administrativo de alta gerencia de una empresa constructora de edificaciones en donde se implementa Lean y sostenibilidad.

3. Variabilidad del panel de expertos:

El panel de expertos, además de estar conformado por un equipo multidisciplinario de acuerdo a los requerimientos del estudio, contó con la participación de expertos de primer nivel, nacionales e internacionales (España, Chile y Colombia), lo cual permitió enriquecer el estudio, puesto que lo deseable del desarrollo de esta propuesta de evaluación del desempeño de sostenibilidad de los proyectos de edificación, es tener la mayor equivalencia posible y facilitar el benchmarking con proyectos de la misma empresa, con empresas competidoras y con empresas de otros países.

4. Número del panel de expertos:

Algunos autores (Cortes et al., 2012) argumentan que, según las aplicaciones más recientes relacionadas con la gestión de la construcción, el número medio de expertos debe ser 16, con un mínimo de 10. Es por ello que, en cuanto al número de integrantes del panel, se invitó a participar a un total de 30 expertos, repartidos entre los 6 grupos indicados previamente.

El número mínimo de rondas para que pueda lograrse el consenso es de dos. El cuestionario se envió en formato papel, correo electrónico o entrevista personal (según la preferencia del experto). En la aplicación de la técnica Delphi es importante contar con la retroalimentación entre una y otra ronda con el fin de lograr el consenso entre los miembros anónimos del panel; sin esta iteración el estudio no podría ser válido.

En la presente investigación, finalmente, catorce de los 30 participantes no pudieron colaborar con el estudio, por lo que el panel final estuvo definitivamente compuesto por 16 miembros. La Tabla 7 describe las características de los expertos que participaron en el estudio.

Tabla 7: Características del perfil del integrante del panel de expertos.

Puesto	Años exp.	Profesión	Grado de estudios	Sector	Categoría
Especialista en sostenibilidad	9 años	Arquitecto	Maestría	Privado	Consultor
Especialista de sostenibilidad	16 años	Arquitecto	Licenciatura	Privado	Consultor
Proyectos e Innovación	10 años	Arquitecto	Maestría	Privado	Accionista
Coordinador ejecutivo	7 años	Diseño	Maestría	Privado	Consultor
Gerente de construcción	18 años	Ing. Civil	Maestría	Privado	Constructor
Gerente general	10 años	Arquitecto	Licenciatura	Privado	Administrador
Gerente de proyecto	24 años	Ing. Civil	Maestría	Privado	Administrador
Supervisor de proyectos	10 años	Ing. Civil	Licenciatura	Privado	Supervisor
Supervisor de proyectos	15 años	Ing. Civil	Licenciatura	Privado	Supervisor
Profesor de Planta	13 años	Arquitecto	Doctorado	Privado	Académico
Profesor de Planta	11 años	Ing. Civil	Doctorado	Privado	Académico
Profesor de Planta. Consultor de Proyectos	25 años	Ing. Civil	Doctorado	Privado	Académico
Docencia-Proyectos e Innovación	14 años	Arquitecto	Maestría	Privado	Académico
Supervisor de proyectos	13 años	Ing. Civil	Licenciatura	Privado	Supervisor
Gerente de proyecto	15 años	Arquitecto	Maestría	Privado	Consultor
Gerente de proyecto	30 años	Ing. Civil	Maestría	Privado	Constructor

Paso 03: Desarrollar cuestionarios

Las categorías de agrupación corresponden a los indicadores clave de desempeño de la sostenibilidad, considerados en las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto. En el presente trabajo de investigación, se llevó a cabo la recopilación de los indicadores sugeridos por los autores, posteriormente se establecieron los indicadores coherentes con el enfoque del estudio y de ser el caso proponer adicionales o modificaciones de acuerdo al contexto de las empresas constructoras de edificaciones a nivel del Perú, según las prácticas o sistemas de gestión relacionados con el área de sostenibilidad ambiental.

A continuación, se muestra el cuestionario resultante para el estudio Delphi, el cual consistió en dos partes: (1) Perfil del participante y (2) Indicadores del desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación:

“Gestión del Desempeño de la Sostenibilidad en los Proyectos de Edificación del Perú”

El estudio comprende dos fases: (I) Jerarquización de los indicadores según su nivel de importancia (rango de a 1 a 100 puntos), (II) Difusión de los resultados obtenidos y retroalimentación.

Instrucciones

Llenar la información requerida en los casilleros de color amarillo

- ✓ **Parte 1: Perfil del participante**

Tabla 8: Perfil del experto.

Profesión	Cargo	Años de experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)

a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación?

- a. Muy importante b. Importante c. Poco importante d. Irrelevante

b) ¿Conoce el Código de Construcción Sostenible del Perú?

- a. Sí b. No

c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique.

d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú?

- a. Certificación LEED b. Código de construcción sostenible del Perú

- ✓ **Parte 2: Indicadores del desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación**

a) Se muestra una relación de indicadores por fase del proyecto. Se solicita revisarlos, y, de ser el caso, recomendar cambios en los mismos o proponer otros indicadores que considere importantes.

b) En los casilleros vacíos de la columna correspondiente a "mínimo recomendado", se solicita establecer un valor mínimo en función al indicador en análisis.

c) En los casilleros vacíos de la columna correspondiente a "media", se solicita jerarquizar los indicadores según su nivel de importancia (rango de a 1 a 100 puntos).

Tabla 9: Indicadores de desempeño de la sostenibilidad del proyecto de edificación.

Fase del proyecto	Indicadores de sostenibilidad	Mín. recom.	Métrica	Media
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	
	6 Participación del área de gestión ambiental en las reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción		Participa o no participa	
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción		Frecuencia	
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación		Tiempo (min.)	
	9 Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	

	programación de producción		
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas,	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$

	análisis de sus causas raíz y medidas correctivas		
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50.00 \mu g/m^3$
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100.00 \mu g/m^3$
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 LAeqT$
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 LAeqT$
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio temporal	No aplica	Cumple o no cumple
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple
Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las instalaciones		$Id = \frac{N^\circ \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^\circ \text{ inspecciones programadas}}$
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^\circ \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^\circ \text{ inspecciones programadas}}$

28	N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	
29	N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	

Paso 04: Transmitir el cuestionario al panel de expertos

La difusión del cuestionario con el panel de expertos se llevó a cabo de diferentes formas: (1) Entrevistas presenciales, (2) Mediante el uso de aplicaciones como: Gmail, Skype y WhatsApp y (3) Vía telefónica.

Paso 05: Recopilar y analizar respuestas

Tras llevar a cabo dos rondas, se llegó a un consenso entre los integrantes del panel de expertos, de tal forma, que además de los 29 indicadores propuestos, se propusieron 10 indicadores adicionales. Después de la discusión, se eliminaron algunos indicadores y se fusionaron otros, para finalmente acordar los 21 indicadores más importantes para las fases de diseño, construcción y uso. Posteriormente, se les asignó un peso tal como se explica más adelante. En la Tabla 9 se encuentran los indicadores que el panel de expertos consideró importantes para medir el desempeño en empresas constructoras de edificaciones, considerándose las fases de diseño, construcción y uso (Ver Anexo 2).

A continuación, se muestra un resumen de los resultados obtenidos luego de procesar los datos que brindaron los participantes del estudio Delphi:

✓ Parte 1: Perfil del participante

a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación?

En la escala de Likert el 100% de los participantes calificaron como “**muy importante**” la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación.

b) ¿Conoce el Código de Construcción Sostenible del Perú?

El **58%** de los participantes indicaron que sí conocen el Código de Construcción Sostenible del Perú.

c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique.

Acerca del uso del Código de Construcción Sostenible del Perú, los participantes señalaron que no lo utilizan porque, (1) Prefieren guiarse de estándares con respaldo internacional. (2) Está basado en supuestos "ahorradores" que otros países consideran obsoletos desde el año 1992. (3) Las certificaciones se basan en estándares de mayor exigencia. (4) No tiene definidos los parámetros y alcances de una manera cuantitativa.

d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú?

El **100%** de los participantes indicaron que cuando se requiere que un proyecto sea sostenible, consideran los parámetros de la **certificación LEED**.

✓ **Parte 2: Indicadores del desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación**

En esa Tabla 3 se enlistan los 21 indicadores de sostenibilidad resultantes de la aplicación del estudio Delphi (columna 2), clasificados según las fases del proyecto de edificación (columna 1), luego en base al nivel de importancia (1 poco importante ----- 100 muy importante) asignado por los participantes (columna 3), se obtienen los resultados promedios, teniendo en cuenta la escala puntuación del 1 al 100 (Ver Anexo 3).

Tabla 10: Indicadores de desempeño seleccionados por el panel de expertos

Fase del proyecto	Indicadores de sostenibilidad	Media	
	1 poco importante----- 100 muy importante		
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto	96	
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	90	
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	97	
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental	90	
	5 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	94	
	6 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental	81	
	7 Participación del área de gestión ambiental en las reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	87	
	8 Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	86	
	9 N° de monitoreos ambientales realizados respecto a los programados	80	
	10 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire/N° de monitoreos de aire programados	83	
	11 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / N° de monitoreos de ruido programados	83	
	12 Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio temporal	80	
	13 Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	86	
	14 Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	86	
	15 Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas	82	
	16 Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados	93	
	17 Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas	83	
	Uso	18 N° de inspecciones de calidad de las instalaciones	89
		19 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos	87
		20 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones	89
21 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		82	

Los indicadores integrados en el modelo fueron aquellos que cumplieron que el promedio de las medias, tanto de facilidad de implementación como de importancia estratégica, fuera igual o superior a 80 puntos. Sin embargo, para mantener la representatividad de todas las categorías consideradas, en aquellos casos en los que ningún indicador de una categoría obtuvo una media superior a 80 puntos, se mantuvo el indicador que había obtenido la media mayor para esa categoría.

