

**Universidad de Costa Rica**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**Diseño de una herramienta para la valoración del aporte de medidas de  
diseño y de construcción sostenible en edificaciones en Costa Rica**

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

**Adrián Felipe Leiva Rivas**

Director de Proyecto de Graduación:

**Ing. Erick Mata Abdelnour, PhD.**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio



**Hoja de Aprobación**



Ing. Erick Mata Abdelnour, PhD.

Director



Ing. Allan Rojas Ramírez

Asesor



Ing. Carlos Manuel Castro Campos, M.Sc.

Asesor



Adrián Felipe Leiva Rivas

Estudiante

## **Derechos de autor**

Fecha: 2022, febrero, 24

El suscrito, **Adrián Felipe Leiva Rivas**, cédula 5-0400-0959, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné B23651, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **Diseño de una herramienta para la valoración del aporte de medidas de diseño y de construcción sostenible en edificaciones en Costa Rica**, bajo la dirección del Phd, Erick Mata Abdelnour, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

**Nota:** De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

**Dedicatoria**

A Dios por estar presente siempre en mi vida.

A mi familia por brindarme el apoyo necesario en todo momento.

A mí, por cumplir el objetivo.

## **Agradecimientos**

Agradecer a mis profesores y compañeros, por brindarme apoyo en todo este proceso. En especial a Roy, Diego, Fabricio, Marvin, Ariel, Wilmer, Jean Carlo y Eduardo por el compañerismo mostrado en estos años de carrera universitaria.

También, al equipo de baloncesto de la U, al entrenador Alexis Monge y a todos mis compañeros durante los años de competencia, por ser parte importante de este proceso. Hago mención especial a Mario, Pablo y Ramón, por ser compañeros deportivos incondicionales.

## Tabla de contenidos

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	1
1.1.1 Problema específico.....	1
1.1.2 Importancia .....	2
1.1.3 Antecedentes teóricos y prácticos del problema .....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Delimitación del problema.....	5
1.3.1 Alcance.....	5
1.3.2 Limitaciones.....	6
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO DE HIPÓTESIS.....	7
2.1 Desarrollo sostenible .....	7
2.2 Diseño sostenible .....	9
2.3 Construcción sostenible .....	10
2.4 Norma ISO 14001 .....	12
2.5 Huella Ambiental.....	14
2.6 Herramienta KoBotoolbox .....	14
CAPITULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A USAR.....	15
CAPITULO 4. DESARROLLO .....	18
4.1 Evaluación del estado del arte de construcción sostenible a nivel internacional.....	18
4.2 Evaluación del estado del arte de construcción sostenible a nivel nacional .....	28
4.2.1 Diseño.....	29
4.2.2 Construcción .....	45

4.3	Herramienta de contribución de las medidas de construcción sostenible en alto o bajo aporte	53
4.3.1	Selección de medidas en alto o bajo aporte por categoría	58
4.4	Autoevaluación en línea para los proyectos con el fin de valorar el nivel de contribución positiva al medio ambiente que están incorporando	70
4.4.1	Porcentaje asignado a cada categoría	70
4.4.2	Evaluación bidimensional de medidas de alto y bajo impacto	74
4.4.3	Encuesta en la herramienta KoBotoolbox	75
CAPITULO 5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
CAPITULO 6.	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	85

## **Índice de figuras**

Figura 1.	Ciclo de vida de una edificación	8
Figura 2.	Porcentaje de firmas constructoras por país, que realizaron más de 60% de sus proyectos con construcción sostenible en 2018 y proyección esperada para 2021	9
Figura 3.	Diagrama de flujo propuesto para la elaboración del Proyecto Final de Graduación	16
Figura 4.	Ladrillo de Agrocete	19
Figura 5.	Pared de tierra compactada	20
Figura 6.	Panel de pared de paja	21
Figura 7.	Lámina solar de Tesla	22
Figura 8.	Lámina solar Thermoslate	23
Figura 9.	Panel estructural con aislamiento	23
Figura 10.	Bark Siding	24
Figura 11.	Planta JET Residencial	32
Figura 12.	Comparación de datos del efluente en distintos sistemas	33