Paso 06: Evaluar consenso

Luego de llevarse a cabo la segunda ronda se llegó a un consenso entre el panel de expertos, no obstante, en esta fase final algunos participantes brindaron opiniones y comentarios acerca del estudio realizado, los cuales serán detallados a continuación:

- Se indicó la importancia de la etapa de diseño, debido a que es una práctica usual de la industria de construcción a nivel del Perú, la falta de compatibilización entre las diferentes áreas durante el diseño, razón por la cual la mayoría de proyectos llegan a obra incompatibilizados, generando adicionales y sobrecostos, así como mayor uso de materiales y mayor generación de residuos. De forma coherente a esta afirmación, el panel de expertos brindo la mayor puntuación a los indicadores N°01 y 03, correspondientes a la fase de diseño del proyecto.
- El compromiso de la alta dirección y su liderazgo de la mejora de la gestión medioambiental determinan en gran parte el éxito de la implementación de las herramientas de sostenibilidad y son la mejor garantía para su posterior desarrollo, crecimiento y consolidación. Por lo tanto, se considera fundamental la visión de las empresas y su apertura hacia las buenas prácticas. Por ejemplo, Zaro (2002), indica tres preguntas iniciales que se deben responder para perfilar los rasgos y características de excelencia, requeridos en los proyectos de construcción: (1) ¿Qué grado de compromiso se quiere adquirir con el medio ambiente? (2) ¿Cuál es el compromiso que las partes interesadas esperan que se adquiera? (3) ¿Qué objetivos se pretenden alcanzar?
- Adicionalmente, se indicó la importancia de la difusión de la herramienta desarrollada, puesto que, es de fácil implementación y comprensión.
- Finalmente, se sugirió el desarrollo de un glosario de términos, de los 21 indicadores de sostenibilidad, resultantes del estudio Delphi, con la finalidad de reforzar la facilidad de implementación de la herramienta propuesta. En el presente trabajo se tomó en cuenta este aporte y en el siguiente apartado (Ítem 3.2.3.2), se detalla el glosario sugerido por el panel de expertos.

4.1.3.2 Glosario de indicadores de sostenibilidad (Isi)

a. Fase de diseño:

Is1 – N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto: El indicador propuesto busca establecer el nivel de participación del área de sostenibilidad del proyecto durante la fase de diseño del mismo, de tal forma se establece una comparación entre el número de reuniones realizadas, contra las proyectadas.

Ecuación 1: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 01.

$$Is1 = \frac{\text{N° de reuniones realizadas}}{\text{N° de reuniones proyectadas}}$$

Is2 – N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto: El indicador para la fase de diseño compara los créditos de certificación ambiental obtenidos durante el diseño, contra los deseados para esa fase (Orihuela, 2016).

Ecuación 2: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 02.

$$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$$

Is3 – Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental: El indicador planteado busca establecer si se lleva a cabo un trabajo colaborativo y de sinergia entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental, durante la etapa de diseño. Por lo tanto, la medición del indicador propuesto se realiza mediante la elección entre las siguientes opciones: (1) Se compatibiliza o (2) No se compatibiliza.

Ecuación 3: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 03.

$$Id = \text{Se compatibiliza} / \text{No se compatibiliza}$$

b. Fase de construcción:

Is4 – N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental: El indicador propuesto busca cuantificar el trabajo colaborativo entre las áreas de producción y gestión ambiental. Por lo tanto, se compara el número de reuniones realizadas, contra las proyectadas

Ecuación 4: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 04.

$$Id = \frac{\text{N° de reuniones realizadas}}{\text{N° de reuniones proyectadas}}$$

Is5 – N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto: El indicador para la fase de construcción compara los créditos de certificación ambiental obtenidos en la construcción, contra los deseados para esa fase (Orihuela, 2016).

Ecuación 5: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 05.

$$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$$

Is6 – N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental: El indicador busca medir el nivel de implementación de las capacitaciones de gestión ambiental, entonces compara el número de capacitaciones realizadas, contra las proyectadas.

Ecuación 6: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 06.

$$Id = \frac{\text{N° de capacitaciones realizadas}}{\text{N° de capacitaciones proyectadas}}$$

Is7 – Participación del área de gestión ambiental en las reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción: La metodología del Last Planner System comprende la realización de reuniones diarias y semanales de programación, con el objetivo de realizar el análisis de restricciones para su posterior mejora. Durante la recopilación de información acerca de las prácticas de las empresas constructoras se obtuvo que la mayoría de ellas durante la aplicación de la rutina LPS, no tienen integrada el área de gestión ambiental. Por lo tanto, la medición del indicador propuesto se realiza mediante la elección entre las siguientes opciones: (1) Participa o (2) No participa.

Ecuación 7: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 07.

$$Id = \text{Participa} / \text{No participa}$$

Is8 – Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción: El indicador busca medir las actualizaciones de los diferentes planes de gestión seguidos en obra, con la inclusión del área de sostenibilidad del proyecto, entonces compara el número de actualizaciones del plan de gestión ambiental contra las del área de producción.

Ecuación 8: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 08.

$$Id = \frac{\text{N° act. plan de gest. amb. realizadas}}{\text{N° actualizaciones de producción}}$$

Is9 – N° de monitoreos ambientales realizados respecto a los programados: El indicador propuesto busca cuantificar el número de monitoreos de gestión ambiental realizados durante la fase de construcción. Por lo tanto, se compara el número de monitoreos realizados, contra los proyectados.

Ecuación 9: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 09.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$$

Is10 – N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire/N° de monitoreos de aire programados: El indicador propuesto busca cuantificar el número de monitoreos de la calidad de aire (material particulado PM2.5 y PM10) realizados durante la fase de construcción. Por lo tanto, se compara el número de monitoreos realizados, contra los proyectados.

Ecuación 10: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 10.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$$

Is11 –N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / N° de monitoreos de ruido programados: El indicador propuesto busca cuantificar el número de monitoreos de ruido diurno y nocturno, realizados durante la fase de construcción. Por lo tanto, se compara el número de monitoreos realizados, contra los proyectados.

Ecuación 11: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 11.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$$

Is12 – Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio temporal: El indicador planteado busca establecer si se lleva a cabo un trabajo colaborativo y de compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental, durante la etapa de diseño. Por lo tanto, la medición del indicador propuesto se realiza mediante la elección entre las siguientes opciones: (1) Cumple o (2) No cumple.

Ecuación 12: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 12.

$$Id = \text{Cumple} / \text{No cumple}$$

Is13 – Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos: El indicador propuesto busca medir el nivel de la gestión de los

residuos sólidos durante la fase de construcción. Por lo tanto, la medición del indicador propuesto se realiza mediante la elección entre las siguientes opciones: (1) Cumple o (2) No cumple.

Ecuación 13: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 13

$$Id = \text{Cumple} / \text{No cumple}$$

Is14 – Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos: El indicador propuesto busca medir el nivel de la gestión de los residuos sólidos durante la fase de construcción. Por lo tanto, la medición del indicador propuesto se realiza mediante la elección entre las siguientes opciones: (1) Cumple o (2) No cumple.

Ecuación 14: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 14.

$$Id = \text{Cumple} / \text{No cumple}$$

Is15 – Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas: El indicador propuesto busca cuantificar la eficiencia de las medidas de control realizadas durante la fase de construcción. Por lo tanto, se compara el número de medidas de control ejecutadas, contra las programadas.

Ecuación 15: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 15.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$$

Is16 – Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados: El indicador propuesto busca cuantificar la eficiencia de las medidas de mitigación realizadas durante la fase de construcción. Por lo tanto, se compara el número de medidas de mitigación ejecutadas, contra las requeridas.

Ecuación 16: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 16.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de mitigación ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de mitigación requeridas}}$$

Is17 – Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas: El indicador propuesto busca cuantificar el número de monitoreos de ruido diurno y nocturno, realizados durante la fase de construcción. Por lo tanto, se compara el número de monitoreos realizados, contra los proyectados.

Ecuación 17: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 17.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de auditorías programadas}}$$

c. Fase de uso:

Is18 – N° de inspecciones de calidad de las instalaciones: El indicador propuesto busca cuantificar el número de inspecciones de calidad de las instalaciones, realizadas durante la fase de uso. Por lo tanto, se compara el número de inspecciones ejecutadas, contra las programadas.

Ecuación 18: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 18.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$$

Is19 – N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos: El indicador propuesto busca cuantificar el número de inspecciones de funcionamiento de los equipos, realizadas durante la fase de uso. Por lo tanto, se compara el número de inspecciones ejecutadas, contra las programadas.

Ecuación 19: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 19.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$$

Is20 – N° mantenimientos preventivos de las instalaciones: El indicador propuesto busca cuantificar el número de mantenimientos preventivos de las instalaciones, realizadas durante la fase de uso. Por lo tanto, se compara el número de inspecciones ejecutadas, contra las programadas.

Ecuación 20: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 20.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$$

Is21 – N° mantenimientos correctivos de las instalaciones: El indicador propuesto busca cuantificar el número de mantenimientos correctivos de las instalaciones, realizadas durante la fase de uso. Por lo tanto, se compara el número de inspecciones ejecutadas, contra las programadas.

Ecuación 21: Métrica del indicador de sostenibilidad N° 21.

$$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$$

3.2.2 Integración del modelo teórico

Como consecuencia de lo expuesto anteriormente, se propone un modelo teórico de medición del desempeño de sostenibilidad basado en 21 indicadores que es aplicable a empresas constructoras de edificaciones; dicho modelo se representa en la Tabla 8. Este modelo teórico recoge la experiencia de los estudios previos analizados. Integra, por una parte, el ciclo de vida del proyecto teniendo en cuenta el diseño, construcción y uso y, por la otra, los diferentes sistemas de gestión de la producción y sostenibilidad que se integran y resumen en los indicadores propuestos. Esta integración brinda una perspectiva favorable acerca de la innovación y difusión de prácticas amigables con el medio ambiente.