Figura 13. Ventilación convectiva.....	36
Figura 14. Ventilación para ahorro energético.....	37
Figura 15. Unidad de Ecoblock .....	40
Figura 16. Ejemplo de modulación con bloques de 80cm .....	41
Figura 17. Zacate Block en estacionamiento .....	42
Figura 18. Panel de roca.....	42
Figura 19. Portada de compendio de buenas prácticas de diseño y construcción sostenible en Microsoft Excel.....	69
Figura 20. Información inicial de encuesta en KoBotoolbox .....	76
Figura 21. Categoría "agua", subcategoría "dispositivos de ahorro de agua" .....	77
Figura 22. Ejemplo de cuadros desplegables donde se debe anotar lo solicitado .....	78
Figura 23. Evaluación del comité, selección "Si" .....	78
Figura 24. Evaluación del comité, selección "No".....	79
Figura 25. Impresión del documento.....	79
Figura 26. Pregunta en cuestionario de respuesta afirmativa o negativa.....	80
Figura 27. Puntaje final obtenido .....	80
Figura 28. Impresión del documento.....	81

## **Índice de cuadros**

Cuadro 1. Infraestructura sostenible en el mundo .....	25
Cuadro 2. Estrategias para iluminación natural .....	35
Cuadro 3. Criterios de selección de medidas en diseño sostenible.....	53
Cuadro 4. Criterios de selección de medidas para un proceso constructivo sostenible.....	55
Cuadro 5. Medidas a implementar en un diseño sostenible, clasificado en alto y bajo aporte	59

Cuadro 6. Medidas a implementar en un proceso de construcción sostenible, clasificado en alto y bajo aporte .....	62
Cuadro 7. Valor asignado por subcategoría en medidas de Diseño Sostenible .....	70
Cuadro 8. Valor asignado por subcategoría en medidas de Construcción Sostenible .....	72
Cuadro 9. Puntaje establecido respecto a las medidas a utilizar en un proyecto de infraestructura .....	74
Cuadro 10. Ejemplo de medidas de alto y bajo aporte en construcción sostenible .....	A-1
Cuadro 11. Ejemplo de porcentaje asignado por subcategoría en la categoría agua .....	A-3
Cuadro 12. Ejemplo de nota en una categoría .....	A-4

Leiva Rivas, Adrián Felipe

Diseño de una herramienta para la valoración del aporte de medidas de diseño y de construcción sostenible en edificaciones en Costa Rica

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José. C.R.:

A. Leiva R., 2022

ix, 90, [4]h; ils. col. 51 refs.

### **Resumen**

Se propone dotar al Comité Técnico del Programa Bandera Azul Ecológica (PBAE), Categoría 15, de una herramienta que les permita evaluar las buenas prácticas que pretendan implementar en un proyecto los interesados. Así como, brindar información al público en general, de distintas medidas que se pueden utilizar, para hacer de su proyecto más sostenible.

Esta investigación, de la evaluación del estado del arte en diseño y construcción sostenible, se basó en una lista extensa de proyectos que ya han incurrido en un esfuerzo por implementar medidas sostenibles en su diseño y construcción. También, se realizó búsqueda internacional y nacional por medio de documentos que están disponibles para acceso público.

El diseño de una programación web, de una encuesta en la herramienta KoBotoolbox, permite al interesado acceder a las medidas sostenibles recopiladas, así como, autoevaluar las que pretende usar en su proyecto. Esto mediante un análisis, según las medidas escogidas, y el peso que éstas tengan en el impacto sostenible, para brindar una nota final del proyecto en general. También, esta información, es recibida por el Comité Técnico, y es analizada según los criterios establecidos, y estos tienen la capacidad de aprobar o rechazar lo propuesto por el interesado.

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, DISEÑO SOSTENIBLE, PROGRAMA BANDERA AZUL ECOLÓGICA, AUTOEVALUACIÓN, KOBOTOOLBOX.

Ing. Erick Mata Abdelnour, PHD.

Escuela de Ingeniería Civil



## **CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Justificación**

#### ***1.1.1 Problema específico***

La infraestructura es uno de los principales factores del cambio climático, así lo demuestra Jones (2016) en su artículo para la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS). Este hace mención que los sistemas de infraestructura tienen una influencia directa sobre más del 90% de las emisiones de infecto invernadero que son producidos por la actividad humana. También, es necesario mencionar que la suma de los sectores constructivos de centrales eléctricas, edificios residenciales y edificios comerciales representa un 36,5% de las emisiones globales, es decir, más de un tercio de las emisiones totales.

Según la Revista CFIA edición 264 (2016), el Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción (CIVCO) del Instituto Tecnológico de Costa Rica, entre un 30% y un 40% del agua y electricidad que se consume en el mundo, corresponde al sector construcción. La revista también hace mención a que el consumo mundial de energía tuvo un aumento de un 186% entre los años 1973 y 2010. En este período, el consumo en la industria y construcción aumentó en un 157%.

Sin embargo, la construcción es fundamental para el desarrollo del país, tanto en infraestructura como en economía. Desde la construcción de obra pública como hospitales, carreteras, puentes, escuelas, entre otros, hasta las inversiones del sector privado. Estos generan encadenamientos y empleo, en consecuencia, bienestar y desarrollo al país. El Informe Económico (2020) de la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) menciona que el sector construcción representa cerca del 4,0% de la producción total del país según datos del Banco Central de Costa Rica (B.C.C.R) en el 2019. Aún con la reciente caída del sector, por la actual pandemia (Covid-19) que vive la humanidad y el país, en la más reciente Encuesta Continua de Empleo, elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), para el II Trimestre del 2020 se contabilizaron 104.892 trabajadores dedicados en el sector.

Analizando lo anterior, la construcción es fundamental para el progreso y economía del país, pero cuenta con un alto impacto ambiental. Es necesario mencionar que recientemente Costa Rica ha reafirmado su compromiso hacia el cumplimiento de los objetivos de la Agenda 2030

respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y del Acuerdo de París, en su lucha para limitar el aumento de la temperatura mundial a 1,5 °C con respecto a los niveles industriales, mediante el plan "*Descarbonicemos Costa Rica Compromiso País 2018-2050*". Por esto es necesario realizar una transición en la industria y analizar diferentes escenarios y opciones para bajar el impacto sobre las emisiones de efecto invernadero de esta industria fundamental.

### **1.1.2 Importancia**

Los efectos positivos en la sociedad del sector construcción, pero a la misma vez negativos para el ambiente, crean la necesidad de cambiar las políticas, prácticas y métodos de diseño y construcción para el beneficio de todos.

El concepto de construcción sostenible ha tomado relevancia en los últimos años como una alternativa en la reducción del impacto ambiental de un proyecto de infraestructura. Este se ha sustentado con investigaciones y aplicaciones que han prometido reflejar un cambio, sin embargo, este no ha sido reflejado en la escala deseada. Esto se puede deber a que el gremio no ha recibido estas medidas de la manera idónea, ya sea por una inversión inicial más alta o porque las generaciones actuales y emergentes de profesionales en la construcción han carecido de una educación académica que priorice los temas ambientales. Es precisamente esta una de las razones por lo que el cambio climático es un desafío tan grande en la actualidad, esta falta de planificación de infraestructura a largo plazo desarrollada a partir de un pensamiento sistémico ya establecido.

Un elemento preocupante en los proyectos de infraestructura, es que se pretende utilizar los mismos modelos y planteamientos que se ha venido usando a través del tiempo y que han provocado el estado actual, esperando resultados distintos. También, es muy importante considerar que las decisiones que se tomen en inversiones de obras de infraestructura en la actualidad, tendrán un impacto en el futuro.

Dentro de la importancia de una construcción sostenible se encuentra el reducir el consumo de agua o de energía, es por esto, que, en la etapa de diseño de la construcción, se puede generar el mayor impacto positivo. La ingeniera Ana Grettel Leandro, profesora en el Instituto Tecnológico de Costa Rica y experta en Administración de la Construcción, menciona para la Revista CFIA que:

En el caso de la construcción, la sostenibilidad en el desarrollo de proyectos se debe ver reflejada en cada una de las etapas del ciclo de vida de la obra, es decir en el planteamiento, diseño, ejecución, operación, mantenimiento y final de la vida útil, manteniendo estándares de calidad, promoviendo la productividad, el uso racional de los recursos naturales y energía y el respeto por la vida humana y el medio ambiente. (p. 66)

Es necesario reforzar este cambio que se menciona, de los diseños arquitectónicos, así como el proceso constructivo, para el bienestar del ambiente, el futuro del sector construcción y de las futuras generaciones que habitarán el mundo. Tener presente el concepto de las 4 "R" (reducir, reutilizar, reciclar y recuperar) es el punto de inicio adecuado para la metodología constructiva en su afán por lograr un proyecto más sostenible. Con esto, se busca que el sector no sea un generador de materiales contaminantes (Mora, 2016).