Evaluación del Desempeño de Sostenibilidad en los Proyectos de Edificación

Tabla 11: Perfil del experto

Proyecto:			
Empresa:			
Perfil del experto:			
Puesto	Profesión	Años experiencia	Grado de estudios

Tabla 12: Formato de evaluación de desempeño de la sostenibilidad del proyecto de edificación.

Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Media	Proyecto:	
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto	Quincenal	96		
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	90		
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	97		
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental	2 veces a la semana	90		
	5 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	94		
	6 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental	Semanal	81		
	7 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	87		
	8 Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	86		
	9 N° de monitoreos ambientales realizados respecto a los programados	Trimestral	80		
	10 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire/N° de monitoreos de aire programados	Trimestral	83		
	11 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / N° de monitoreos de ruido programados	Trimestral	83		
	12 Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio temporal	No aplica	80		
	13 Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	86		
	14 Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	86		
	15 Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas	100%	82		
	16 Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados	100%	93		
	17 Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas	100%	83		
	Uso	18 N° de inspecciones de calidad de las instalaciones	5 por año	89	
		19 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos	4 por año	87	
		20 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones	2 por año	89	
21 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		2 por año	82		

CAPITULO 5: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la aplicación de la metodología para medir el nivel de desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación del Perú. Según se describió en los capítulos N° 04 y 05. Para lo cual se proponen los siguientes pasos:

Paso 01: Identificar potenciales proyectos de edificación a evaluar

Se identifican probables proyectos de edificación del Perú que podrían formar parte del estudio.

Paso 02: Seleccionar los proyectos, basados en criterios predefinidos

Se seleccionan los proyectos de edificación que cumplan los criterios predefinidos en el capítulo 03, en donde se estableció que la metodología será aplicada en proyectos de edificación que implementen los siguientes sistemas de gestión: (1) Filosofía Lean Construction, (2) Sistema de Gestión Ambiental y (3) Certificación LEED.

Paso 03: Aplicar la metodología de evaluación de sostenibilidad del proyecto (KPI's)

Se aplica la metodología para la evaluación de desempeño de la sostenibilidad a cinco proyectos de edificación del Perú.

Paso 04: Evaluar resultados

Se evalúan e interpretan los resultados obtenidos de la aplicación de la herramienta para la evaluación del desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación.

Paso 05: Informe de resultados

Se elabora un informe con el análisis de los resultados obtenidos durante la aplicación de la herramienta para la evaluación del desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación.

A continuación, en la ilustración 22 se muestra un diagrama de flujo que permite una mejor comprensión de los procedimientos seguidos en este apartado:

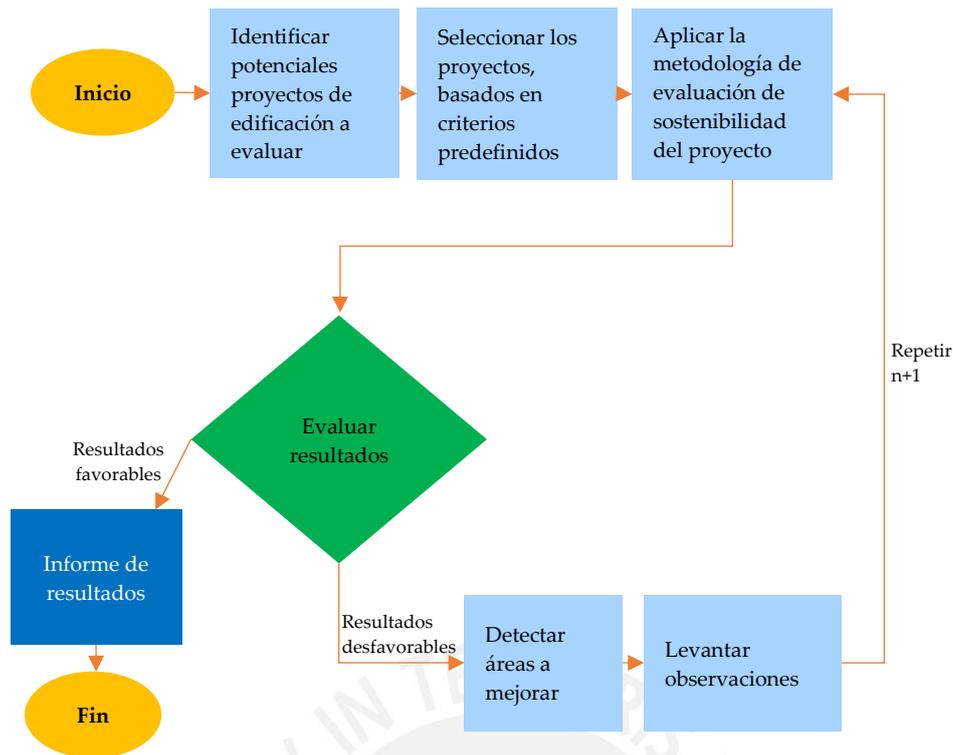


Ilustración 22: Aplicar la herramienta generada (Edificaciones del Perú)

5.1 Evaluación del desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación

La herramienta desarrollada para evaluar el desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación, además de ser útil para evaluar el proyecto durante todo su ciclo de vida, también puede ser utilizada por separado, de tal forma permite la evaluación por fases de manera independiente, lo cual permite su uso según la conveniencia u objetivos de las empresas constructoras de edificaciones.

5.1.1 Modelos para evaluar el desempeño de sostenibilidad de los proyectos de edificación: fases de diseño, construcción y uso.

Ver anexo 4.

5.1.1.1 Sistema de puntuación máximo (100 puntos).

Se escalan los valores promedio de los indicadores de sostenibilidad, correspondientes al resultado del estudio Delphi (Tabla 14), de tal forma que la calificación máxima, resultado de la evaluación de sostenibilidad de los proyectos durante todo su ciclo de vida del sea 100 puntos. A continuación, se muestran las puntuaciones escaladas (columna 5), que serán utilizadas en la siguiente fase de aplicación de la herramienta propuesta:

Tabla 13: Puntajes escalados en un total de 100 puntos para todo el ciclo de vida del proyecto.

Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Media	Puntaje (100)
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto	Quincenal	96	5.28
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	90	4.94
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	97	5.32
Construcción	4 N° de reuniones entre las áreas de producción y gestión ambiental	2 veces a la semana	90	4.96
	5 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	94	5.18
	6 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental	Semanal	81	4.43
	7 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	87	4.77
	8 Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	86	4.73
	9 N° de monitoreos ambientales realizados respecto a los programados	Trimestral	80	4.39
	10 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire/N° de monitoreos de aire programados	Trimestral	83	4.56
	11 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / N° de monitoreos de ruido programados	Trimestral	83	4.53
	12 Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio temporal	No aplica	80	4.37
	13 Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	86	4.72
	14 Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	86	4.72
	15 Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas	100%	82	4.49
	16 Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados	100%	93	5.08
	17 Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas	100%	83	4.53
	Uso	18 N° de inspecciones de calidad de las instalaciones	5 por año	89
19 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		4 por año	87	4.77
20 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		2 por año	89	4.87
21 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		2 por año	82	4.49
			1822	100 ptos

5.1.2 Uso de la herramienta de evaluación del desempeño de la sostenibilidad en proyectos de edificación del Perú.

Con la finalidad de validar la herramienta desarrollada en el presente trabajo de investigación, se llevó a cabo su implementación en 5 proyectos a nivel de las fases de diseño y construcción y de 2 proyectos en la fase de uso. A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos y un análisis de los mismos:

5.1.2.1 Desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación:



A. Proyecto N°01: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad

Tabla 14: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°01).

Fase del proyecto	Proyecto N°01		
	Indicador	%	Puntos
Diseño	Semanal	100%	5.28
	Aplica	100%	4.94
	Aplica	100%	5.32
Construcción	Semanal	100%	4.96
	Aplica	100%	5.18
	Semanal	100%	4.43
	Semanal	100%	4.77
	Semanal	100%	4.73
	Trimestral a más	80%	3.51
	Trimestral a más	80%	3.65
	Trimestral a más	80%	3.62
	Aplica	100%	4.37
	Aplica	100%	4.72
	Aplica	100%	4.72
	100%	100%	4.49
	100%	100%	5.08
	100%	100%	4.53
Uso	-	0%	0.00
	-	0%	0.00
	-	0%	0.00
	-	0%	0.00
Total			78 pts

B. Proyecto N°02: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad

Tabla 15: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°02).

Fase del proyecto	Proyecto N°02		
	Indicador	%	Puntos
Diseño	Semanal	100%	5.28
	Aplica	100%	4.94
	Aplica	100%	5.32
Construcción	Semanal	100%	4.96
	Aplica	100%	5.18
	Semanal	100%	4.43
	Semanal	100%	4.77
	Semanal	100%	4.73
	Cuando se requiere	100%	4.39
	Cuando se requiere	100%	4.56
	Cuando se requiere	100%	4.53
	Aplica	100%	4.37
	Aplica	100%	4.72
	Aplica	100%	4.72
	100%	100%	4.49
	100%	100%	5.08
	100%	100%	4.53
	Uso	5 a más por año	100%
5 a más por año		100%	4.77
3 por año		100%	4.87
3 por año		100%	4.49
Total			100 pts

C. Proyecto N°03: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad

Tabla 16: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°03).

Fase del proyecto	Proyecto N°03		
	Indicador	%	Puntos
Diseño	Semanal	100%	5.28
	Aplica	100%	4.94
	Aplica	100%	5.32
Construcción	Semanal	100%	4.96
	Aplica	100%	5.18
	Semanal	100%	4.43
	Semanal	100%	4.77
	No aplica	0%	0.00
	Trimestral a más	80%	3.51
	Trimestral a más	80%	3.65
	Trimestral a más	80%	3.62
	Aplica	100%	4.37
	Aplica	100%	4.72
	Aplica	100%	4.72
	100%	100%	4.49
	100%	100%	5.08
	100%	100%	4.53
	Uso	-	0%
-		0%	0.00
-		0%	0.00
-		0%	0.00
Total			74 pts

D. Proyecto N°04: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad

Tabla 17: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°04).

Fase del proyecto	Proyecto N°04		
	Indicador	%	Puntos
Diseño	Quincenal	50%	2.64
	No aplica	0%	0.00
	No aplica	0%	0.00
Construcción	Quincenal	50%	2.48
	No aplica	0%	0.00
	Mensual	25%	1.11
	No aplica	0%	0.00
	No aplica	0%	0.00
	Trimestral	50%	2.20
	Trimestral	50%	2.28
	Trimestral	50%	2.26
	Aplica	100%	4.37
	No aplica	0%	0.00
	Aplica	100%	4.72
	80%	80%	3.60
	80%	80%	4.06
	No aplica	0%	0.00
Uso	-	0%	0.00
	-	0%	0.00
	-	0%	0.00
	-	0%	0.00
Total			30 pts

E. Proyecto N°05: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad

Tabla 18: Evaluación del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°05).

Fase del proyecto	Proyecto N°05		
	Indicador	%	Puntos
Diseño	Semanal	100%	5.28
	No aplica	0%	0.00
	Aplica	100%	5.32
Construcción	Semanal	100%	4.96
	No aplica	0%	0.00
	Quincenales	50%	2.21
	Semanal	100%	4.77
	No aplica	0%	0.00
	Trimestral	50%	2.20
	Trimestral	50%	2.28
	Trimestral	50%	2.26
	Aplica	100%	4.37
	Aplica	100%	4.72
	Aplica	100%	4.72
	100%	100%	4.49
	100%	100%	5.08
	No implementa	0%	0.00
	Uso	3 anual	50%
3 anual		50%	2.38
2 por año		80%	3.90
2 por año		80%	3.60
Total			65 ptos

i. Resumen del desempeño de la sostenibilidad

A continuación, se brindan resúmenes de los proyectos de edificación evaluados y los resultados obtenidos:

A. Proyecto N°01: Detalles del proyecto y puntaje obtenido.

Tabla 19: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°01).

Proyecto N°01:	
Edificio de 10 pisos, en el que los dos primeros niveles serán para una empresa de retail y los ocho restantes para oficinas.	
	
Fuente: https://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?aID=1557	
Detalles del Proyecto	
Uso	Oficinas
Distrito	San Isidro
Área construida	30.146 m2
Estado	Proyecto culminado
Prácticas Lean	Sí aplica
Gestión ambiental	Sí aplica
Certificación LEED	Sí aplica
Puntaje obtenido:	
Diseño	16 pts.
Construcción	60 pts.
Uso	No aplica
Total	76 pts.

B. Proyecto N°02: Detalles del proyecto y puntaje obtenido.

Tabla 20: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°02).

Proyecto N°02:	
La torre tiene una altura de 140.1 metros con 30 pisos, lo que lo convierte en el edificio más alto del Perú.	
	
Fuente: https://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?alD=903	
Detalles del Proyecto	
Uso	Oficinas
Distrito	San Borja
Área construida	66.000 m2
Estado	Proyecto culminado
Prácticas Lean	Sí aplica
Gestión ambiental	Sí aplica
Certificación LEED	Sí aplica
Puntaje obtenido:	
Diseño	16 ptos.
Construcción	63 ptos.
Uso	19 ptos
Total	98 ptos.

C. Proyecto N°03: Detalles del proyecto y puntaje obtenido.

Tabla 21: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°03).

Proyecto N°03:	
Edificio de oficinas con 13.000m2 destinado a 18 pisos+azotea, y 7.500 m2 como dotación de estacionamientos.	
 <p>Fuente: http://edificioprimeravision.com/</p>	
Detalles del Proyecto	
Uso	Oficinas
Distrito	Magdalena del mar
Área construida	13 000 m2
Estado	Proyecto culminado
Prácticas Lean	Sí aplica
Gestión ambiental	Sí aplica
Certificación LEED	Certificación LEED GOLD
Puntaje obtenido:	
Diseño	16 ptos.
Construcción	56 ptos.
Uso	No aplica
Total	71 ptos.

D. Proyecto N°04: Detalles del proyecto y puntaje obtenido.

Tabla 22: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°04).

Proyecto N°04:	
Construcción de un Edificio de Oficinas Administrativas de 27 niveles.	
 <p>Fuente: http://www.torreorquideas.pa/</p>	
Detalles del Proyecto	
Uso	Oficinas
Distrito	San Isidro
Área construida	6.000 m2
Estado	Proyecto culminado
Prácticas Lean	Sí aplica
Gestión ambiental	Sí aplica
Certificación LEED	No aplica
Puntaje obtenido:	
Diseño	3 pts.
Construcción	26 pts.
Uso	No aplica
Total	29 pts.

E. Proyecto N°05: Detalles del proyecto y puntaje obtenido.

Tabla 23: Resumen del desempeño de la sostenibilidad (Proyecto N°05).

Proyecto N°05:	
Construcción de un Edificio de Oficinas Administrativas de 6 pisos, 1 azotea y 5 sótanos.	
	
Fuente: http://www.productiva.com.pe/	
Detalles del Proyecto	
Uso	Oficinas
Distrito	Jesús María
Área construida	9792.81 m2
Estado	Proyecto culminado
Prácticas Lean	Sí aplica
Gestión ambiental	Sí aplica
Certificación LEED	No aplica
Puntaje obtenido:	
Diseño	11 ptos.
Construcción	40 ptos.
Uso	12 ptos
Total	62 ptos.

Finalmente, en la tabla resumen (Tabla 25), se muestran las prácticas de gestión implementadas en los proyectos en análisis y su relación con su desempeño de sostenibilidad.

Tabla 24: Tabla resumen-Evaluación de desempeño de la sostenibilidad.

Evaluación del desempeño de la sostenibilidad.					
Detalles proyecto:	N°01	N°02	N°03	N°04	N°05
Prácticas Lean	✓	✓	✓	✓	✓
Gestión ambiental	✓	✓	✓	✓	✓
Certificación LEED	✓	✓	✓	X	X
Puntaje obtenido:					
Diseño	16	16	16	3	11
Construcción	60	63	56	26	40
Uso	No aplica	19	No aplica	No aplica	12
Total (ptos.)	76	98	71	29	62



CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Inicialmente el puntaje máximo alcanzado entre los proyectos evaluados fue de 98 puntos, debido a que la unidad de medida del indicador: N° de reuniones entre las áreas de producción y gestión ambiental (Ver Tabla N°21), según el juicio de los expertos indicaba 2 veces por semana, no obstante, luego del análisis de los resultados, se concluyó que las empresas constructoras están convencidas de que es suficiente con 1 reunión semanal cuando se lleva a cabo una programación detallada, sectorización, nivel de detalle BIM y trabajo colaborativo (Ballard et al., 2003), por lo tanto, luego de la revisión de este indicador se modificó la unidad de medida a 1 reunión semanal, cantidad que guarda relación con las prácticas de la filosofía Lean Construction. Finalmente, con este reajuste un proyecto alcanzó el puntaje máximo de 100 puntos, congruente con un trabajo sinérgico entre las áreas de producción y gestión ambiental. Seguidamente, la implementación de la herramienta para la evaluación del desempeño de la sostenibilidad de los proyectos de edificación, evidenció que el trabajo colaborativo entre las áreas de gestión de la producción y medio ambiente, permite una mayor eficacia de la sostenibilidad en los proyectos de edificación.

Por lo tanto, se obtuvo que las empresas constructoras que no integran las prácticas de gestión de la producción con el área de gestión ambiental (Proyecto N° 04), tienen un pobre desempeño de la sostenibilidad en comparación con las empresas en donde están comenzando a realizar un trabajo sinérgico (Proyectos N° 03 y 05), se encuentran en fase de mejora (Proyecto N° 01) o ya están asumiendo un rol responsable con el medio ambiente (Proyecto N°2).

i. Ventajas de la metodología propuesta:

- Es de fácil aplicación, puesto que la evaluación de un proyecto de edificación no tarda más de 15 minutos (esto dependerá de la destreza del entrevistador). Por otro lado, el formato para la evaluación de todo el ciclo de vida del proyecto, cabe en una hoja de formato A4, esta característica permite una rápida implementación y que su utilización ya sea en oficina o en obra, se realice con total comodidad y eficiencia.
- Permite identificar las deficiencias de las prácticas de las empresas de forma puntual, mediante el análisis de los indicadores en donde se obtuvieron los puntajes más bajos.
- Mediante su aplicación se aporta a mejorar los indicadores de sostenibilidad de los proyectos de edificación, debido a que, una vez localizadas las deficiencias en los sistemas de gestión tradicionales, se brindará la oportunidad de que las empresas mejoren sus prácticas.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La aplicación de la herramienta propuesta, aporta a la mejora de los indicadores de sostenibilidad de los proyectos de edificación, debido a que permite identificar las prácticas deficientes de las empresas constructoras de forma puntual, mediante el análisis de los indicadores en donde se obtuvieron los puntajes más bajos. De tal forma, una vez localizadas las áreas a mejorar, se apertura la oportunidad de que las empresas optimicen sus prácticas medio ambientales.
- El trabajo de investigación, reveló la importancia de la etapa de diseño en comparación a las fases posteriores, puesto que una deficiente planificación y la falta de compatibilización entre las diferentes áreas del proyecto, se verán reflejadas en las fases siguientes mediante la generación de adicionales y sobrecostos, así como mayor uso de materiales y mayor generación de residuos. De forma coherente a esta afirmación, el panel de expertos brindó la mayor puntuación a los indicadores N°01 y 03, correspondientes a la fase de diseño del proyecto.
- La herramienta es flexible y de fácil implementación, sin embargo, es importante su difusión, lo cual permitirá una retroalimentación y mejoras de la misma. Este trabajo de investigación brinda esta herramienta como base para nuevas investigaciones. Las empresas constructoras que no integran las prácticas de gestión de la producción con el área de gestión ambiental (Proyecto N° 04), tienen un pobre desempeño de la sostenibilidad en comparación con las empresas en donde están comenzando a realizar un trabajo sinérgico (Proyectos N° 03 y 05), se encuentran en fase de mejora (Proyecto N° 01) o ya están asumiendo un rol responsable con el medio ambiente (Proyecto N°2).
- El trabajo colaborativo entre las áreas de gestión de la producción y medio ambiente, permite una mayor eficacia de la sostenibilidad en los proyectos de edificación. Esta afirmación es coherente con los resultados obtenidos durante la implementación de la herramienta para la evaluación del desempeño de la sostenibilidad en los proyectos de edificación.
- Adicionalmente, durante el estudio Delphi, se evidenció que el 87% del panel de expertos no utiliza el Código de Construcción Sostenible del Perú, como un referente o guía para la gestión medio ambiental en nuestro país. Los participantes señalaron que no lo utilizan porque: (1) Prefieren guiarse de estándares con respaldo internacional. (2) No es obligatorio. (3) Está basado en supuestos "ahorradores" que otros países consideran obsoletos desde el año 1992. (3) Las certificaciones se basan en estándares de mayor exigencia. (4) No tiene definidos los parámetros y alcances de una manera cuantitativa. (5) No

conocen el Código de Construcción Sostenible del Perú.