### ***1.1.3 Antecedentes teóricos y prácticos del problema***

#### *1.1.3.1 Antecedentes y aplicaciones en el mundo*

En el mundo se ha venido desarrollando la idea de una construcción sostenible bajo el concepto de "Green Building", con el objetivo de reducir o eliminar los impactos negativos que presenta la construcción a nivel ambiental e inclusive ahorrar dinero en energía. Nelson y Laquidara-Carr (2018) mencionan en su reportaje SmartMarket datos sobre algunos países líderes en este rubro en el mundo, donde incluyen países donde sus firmas constructoras realizan más del 60% de sus proyectos de manera sostenible. Para el año 2018, Australia, China (Hong Kong), Canadá, Irlanda, Noruega, Singapur, Emiratos Árabes Unidos y Estados Unidos de América reportaron el 30% o más de sus firmas constructoras que cumplían con el requisito descrito anteriormente. Algunos datos alentadores de este informe:

- Australia en el 2018 reportó que un 63% de sus firmas constructoras realiza más del 60% de sus proyectos con diseño y construcción sostenible, el más alto mundialmente en esa fecha.
- Brasil reportó un moderado 21% de sus firmas con altos porcentajes de construcción sostenible en el año 2018, sin embargo, proyectan que para el 2021 la cifra se convierta en 42%.

- Canadá contaba, en el 2018, con un 50% de la totalidad de sus firmas de diseño y construcción con más del 60% de sus proyectos como sostenibles.

También se menciona países sumados al esfuerzo de mejorar sus diseños y prácticas constructivas como China (Continental), Colombia, Alemania, India, México, Polonia, Arabia Saudita, Sudáfrica, España, Reino Unido y Vietnam.

Se han realizado esfuerzos para brindar certificaciones a las empresas comprometidas para realizar un proyecto sostenible. En el mundo se pueden mencionar algunas importantes como LEED (Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible) de Estados Unidos con más de 14,000 construcciones certificadas al rededor del mundo, BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) del Reino Unido, VERDE (Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios) en España, DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) en Alemania, entre otros.

#### *1.1.3.2 Antecedentes y aplicaciones en Costa Rica*

En Costa Rica, el tema de la construcción sostenible es algo relativamente nuevo sin embargo los edificios sostenibles ya son una realidad. Para el mes de julio del año 2017 en el país se registraban 49 proyectos con certificación LEED (Benavides, 2017). Esto es algo positivo, ya que, al encontrarse en el trópico, se está expuesto a todos eventos naturales que se están viendo alterados por el cambio climático, como lo son las sequías, inundaciones, huracanes, entre otros.

Es necesario mencionar que el país cuenta con el sistema de evaluación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies), con la norma RESET (Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico) y el Programa Bandera Azul Ecológica Categoría 15 Diseño y Construcción Sostenible (PBAE). También, se pueden mencionar instituciones y organismos involucrados en el desarrollo de la construcción sostenible como la Asociación para el Desarrollo Sostenible (ADESOS) la cual forma parte del Green Building Council de los Estados Unidos, el Green Building Council Costa Rica (GBCCR), la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), el Colegio de Ingenieros Civiles (CIC), y el Living Building Challenge Collaborative: Costa Rica (LBCCR).

Algunos ejemplos de edificios certificados son el Centro Corporativo el Tobogán (CCET) en San José que cuenta con una certificación LEED Gold, el Centro de Convenciones de Costa Rica en

Heredia que de la misma manera cuenta con una certificación LEED Gold, el Banco de Costa Rica en Nicoya cuenta con la certificación LEED Platino, el Hotel City Express en Heredia y el Ebais Escobal de Belén cuentan con certificación EDGE. Por su parte el PBAE cuenta con edificios galardonados con Bandera Azul como la Asamblea Legislativa, el Edificio de Fondos Inmobiliarios del Banco Nacional y el Santa Ana Country Club. Finalmente, edificaciones como BAC Sucursal Escazú y Oficinas Estudio Arquitectura Bruno Stagno cuentan con certificación de la Norma RESET.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo general***

Proponer una herramienta para evaluar la contribución que aportan las medidas de diseño o de construcción sostenible, que incorporan los proyectos en edificaciones en Costa Rica, por medio de una aplicación digital que esté disponible al público en general.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

1. Realizar una recopilación y evaluación del estado de la cuestión en diseño y construcción sostenible en Costa Rica y el mundo.
2. Diseñar una herramienta que permita determinar la contribución de las medidas incorporadas a un proyecto, en su etapa de diseño o de proceso de construcción y ubicarlas en una escala de alto o bajo aporte, según el Programa Bandera Azul de Costa Rica.
3. Diseñar una autoevaluación que permita a los proyectos ubicar sus medidas y valorar el nivel de contribución positiva al medio ambiente, que están incorporando en su diseño o proceso constructivo.
4. Diseñar una aplicación digital que permite integrar toda la información, de valoración de nivel de contribución de las medidas, en una interfaz web en el que cualquier persona pueda ingresar y evaluar su proyecto.

## **1.3 Delimitación del problema**

### ***1.3.1 Alcance***

Se realiza un compendio de información de buenas prácticas de diseño y construcción sostenible, para casas y edificaciones (comerciales, residenciales e industriales), en países del

mundo, enfocado específicamente en tres países líderes en la materia. Se revisará contenido bibliográfico disponible en la web, de tal forma que se pueda recopilar los métodos que se han implementado en estos países líderes en este método constructivo innovador y eficiente para el medio ambiente.

También, se realiza un compendio de información de buenas prácticas de diseño y construcción sostenible en Costa Rica, para casas y edificaciones comerciales, residenciales e industriales. Este está basado en la rúbrica que detalla el Programa Bandera Azul Ecológica (PBAE), es decir, en medidas de cumplimiento legal, medidas de racionamiento de agua, racionamiento de energía, gestión de residuos, materiales a utilizar y biodiversidad de la zona. Para darle una mayor robustez a este compendio, además de una búsqueda rigurosa de información en libros y páginas web, se realiza entrevistas a firmas de arquitectos y constructoras que hayan realizado este tipo de procedimientos en el país.

A las medidas y prácticas de diseño y construcción sostenible, recopiladas en un período de investigación, se les da una valoración respecto al impacto ambiental que genera cada una. Esta evaluación está sujeta a las categorías e indicaciones que menciona el PBAE. Del mismo modo, se diseña una herramienta de autoevaluación digital, en donde las empresas sean capaces de evaluar la contribución ambiental (alto o bajo) que generarán las prácticas y medidas que va a tomar en su respectivo proyecto, esto con respecto a los criterios del PBAE.

Toda la información, se incorpora en un sitio web el cual permite tener acceso a recursos, prácticas y técnicas que han ayudado a generar un menor impacto al ambiente en el diseño y construcción sostenible. Esta, permite a las empresas investigar sobre estos métodos constructivos y adoptarlos en sus proyectos, y al mismo tiempo realizarse una evaluación de sostenibilidad con el que contará dicho proyecto.

### ***1.3.2 Limitaciones***

En cuanto a las limitaciones del proceso investigativo del estado del arte de construcción sostenible en el mundo, este se limita a tres países líderes en el ámbito de sostenibilidad. Lo que respecta a este periodo de investigación a nivel nacional, solo se realiza respecto a métodos y prácticas de construcción sostenible de casas y edificaciones comerciales, residenciales e industriales. También, este proceso se limita a las categorías y subcategorías establecidas en el Programa Bandera Azul Ecológica de Costa Rica (cumplimiento legal, estrategias para el

ahorro de agua, estrategias para ahorro de energía, plan de gestión de los residuos, uso adecuado de los materiales, así como estrategias y dispositivos para prevenir impactos a la biodiversidad.

Se debe tener en cuenta que las entrevistas se realizaron respecto a la disponibilidad y disposición de las firmas de arquitectos y constructoras para brindar la información solicitada respecto a sus métodos e implementaciones en sus proyectos de infraestructura nacional, de otro modo, la investigación se limita a información existente y accesible en documentos públicos, así como en charlas y conferencias sobre el tema. También, las entrevistas se realizan virtuales, o presenciales, según se desarrollaron las directrices del Ministerio de Salud respecto a la pandemia de la Covid-19.