- Según Bassioni et al. (2005), aún hace falta describir y desarrollar medidas y guías de implementación de sistemas de medición de desempeño. Precisamente la propuesta desarrollada, contiene el un glosario de los 21 indicadores de sostenibilidad, no obstante, sería importante generar una guía más detallada para una mejor difusión.
- La medición de desempeño de sostenibilidad mediante el uso de la herramienta propuesta, permite la definición de las mejores prácticas y por lo tanto brinda la posibilidad de ejercer una comparación entre las mismas, bajo el concepto de “benchmarking” (Ver Tabla 24).
- Es importante resaltar que, si bien los sistemas integrados de indicadores de desempeño propuestos por diferentes autores (Lantelme; Formoso, 1999; entre otros) cubren diferentes objetivos, no hay evidencia de un modelo integrado de medición de desempeño de sostenibilidad que integre los conceptos que este modelo propone: Integración de la filosofía Lean con la gestión de la sostenibilidad. El modelo propuesto, en todo caso, deberá complementarse con una siguiente fase de difusión y una implementación a mayor escala, con la finalidad de validar su aporte a la mejora del desempeño de la sostenibilidad de las empresas constructoras de edificaciones a nivel del Perú.
- El análisis realizado en la presente investigación ha sido desarrollado a nivel del trabajo colaborativo o sinergia entre la Filosofía Lean y la gestión de la sostenibilidad, no obstante, este estudio puede ser complementado con investigaciones futuras sobre, la interacción entre las áreas de producción y gestión ambiental a un nivel más detallado, que permita crear nuevas herramientas de medición y consecuentemente, obtener una información más completa acerca del rendimiento de medidas de sostenibilidad, durante la construcción de los proyectos de edificación.
- Mediante el análisis de la información existente se pudo verificar la compatibilidad o sinergia entre los sistemas Lean Construction y gestión de la sostenibilidad.
- Podemos concluir que se desarrolló una metodología de evaluación de desempeño de sostenibilidad de proyectos que integró el Last Planner System y la gestión de la sostenibilidad, y se validó mediante el método Delphi. Se desarrollaron y validaron los protocolos correspondientes a la evaluación de las fases de diseño, construcción y uso de las edificaciones, y se aplicaron exitosamente a cinco casos de estudio, analizando los resultados y validando la metodología.

- Por todo lo anterior, se concluye que es posible hacer una propuesta de integración de la filosofía Lean y la gestión de la sostenibilidad para lograr mejoras en los indicadores de sostenibilidad de los proyectos de edificación, durante el ciclo de vida del proyecto.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Al-Aomar, R.aid (2012). "Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry." *Lean Construction Journal* 2012 pp 105-121. www.leanconstructionjournal.org
2. Alarcón, L.F. (2012). "Last Planner System™," GEPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile.
3. AliLI, A. S.; Rahmat, I. (2010). "The performance measurement of construction projects managed by ISO-certified contractors in Malaysia." *Journal of Retail and Leisure Property*, 9(1), 25-35.
4. Alves, T., Tsao C. (2007). "Lean Construction – 2000 to 2006." *Lean Construction Journal* 2007.
5. Alves, T.D.C.L., Milberg, C. & Walsh, K.D. (2010). "Exploring Lean Construction Practice, Research, and Education." 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Haifa, Israel.I.
6. Alwaer H, Clements-Croome DJ (2010). Priority setting in using the multi-attribute approach for as sessing sustainable intelligent buildings. *Build Environ* 2010; 45:799–807.
7. Ballard, G and Todd Z. (2000). "Project Definition." White Paper # 9, Lean Construction Institute, October 10, 2000. 10 pp. (Available in "Readings" www.leanconstruction.org)
8. Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*, Ph.D. Dissertation, School of Civil Engineering., Univ. of Birmingham, U.K., May, 192 pp.
9. Ballard, G. (2008). "The lean project delivery system: An update." *Lean Construction Journal* 2008
10. Ballard, G., & Howell, G. (2003). "Lean project management." *Building Research & Information*, 31(2), 119–133. doi:10.1080/09613210301997
11. Ballard, G., and Howell, G. (2003). "An update on last planner." *Proc.,Int. Group for Lean Construction 11th Annual Conf. (IGLC-11)*,IGLC, Blacksburg, Va., 11–23, <http://strobos.cee.vt.edu/IGLC11>
12. Bassioni, H.A., Price, A.D.F. and Hassan, T.M. (2004), "Performance measurement in construction", *Journal of Management in Engineering*, Vol. 20 No. 2, pp. 42-50.
13. Bassioni, H.A.; Price, A.D.F.; Hassan, T.M. (2005). "Building a conceptual framework for measuring business performance in construction: An empirical evaluation." *Construction Management and Economics*, 23(5), 495-507.

14. Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 431–442. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000433
15. Botero, L. y Álvarez, M. (2005). Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Ingeniería & Desarrollo*. Universidad del Norte. Número 17 Enero-Junio, 2005, pp. 148-159.
16. Brioso X. (2015). Integrating ISO 21500 guidance on project management, lean construction, and PMBOK, *Procedia Engineering*, vol. 123, pp.76-84.
17. Brioso, X. (2005). Gestión de Seguridad en Proyectos de Construcción según la Extensión del PMBOK Guide del PMI. Caso Español. Congreso: PMI Global Congress 2005 - Latin América, Panamá, Project Management Institute (PMI).
18. Brioso, X. (2011). Applying Lean Construction to Loss Control. 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Lima, Peru, 13-15 Jul 2011.
19. Brioso, X. (2013). Integrando la Gestión de Producción y Seguridad. XII Congreso Latinoamericano de Patología y XIV Congreso de Calidad de la Construcción - CONPAT 2013. Cartagena, Colombia, 30 Sep-4 Oct 2013. Cartagena, Colombia: ALCONPAT Internacional.
20. Brioso, X. (2017). Synergies between Last Planner System and OHSAS 8001 - A general overview. *Building & Management*, 1 (2), pp. 24-35.
21. Brioso, X. and Humero, A. (2016). Incorporating Lean Construction agent into the Building Standards Act: the Spanish case study. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, 8 (2016), Issue 1, pp. 1511-1517.
22. Brioso, X., Humero, A., and Calderón-Hernandez, C. (2018). Teaching how to integrate Last Planner System and the Safety and Health Management System. *Advances in Building Education*, 2 (1), pp. 12-30.
23. Brioso, X., Humero, A., Murguía, D., Corrales, J., Aranda, J. (2018). Using Post-Occupancy Evaluation of Housing Projects to Generate Value for Municipal Governments. *Alexandria Engineering Journal*, 57 (2), pp. 885-896.
24. Brioso, X., Murguía, D. & Urbina, A. (2017). Comparing three scheduling methods using BIM models in the Last Planner System. *Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal*, 9 (2017), Issue 1, pp. 1604–1614.

25. Brioso, X., Murguía, D., and Urbina, A. (2017). Teaching Takt-Time, Flowline, and Point-to-point Precedence Relations: A Peruvian Case Study. *Procedia Engineering*, 196, pp. 666-673.
26. Butcher, D. C. A.; Sheehan, M. J. (2009). "Excellent contractor performance in the UK construction industry." *Engineering, Construction and Architectural Management*, 17(1), 35-45.
27. Calderon-Hernandez, C. and Brioso, X. (2018). Lean, BIM and Augmented Reality Applied in the Design and Construction Phase: A Literature Review. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 9 (1), pp. 60-63.
28. Chambers, D., Roquet, K., & Lincicome, R. (2004). "Five Big Ideas that Are Reshaping The Design and Delivery of Capital Projects." *Lean Construction Institute, Sutter Health Lean Project Summit*, marzo 23-24
29. Chan & Tam (2000) Cheung, S.O., Tam, C.M., Ndekugri, I. and Harris, F.C. (2000), "Factors affecting clients project dispute resolution satisfaction in Hong Kong", *Construction Management and Economics*, Vol. 18 No. 3, pp. 281-94.
30. Chan, A.P.C.; Chan, A.P.L. (2004). "Key performance indicators for measuring construction success." *Benchmarking: An International Journal*, 11(2), 203-221.
31. Chan, T. K. (2009). "Measuring performance of the Malaysian construction industry. *Construction Management and Economics*, 27(12), 1231-1244.
32. Cheung, S.O.; Suen, H.C.H.; Cheung, K.K.W. (2004). PPMS: a web-based construction project performance monitoring system. *Automation in Construction*, 13(3), 361–376.
33. CII (2011). *Benchmarking and Metrics Data Report 2011*. Construction Industry Institute (CII), Austin, Texas.
34. *Constructing Excellence (2011). Industry Performance Report 2011*. London, Reino Unido.
35. *Constructing excellence, (2004). Lean Construction*. London, Reino Unido.
36. Cortes J.M.; Pellicer, E.; Catalá, J. (2012). Integration of occupational risk prevention courses in engineering degrees: Delphi study. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, PP 31-36
37. COSAPI. (2018). *Plan de Gestión ambiental: Proyecto Primera visión*. Lima, Perú.