En lo que se refiere a un diseño web, lenguajes avanzados de programación sobrepasan el conocimiento de un estudiante de ingeniería civil. Sin embargo, se logra realizar una programación en la herramienta KoBotoolbox, la cual cuenta con todo lo esperado y requerido para la elaboración de la autoevaluación de un proyecto respecto a sus buenas prácticas sostenibles.

Este trabajo no toma en cuenta zona geográfica ni clima por sector, ya que, se enfoca en el impacto específico que pueda tener cada buena práctica sostenible en un proyecto, y no dependiendo de las condiciones específicas de este.

## **CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO DE HIPÓTESIS**

### **2.1 Desarrollo sostenible**

El desarrollo sostenible es aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades futuras generaciones. Intuitivamente una actividad sostenible es aquella que se puede mantener (Campos, 2016). En el área de infraestructura, las buenas prácticas de sostenibilidad, deben abarcar desde la etapa de diseño del edificio hasta la etapa de demolición del mismo. Es un ciclo que abarca también la fase de construcción y la fase de uso y conservación como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Ciclo de vida de una edificación

Fuente: (Ayuntamiento de Madrid, 2018)

El término de construcción sostenible hace referencia a temas ecológicos, sociales y económicos de una edificación en el contexto de su comunidad. En algunos lugares del mundo se le conoce a las edificaciones sostenibles como "Green Buildings", término que se define como edificaciones saludables diseñadas y construidas de manera recurso-eficiente, usando principios ecológicos (Kibert, 2013). En base a lo anterior, se puede mencionar que la solución se viene dando basada en un cambio en la tecnología, así como en un cambio de mentalidad por parte de los arquitectos e ingenieros que luchan por esta iniciativa y por la conservación del ambiente, así como la preservación de las obras de infraestructura que tan importantes son en el contexto económico y social. Este cambio se basa en reducir el consumo de recursos, reutilizarlos, reciclar materiales, proteger la naturaleza, eliminar desechos tóxicos, analizar el ciclo de vida de la estructura y enfocarse en la calidad.

Según datos de la ONU en el 2016, la industria de la construcción es responsable del 30% de emisiones de gases de efecto invernadero, 40% de consumo de energía, 12% de consumo de agua, 40% de generación de residuos y 10% de contratación de la mano de obra. Es por esto que se debe impulsar y mejorar el desarrollo inclusivo y sostenible, junto con innovación en la infraestructura. Alrededor del mundo, ya se han venido implementando estas prácticas. Nelson & Laquidara-Carr (2018) reflejan en su reporte de mercado, el porcentaje de firmas constructoras por país que implementa más del 60% de proyectos sostenibles, de su totalidad de proyectos ejecutados, en 2018 y con proyección a 2021 como se muestra en la Figura 2.

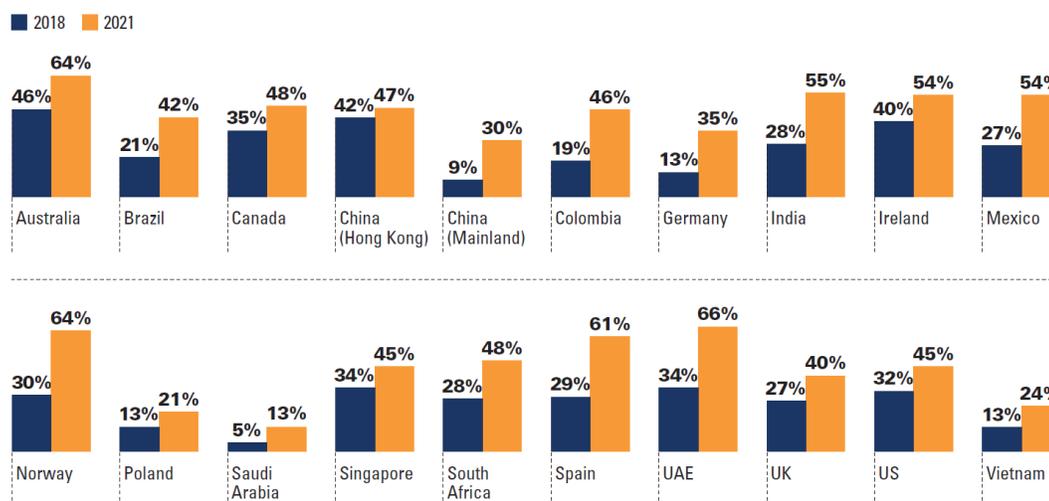


Figura 2. Porcentaje de firmas constructoras por país, que realizaron más de 60% de sus proyectos con construcción sostenible en 2018 y proyección esperada para 2021

Fuente: (Dodge Data & Analytics, 2018)

## 2.2 Diseño sostenible

Un proyecto de infraestructura sostenible, inicia en el diseño del mismo. Este debe de considerar la calidad de vida, calidad ambiental, salud humana, salud del edificio, eficiencia energética y costo. En especial, se debe enfocar en la reducción del consumo de energía y agua. Es por esto, que las características principales de un diseño sostenible radican en la adecuación de los edificios al medio ambiente y a las necesidades humanas, en el uso eficiente y racional de energía y en la obtención de confort ambiental a través del aprovechamiento optimizado de recursos renovables.

Una de las técnicas que es muy utilizada en el diseño sostenible es el diseño pasivo, este es un método utilizado en arquitectura con el fin edificios que logren su acondicionamiento ambiental mediante procedimientos naturales. Esto busca adecuar la colocación y diseño de la edificación para lograr aprovechar el sol y el viento y así lograr un estado de confort interior de forma natural, esto para reducir los artefactos artificiales como la calefacción o el aire acondicionado. Es decir, en verano se puede lograr una refrigeración solar pasiva y en invierno un calentamiento solar pasivo, disminuyendo de manera significativa el consumo de energía. Algunas medidas de diseño son el aislamiento térmico (minimización de las pérdidas de la envoltura de la edificación), la ventilación natural (control de flujos de aire), la masa térmica (incorporación de materiales con alta masa térmica para conservar el calor) y la orientación de manera que aumente las posibilidades de la captación solar y del potencial del viento (The

Green Studio, 2017). Además de todos los sistemas mencionados anteriormente, se puede optar por aparatos eléctricos que tengan alto rendimiento energético.

En el mundo se han venido desarrollando certificaciones para establecer una guía y un reconocimiento a aquellos proyectos que quieran cumplir con estándares de construcción sostenible. En el país, proyectos han recurrido a certificaciones como LEED y RESET, previamente descritas. Sin embargo, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), Acueductos y Alcantarillados (AyA) y el apoyo de las instituciones que conforma el Programa Bandera Azul Ecológica han implementado la Categoría XV de Construcción Sostenible que busca motivar estas iniciativas de arquitectura y construcción sostenible mediante el Manual de Procedimientos Bandera Azul Ecológica (PBAE) que busca contribuir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por la ONU y asumidos por Costa Rica. Este manual, establece para el diseño arquitectónico 5 parámetros de evaluación (Bandera Azul Ecológica, 2019):

1. Cumplimiento legal: compromiso que asume el participante de cumplir con toda la normativa vigente
2. Agua: valora las estrategias aplicadas al uso del agua en el diseño.
3. Energía: valora las estrategias aplicadas al uso de la electricidad desde el diseño.
4. Materiales: valora la incorporación de estrategias para reducir la cantidad de residuos y para optimizar el uso de materiales, así como utilización de materiales locales.
5. Biodiversidad: recurre a la incorporación de estrategias de diseño que contribuya con la biodiversidad de la zona.

### **2.3 Construcción sostenible**

Es importante realizar un diseño sostenible de un proyecto, debido al gran beneficio ambiental que esto genera, sin embargo, es de igual importancia, realizar un proceso constructivo sostenible del mismo. El concepto de Construcción Sostenible, según la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) está basado en el desarrollo de un modelo que permita a la construcción civil enfrentar y proponer soluciones, respetando siempre el medio donde se realiza, y teniendo especial cuidado con todos los elementos de la naturaleza. Sin renunciar a las soluciones tecnológicas y a la creación de edificaciones que atiendan a las necesidades de

sus usuarios. Este concepto abarca lo que es el diseño sostenible del proyecto, así como, un proceso constructivo sostenible.

El entorno donde se escoge realizar el proyecto es fundamental para el abastecimiento de agua y energía, así como el depósito de residuos generados en el proceso constructivos y actividades de las personas involucradas. La edificación debe ser planificada adecuadamente teniendo en cuenta la zona bioclimática, la ejecución de proyectos, los procesos constructivos y los materiales utilizados en la construcción.