38. Cox, R.; Ahrens, D. (2003). Management's perception of key performance indicators for construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(2), 142-151.
39. Czerwinska, D. (2017). Green building: Improving the lives of billions by helping to achieve the UN Sustainable Development Goals. Consulta: 17 de julio de 2019. <https://www.worldgbc.org/news-media/green-building-improving-lives-billions-helping-achieve-un-sustainable-development-goals>.
40. Dawood, N.; Sikka, S. (2009). Development of 4D based performance indicators in construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 16(5), 438-458.
41. Detr (2000). KPI Report for the Minister for Construction by the KPI Working Group dated January 2000. Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR), London, Reino Unido.
42. El-Mashaleh, M.S.; Minchin R.E.; O'brien, W.J. (2007). Management of construction firm performance using benchmarking. *Journal of Management in Engineering*, 23(1), 10-17.
43. Gallaher, M. P., O'Connor, A. C., Dettbarn, J. L., Jr., and Gilday, L. T. (2004). Cost analysis of inadequate interoperability in the U.S. capital facilities industry, NIST, Gaithersburg, MD.
44. GBC (2019). LEED v4.1 Interior Design and Construction. Disponible en: [file:///C:/Users/user/Downloads/LEED v4.1 ID C Guide 04 09 2019.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/LEED_v4.1_ID_C_Guide_04_09_2019.pdf)
45. Gurevich U.; Sacks R. (2014). "Examination of the effects of a KanBIM production control system on subcontractors' task selections in interior works," *Automation in Construction*, vol. 37, pp. 81-87
46. Hallowell, M.R. and Gambatese, J.A. (2010) "Qualitative research: application of the Delphi method to CEM research". *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(1), 99-107.
47. Hamel, G. and Prahalad, C.K. (1994), *Competing for the Future*, Harvard Business School Press, Boston, MA.
48. Horta, I. M.; Camanho, A. S.; Da Costa, J. M. (2010). Performance assessment of construction companies integrating key performance indicators and data envelopment analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(5), 581-594.
49. Horvat, M. (2011) Review of Toyota Culture Book. *Lean Construction Journal* 2011 pp. 1-2 www.leanconstructionjournal.org

50. Howell, Greg (2011). Book Review: Build Lean: Transforming construction using Lean Thinking by Adrian Terry & Stuart Smith. *Lean Construction Journal* 2011 pp 3-8
51. International Organization For Standardization (ISO), 2015. Norma Internacional ISO 14001:2015.
52. Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*, Finland. 10 pp.
53. Koskela, L. (1999). "Application of the new production philosophy to construction, CIFE technical report #72," Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, USA, pp. 26-28.
54. Koskela, L. (2000). *An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction*. PhD Dissertation, VTT Building Technology, Espoo, Finland. 296 pp.
55. Kyllili, A., Fokaides, P., Lopez, P. (2016). Key Performance Indicators (KPIs) approach in buildings renovation for the sustainability of the built environment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56:906-915
56. Landeta, J. (2006). Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(5), 467–482. doi:10.1016/j.techfore.2005.09.002
57. Latorre, V.; Roberts, M.; Riley, M. J. (2010). Desarrollo de un marco de sistemas dinámicos con KPIS para apoyar la toma de decisiones de los administradores de obra. *Revista de la Construcción*, 9(1), 39-49.
58. Lean Construction Institute (2018). <https://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-design-construction/>
59. Liker, Jeffery K., and Hoseus, Michael (2008) "Toyota Culture: the heart and soul of the Toyota way" McGraw-Hill ISBN 978-0-07149-217-1. Preview here at Google Books (<http://bit.ly/e8RMUp>).
60. Linstone, H.A. and Turoff, M. (1975) *The Delphi method: techniques and applications*. Addison-Wesley, London.
61. Luu, T.V.; Kim, S.; Huynh, T. (2008). Improving project management performance of large contractors using benchmarking approach. *International Journal of Project Management*, 26(7), 758-769.
62. Meng, X (2011). Performance measurement models in facility management: a comparative study. *Facilities Emerald Group Vol. 29 No. 11/12*, 2011 pp. 472-484.

63. Monden, Y. (1983). *Toyota Production System*. Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA. 247 p.
64. Morrow, D.; Rondinelli D. (2002). Adopting Corporate Environmental Management Systems: Motivations and Results of ISO 14001 and EMAS Certification. *European Management Journal* Vol. 20, No. 2, pp. 159–171
65. Mossman, A. (2018). "What is lean construction: another look." In: *Proc. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, González, V.A. (ed.), Chennai, India, pp. 1240–1250. DOI: doi.org/10.24928/2018/0309. Available at: www.iglc.net
66. Murguia, D. and Brioso, X. (2017). Using Choosing by Advantages and 4D Models to Select the Best Construction-Flow Option in a Residential Building. *Procedia Engineering*, 196, pp. 470-477.
67. Murguia, D., Brioso, X. & Pimentel, A. (2016). Applying Lean Techniques to Improve Performance in the Finishing Phase of a Residential Building. In 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, USA, Jul 2016.
68. Nasir, H.; Haas, C. T.; Rankin, J. H.; Fayek, A. R.; Forgues, D.; Ruwanpura, J. (2012). Development and implementation of a benchmarking and metrics program for construction performance and productivity improvement. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 39(9), 957-967.
69. Neely, A. (1998), "Three models of measurement: theory and practice", *International Journal of Business Performance Management*, Vol. 1 No. 1, pp. 47-64.
70. Nofera, W., Abdelhamid, T., and Lahouti, A. (2015). Teaching Lean Construction for University Student(s), *Lean Construction Journal*, 2015 Issue. pp 34-44
71. Nudurupati, S.S., Bititcib, U.S.; Kumar, V.; Chan, F.T.S. (2011). State of the art literature review on performance measurement. *Computers & Industrial Engineering*, 60(2), 279-290.
72. Okoli, C. and Pawlowski, S.D. (2004) "The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications". *Information & Management*, 42, 15-29.
73. Orihuela, P., Pacheco, S., Aguilar., Orihuela, P. (2016). Conference: ELAGEC, At Bogotá, Colombia, Volume: VII
74. Pitt, M. and Tucker, M. (2008), "Performance measurement in facilities management: driving innovation?", *Property Management*, Vol. 26 No. 4, pp. 241-54.

75. Radujković, M.; Vukomanović, M.; Burcar Dunović, I. (2010). Application of key performance indicators in south-eastern European construction. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(4), 521-530.
76. Ramirez et al. (2004)Ramírez, R. R., Alarcón, L. F., & Knights, P. (2004). Benchmarking system for evaluating management practices in the construction industry. *Journal of Management in Engineering*, 110-117.
77. Rankin, J.; Fayek, A. R.; Meade, G.; Haas, C.; Manseau, A. (2008). Initial metrics and pilot program results for measuring the performance of the Canadian construction industry. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 35(9), 894-907.
78. Sacks, R., Koskella, L., Bhargav A. and Robert, O. (2010). "Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction." *Journal of Construction Engineering and Management*.
79. Scofield, J. H. (2013). Efficacy of LEED-certification in reducing energy consumption and greenhouse gas emission for large New York City office buildings. *Energy and Buildings*, 67, 517–524. doi:10.1016/j.enbuild.2013.08.032
80. Shohet, I.M. (2006), "Key performance indicators for strategic healthcare facilities maintenance", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 132 No. 4, pp. 345-52.
81. Skibniewski, M.J.; Ghosh, S. (2009). Determination of key performance indicators with enterprise resource planning systems in engineering construction firms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(10), 965–978.
82. Wong, C.H. (2004) Contractor performance prediction model for the Reino Unido construction contractor: study of logistic regression approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(5), 691–698.
83. Yeung, J. F; Chan, A. P.; Chan, D. W.; Chiang, Y. H.; Yang, H. (2013). Developing a benchmarking model for construction projects in Hong Kong. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(6), 705-716.
84. Zaro, L. (2002). *Guía para la aplicación de la Norma UNE-EN ISO 14001 en la pyme.* Zaragoza, España.

ANEXOS

ANEXO 01: CUESTIONARIO MODELO PARA EL ESTUDIO DELPHI

ANEXO 02: RESULTADOS DE LA PRIMERA RONDA DEL ESTUDIO DELPHI

ANEXO 03: RESULTADOS DE LA SEGUNDA RONDA DEL ESTUDIO DELPHI

ANEXO 04: MODELOS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE SOSTENIBILIDAD DE LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN: FASES DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y USO



ANEXO 01: CUESTIONARIO MODELO PARA EL ESTUDIO DELPHI

Anexo 1.1: Cuestionario modelo para el estudio Delphi.

ESTUDIO DELPHI: METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA SOSTENIBILIDAD EN LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN				
El estudio comprenderá dos fases: (I) Jerarquización de los indicadores según su nivel de importancia (rango de a 1 a 100 puntos) (II) Difusión de los resultados obtenidos y retroalimentación.				
Instrucciones: Llenar la información requerida en los casilleros de color amarillo				
PARTE 01: PERFIL DEL PARTICIPANTE				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? [Yellow box]				
b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? [Yellow box]				
c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. [Yellow box]				
d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? [Yellow box]				

PARTE 02: INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LA SOSTENIBILIDAD

- a) Se muestra una relación de indicadores por fase del proyecto. Se solicita revisarlos, y, de ser el caso, recomendar cambios en los mismos o proponer otros indicadores que considere importantes.
- b) En los casilleros de color amarillo de la columna correspondiente a "mínimo recomendado", se solicita establecer un valor mínimo en función al indicador en análisis.
- c) En los casilleros de color amarillo de la columna correspondiente a "importancia", se solicita jerarquizar los indicadores según su nivel de importancia (rango de a 1 a 100 puntos).

Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental		Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción		Participa o no participa	Participa es mejor	
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción		Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación		Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	
	9 Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	
	10 Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	
	11 Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	
	12 Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	

	13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor
	14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutados respecto a los programados	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor
	15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor
	16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor
	17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor
	18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor
	19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	21	Contaminación acústica (ruido diurno)	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 LAeqT$	Menos es mejor (máx. 70LAeqT)
	22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 LAeqT$	Menos es mejor (máx. 60LAeqT)
	23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	Cumple o no cumple	Cumple es mejor
	24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	Cumple o no cumple	Cumple es mejor
	25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	Cumple o no cumple	Cumple es mejor
Uso	26	N° de inspecciones de calidad de las componentes	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor
	27	N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor
	28	N° mantenimientos preventivos de las instalaciones	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor
	29	N° mantenimientos correctivos de las instalaciones	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor

ANEXO 02: RESULTADOS DE LA PRIMERA RONDA DEL ESTUDIO DELPHI

Anexo 2.1: Resultados del experto N°01.

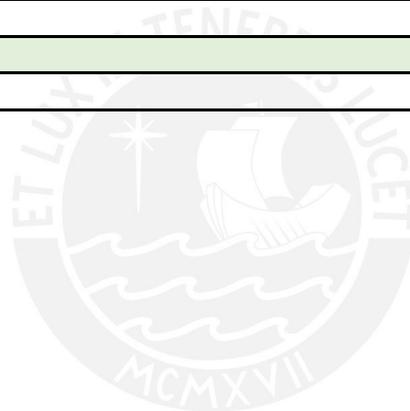
Parte 1: Perfil del participante					
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)	
Arquitecta	LEED AP	9 años	Maestría	Privado	
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación?</p> <p>Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú?</p> <p>No</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique.</p> <p>Si lo conociera si.</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú?</p> <p>Certificación LEED</p>					
Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto	1 cada 15 días	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	100
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental	2 reuniones semanales	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas	6-8 capacitaciones	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	90
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	90

7	Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	90
8	Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	95
9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	100
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	60
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	90
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	90
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorias ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorias programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50\mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100\mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70\text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70LAeqT)	80
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60\text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60LAeqT)	80

	23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80
	24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	70
	25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	70
Uso	26	N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	90
	27	N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	90
	28	N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	70
	29	N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	70

COMENTARIOS

No hay comentarios



Anexo 2.2: Resultados del experto N°02.

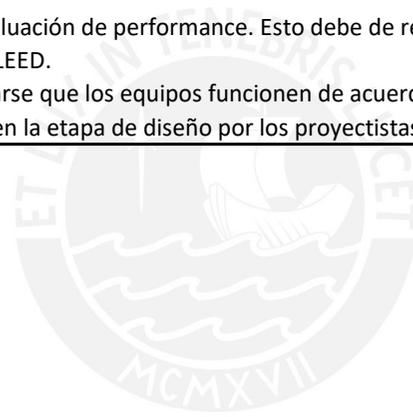
Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Arquitecto	Managing Partner (Socio)	13 años	Doctor, Maestría	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? No</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. </p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	100
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	60
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	70
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	80

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	60
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	60
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	60
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	70
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	80
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	90
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	60
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	60
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	60
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80

COMENTARIOS	
Indicador	<p>21 Contaminación acústica (ruido diurno) Definición Probre, Ruido no es calidad del aire, es control ambiental</p> <p>23 Debería venir incorporado en el Plan de Obra e incorporado en el item 10. Monitoreado por el consultor o por el mismo staff de obra.</p> <p>25* Commissioning, Start-up de los equipos y evaluación de performance. Esto debe de realizarse antes de entregar la obra. Y es tan importante, que es obligatorio para LEED. Commissioning = (Versión resumida) Asegurarse que los equipos funcionen de acuerdo a los objetivos sostenibles del proyecto, establecidos en las reuniones, y de acuerdo a lo indicado en la etapa de diseño por los proyectistas.</p>



Anexo 2.3: Resultados del experto N°03.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Arquitecta	Gerente General	16 años	Bachiller	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. No, porque es muy básico. Prefiero guiarme por estándares con respaldo internacional. El código de construcción sostenible se basa en supuestos "ahorradores" que otros países consideran obsoletos desde el año 1992. Por ejemplo la norma técnica del RNE EM.110 se basa en estándares europeos del año 1984! En el caso de eficiencia hídrica, especifican muy bien el consumo de descargas por inodoro, pero en griferías y urinarios solo indican "un ahorro del 30% de equipos de características similares"... ¿Cual es el ahorro entonces? ¿Cuál es la línea base? ¿Contra qué lo comparan?</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	90
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	70
	6 Participación del área de gestión ambiental en las reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	80

7	Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	70
8	Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	90
9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	60
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	80
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	40
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	60
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	70
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	90
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	80
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu g / m^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu g / m^3$)	70
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu g / m^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu g / m^3$)	70
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 LAeqT$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	60
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 LAeqT$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	60

	23 Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	60
	24 Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	70
	25 Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	70
Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	90
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	90
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	70
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	70

COMENTARIOS

Indicador	<p>1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto (Las cuales se llaman CHARETTES o Reunión de arranque o Reunión de Obetivos Sostenibles)</p> <p>2 Definición e Implementacion en diseno de los Criterios para la sostenibilidad del proyecto</p> <p>4 Compatibilización entre las áreas de diseño. (La mayoría de proyectos llegan a obra incompatibilizados, generando adicionales y sobrecostos, así como mayor uso de materiales y mayor generación de residuos.)</p>
------------------	--

Anexo 2.4: Resultados del experto N°04.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Arquitecta	Gerente General	10 años	Colegiatura	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. si de manera referencial, ya que las certificaciones se basan en estándares de mayor exigencia.</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	80
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	80
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	70
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	80
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	70
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	60

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	100
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	60
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	90
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	90
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	80
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	80
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	70
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	70

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	90
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	90
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	70
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	70



Anexo 2.5: Resultados del experto N°05.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Arquitecto	Gerente General-Proyectos	10 años	Master	Privado
a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante				
b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí				
c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. No, no lo utilizo porque no tiene definidos sus parámetros y alcances de una manera cuantitativa				
d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	100
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	90
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	80
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	70

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	100
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	100
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	100
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	100
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	100
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	100
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	100
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100

COMENTARIOS

Indicador 6 Ya deberían venir desde los planos constructivos con los alcances de producción, ya que deberían estar

9 No debería haber un "Plan de Gestión Ambiental". Hablar de un Plan de Gestión Ambiental en un proyecto sostenible es como hablar de un Plan de Gestión LEAN en un proyecto de construcción hoy en día. No existe. Lo incorporas en cada proceso, cada rol, cada responsabilidad, cada tarea, cada contratación.



Anexo 2.6: Resultados del experto N°06.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
ingeniero civil	gerente	18 años	master	publico y privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? No</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. </p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	100
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	80
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	70
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	60

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	100
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	80
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	100
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	70
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	90
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	80
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	70
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80



Anexo 2.7: Resultados del experto N°07

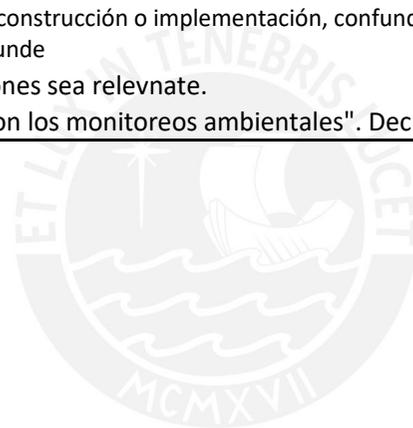
Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Diseño	Coordinadora Ejecutiva	7 años	Maestría	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. Si, al ser mi labor de gremio institucional, promuevo el uso del código mediante charlas, capacitaciones, eventos, columnas de opinión y entrevistas habladas.</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	100
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	90
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner Svsstem) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	100
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	0

8	Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	0
9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	90
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	80
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	0
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	0
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	0
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	90
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	90
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	80
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100

	25 Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100
Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	90
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80

COMENTARIOS	
Indicador	<p>2 En lugar de # de créditos, debería ser # de criterios</p> <p>3 En véz de área de producción deberías decir construcción o implementación, confunde un poco...</p> <p>5 Borraría la palabara ejecutadas por que confunde</p> <p>7 No considero que el tiempo de las reuniones sea relevnate.</p> <p>8 Aquí debería ser "Qué tan importantes son los monitoreos ambientales". Decir porcentaje confunde, ya que no les estás pidiendo</p>



Anexo 2.8: Resultados del experto N°08.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Ing. Civil	Gerente de proyecto	24 años	Maestría	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? No</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. </p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	95
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	70
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	100
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	90
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	60

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	100
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	80
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	80
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	90
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	90
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	70
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	100
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	100
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100



Anexo 2.9: Resultados del experto N°09.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Ing. Civil	Supervisor de proyectos	10 años	Licenciatura	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. No, porque aún tiene deficiencias técnicas</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	80
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	90
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	85
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	60
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	100
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	100
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	70

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	90
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	90
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	80
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	70
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	90
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	90
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	90
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	80
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	80
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	90
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	70

COMENTARIOS	
Indicador	<p>4 Deberían ser lo mismo. El residente de obra debería haber participado desde el diseño y tener todo claro. Si no, existe la consultoria para orientación.</p> <p>5 Lo puede manejar un consultor y dar las instrucciones claras a cada parte.</p>



Anexo 2.10: Resultados del experto N°10.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Ing. Civil	Supervisor de proyectos	15 años	Licenciatura	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. No, porque los estándares internacionales son más completos</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	80
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	90
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	60
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	90
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	80
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	80

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	90
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	70
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	90
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	90
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	90
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	70
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	100
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	70
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	70
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	90
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	90
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80



Anexo 2.11: Resultados del experto N°11.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Ing. Civil	Consultor, profesor de planta	11 años	Doctor	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? No</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. </p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	95
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	70
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	100
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	90
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	50

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	70
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	80
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	80
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	90
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	100
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	80
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	70
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	90
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80

COMENTARIOS

- Indicador 12** Todo el tiempo. Así como hay que controlar los tareas y el avance de productividad diario, hay que hacer control/monitoreo y mediciones diarias.
- 13** Estos se deberían reportar en informes semanales, quincenales o mensuales, según cronograma de obra.



Anexo 2.12: Resultados del experto N°12.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Ing. Civil	Profesor Principal. Consultor de proyectos.	25 años	Doctor. Maestría	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. No. El código es muy limitado, desactualizado y no es obligatorio.</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto	Quincenal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	100
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental	2 semanales	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	100
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	75
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	30 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	50

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	100
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	80
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados	100	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	80
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas	100	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas	100	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados	100	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	90
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas	100	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	70
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	100
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	100
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	85
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	85
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	85

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes	5 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos	5 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones	2 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones	Según especificacio	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100



Anexo 2.13: Resultados del experto N°13.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Arquitecto	Docencia-Proyectos e Innovación	14años	Maestría	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. No. Utilizo estandares mas exigentes</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto	Quincenal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	100
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	80
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental	2 reuniones semanales	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas	6-8 capacitaciones	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	80
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	90

8	Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	95
9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	80
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	80
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados	1	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	100
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas	0.98	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas	1	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados	1	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	60
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas	1	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	100
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	80
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	80
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	60
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	60
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100

	25 Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	100
Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes	5	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	60
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos	3	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones	2	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones	2	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80



Anexo 2.14: Resultados del experto N°14.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Ing. Civil	Supervisor de proyectos	13 años	Licenciatura	Privado
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. En el ámbito de mi trabajo, no pues no abordamos la actividad de construcción directamente</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	100
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	80
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	70
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	60

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	100
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	100
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	90
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	100
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	80
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	80
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	60
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	60
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	60

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100



Anexo 2.2: Resultados del experto N°15.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
ARQUITECTA	GERENTE DE PROYECTOS	15 AÑOS	MASTER	PRIVADO
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? Sí</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. Uso otros códigos ya que construyo para otros países</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	40
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	40
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	60
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	80
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	70

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	60
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	60
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	70
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	60
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	100
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	60
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	60
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	60
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	60
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	60
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	60
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	60
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	60
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	60

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	60
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	60
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	100
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	40



Anexo 2.16: Resultados del experto N°16.

Parte 1: Perfil del participante				
Profesión	Cargo	Años experiencia	Grado de estudios	Sector (público y/o privado)
Ingeniero Civil	Gerente de proyecto	30 años	Maestría	Público/Priv.
<p>a) ¿Cuál es su opinión acerca de la gestión de la sostenibilidad en los proyectos de edificación? Muy importante</p> <p>b) ¿Conoce el Código de construcción sostenible del Perú? No</p> <p>c) De conocer el Código de construcción sostenible del Perú, ¿lo utiliza? Explique. Sí, lo utilizaría</p> <p>d) ¿Cuándo se requiere que un proyecto sea sostenible, considera los parámetros de la certificación LEED o el Código de construcción sostenible del Perú? Certificación LEED</p>				

Parte 2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Importancia
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	80
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	100
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	80
	5 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental ejecutadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	6 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	100
	7 Coordinaciones entre el área de gestión ambiental y producción	Semanal	Frecuencia	Mayor frecuencia es mejor (max. 2 por semana)	100
	8 Tiempo requerido para las reuniones de coordinación	15 min	Tiempo en minutos	Mayor tiempo es mejor (máx. 45 min.)	100

9	Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	80
10	Porcentaje de monitoreos ambientales ejecutados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor (mín. 4 por año)	80
11	Porcentaje de inspecciones ambientales ejecutados respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones proyectadas}}$	Más es mejor (mín. 2 por semana)	80
12	Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	80
13	Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones programadas}}$	Más es mejor	80
14	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	100
15	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ auditorías programadas}}$	Más es mejor	80
16	N° de no conformidades reportadas en las inspecciones, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
17	N° de no conformidades reportadas en las auditorías internas, análisis de sus causas raíz y medidas correctivas	No aplica	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas correctivas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas correctivas requeridas}}$	Más es mejor	100
18	N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	80
19	Contaminación del aire (material particulado PM2.5)	No aplica	$ECA - AIRE, PM2.5 \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80
20	Contaminación del aire (material particulado PM10)	No aplica	$ECA - AIRE, PM10 \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Menos es mejor (máx. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80
21	Contaminación acústica (ruido diurno)	No aplica	$ECA - RUIDO DIURNO \leq 70 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 70 LAeqT)	80
22	Contaminación acústica (ruido nocturno)	No aplica	$ECA - RUIDO NOCTURNO \leq 60 \text{LAeqT}$	Menos es mejor (máx. 60 LAeqT)	100
23	Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80
24	Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80
25	Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80

Uso	26 N° de inspecciones de calidad de las componentes		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	100
	27 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	80
	28 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80
	29 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones		$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	80



ANEXO 03: RESULTADOS DE LA SEGUNDA RONDA DEL ESTUDIO DELPHI

Anexo 3.1: Resultados de la segunda ronda del método Delphi.

Indicadores de Desempeño de la Sostenibilidad en los Proyectos de Edificación del Perú					
Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Media
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto	Quincenal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	100
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	93
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	98
Construcción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental	2 veces a la semana	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	90
	5 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	98
	6 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	76
	7 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	89
	8 Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	88
	9 N° de monitoreos ambientales realizados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor	80
	10 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire/N° de monitoreos de aire programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor	88
	11 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / N° de monitoreos de ruido programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor	85
	12 Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio temporal	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	83
	13 Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90
	14 Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	90
	15 Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas	98%	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	83

	16	Porcentaje de medidas de mitigación ejecutados respecto a los programados	100%	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de mitigación ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de mitigación requeridas}}$	Más es mejor	97
	17	Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas	100%	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de auditorías programadas}}$	Más es mejor	82
Uso	18	N° de inspecciones de calidad de las instalaciones	5 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	92
	19	N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos	4 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	89
	20	N° mantenimientos preventivos de las instalaciones	2 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	88
	21	N° mantenimientos correctivos de las instalaciones	2 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	84



ANEXO 04: MODELOS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE SOSTENIBILIDAD DE LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN: FASES DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y USO.

Anexo 4.1: Indicadores de desempeño de sostenibilidad durante la fase de diseño.

Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Media
Diseño	1 N° de reuniones de planificación de la sostenibilidad del proyecto	Quincenal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	96
	2 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de diseño obtenidos}}{\text{Créditos de diseño deseados}}$	Más es mejor	90
	3 Compatibilización entre las áreas de diseño, producción y gestión ambiental	No aplica	Se compatibiliza o no se compatibiliza	Se compatibiliza es mejor	97



Anexo 4.2: Indicadores de desempeño de sostenibilidad durante la fase de construcción

Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Media
Cons-trucción	4 N° de reuniones entre el área de producción y gestión ambiental	2 veces a la semana	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de reuniones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de reuniones proyectadas}}$	Más es mejor	90
	5 N° de créditos para la sostenibilidad del proyecto	No aplica	$Id = \frac{\text{Créditos de construcción obtenidos}}{\text{Créditos de construcción deseados}}$	Más es mejor	94
	6 N° de reuniones de capacitación en gestión ambiental	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones proyectadas}}$	Más es mejor	81
	7 Participación del área de gestión ambiental en la reuniones de programación del LPS (Last Planner System) o de producción	Semanal	Participa o no participa	Participa es mejor	87
	8 Actualización del plan de gestión ambiental acorde a la actualización de la programación de producción	Semanal	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ act. plan de gest. amb. realizadas}}{N^{\circ} \text{ actualizaciones de producción}}$	Más frecuente es mejor	86
	9 N° de monitoreos ambientales realizados respecto a los programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor	80
	10 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de aire/N° de monitoreos de aire programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor	83
	11 N° de monitoreos realizados con resultados por debajo del LMP de ruido / N° de monitoreos de ruido programados	Trimestral	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos realizados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos proyectados}}$	Más es mejor	83
	12 Gestión de los residuos sólidos: Almacenamiento primario y puntos de acopio temporal	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	80
	13 Gestión de los residuos sólidos: Clasificación de los residuos de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	86
	14 Gestión de los residuos sólidos: Recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos	No aplica	Cumple o no cumple	Cumple es mejor	86
	15 Porcentaje de medidas de control ejecutadas respecto a las programadas	100%	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de control ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de control programadas}}$	Más es mejor	82
	16 Porcentaje de medidas de mitigación ejecutadas respecto a los programados	100%	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de mitigación ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de mitigación requeridas}}$	Más es mejor	93
	17 Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas	100%	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ medidas de auditorías ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ medidas de auditorías programadas}}$	Más es mejor	83

Anexo 4.3: Indicadores de desempeño de sostenibilidad durante la fase de uso.

Fase del proyecto	Indicadores	Mín. recom.	Métrica	Criterio	Media
Uso	18 N° de inspecciones de calidad de las instalaciones	5 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	89
	19 N° de inspecciones de funcionamiento de los equipos	4 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}}$	Más es mejor	87
	20 N° mantenimientos preventivos de las instalaciones	2 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	89
	21 N° mantenimientos correctivos de las instalaciones	2 por año	$Id = \frac{N^{\circ} \text{ mantenimientos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ mantenimientos programados}}$	Más es mejor	82