El movimiento de tierras se debe tratar de disminuir al máximo, acoplarse al espacio donde se encuentra y a la topografía del terreno para impactar en menor medida la conformación del suelo original. Evitar la sustitución de tierras, esto ayuda a conservar la conformación natural del terreno, reduce la utilización de maquinaria ruidosa y contaminante, y evita la alteración de las aguas subterráneas que pueden ver afectado su ciclo natural.

Otra práctica fundamental en la construcción de este tipo es utilizar grifería y accesorios de menos consumo de agua, aprovechar el agua de lluvia, instalar sistemas eficientes de riego de jardines con agua reutilizada preferiblemente y contar con sistema de detección de fugas, medición y control. Utilizando sistemas de ducha, lavatorio, fregadero cocina, orinal, inodoro y pila ropa con estrategias de ahorro en las viviendas se puede llegar a ahorrar hasta un 40% del consumo de agua en lavatorios, 50% en los grifos de ducha y 40% en los inodoros (Cámara Costarricense de la Construcción, 2016).

El buen manejo y reúso de aguas grises (aguas residuales provenientes de bañeras, duchas, fregaderos, pilas de limpieza y máquinas de lavar ropa) así como un diseño adecuado del sistema de evacuación pluvial, que permita la escorrentía de las aguas con el fin de evitar acumulación y erosión son fundamentales en una construcción, especialmente en zonas urbanas. Esto se debe a que los proyectos de infraestructura vienen a impermeabilizar los terrenos con sus calles, techos, estacionamientos y otras superficies impermeables, lo que provoca una transformación de la precipitación en escorrentía. Un tratamiento para estas aguas es imperativo por su cantidad de suciedad y gérmenes que almacenan al atravesar los drenajes de la ciudad hasta su desfogue en un cuerpo de agua superficial.

Una de las medidas más importantes que se debe realizar en un proceso de construcción sostenible es la reducción de los desechos de construcción. Lamentablemente, el manejo

informal de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) predomina en el país. La CCC recibe quejas constantemente por el lanzamiento de estos residuos a ríos y lotes baldíos, esto descarta por completo la posibilidad de reutilizarlos, reciclarlos o bien co-procesarlos y generar energía a partir de ellos. Además, aunque la mayoría del material utilizado es inerte, puede haber un porcentaje de este que sea peligroso para la salud humana y el medio ambiente (Cámara Costarricense de la Construcción, 2016).

Finalmente, el país se suma a los esfuerzos de contribuir con estos métodos y prácticas constructivas y las incluye en el PBAE. Este manual, establece para el proceso de construcción civil sostenible 6 parámetros de evaluación (Bandera Azul Ecológica, 2019):

1. Cumplimiento legal: compromiso que asume el participante de cumplir con toda la normativa vigente
2. Agua: incorporar estrategias o uso de dispositivos de ahorro de agua en los sistemas temporales que se emplean durante el proceso constructivo, así como la incorporación de estrategias y dispositivos para reducir la generación de aguas residuales.
3. Energía: incorporación de estrategias de ahorro de electricidad y ahorro de combustibles en el proceso constructivo.
4. Gestión de residuos: implementar plan de gestión, reducción y disposición final de los residuos del proyecto.
5. Materiales: incorporar estrategias para evitar la contaminación por el transporte de materiales y utilización de materiales locales en al menos un 50%.
6. Biodiversidad: optar por estrategias que prevengan impactos a la biodiversidad y diseños paisajísticos que incluya la biodiversidad de la zona.

#### **2.4 Norma ISO 14001**

Varias instituciones y organizaciones han puesto en marcha mecanismos para ayudar, o servir de guía, a los proyectos para hacer de su construcción más sostenible. Una de estas es la Norma ISO 14001. Esta norma es un Sistema de Gestión Ambiental, el cual brinda una guía ambiental a las organizaciones para proteger el medio ambiente, así como actuar antes las condiciones ambientales cambiantes, guardando el equilibrio con las necesidades socioeconómicas (Gestión Ambiental, 2015). Es decir, esta norma consigue que las empresas

tengan una guía y requisitos para demostrar que son responsables y está comprometidas con la conservación del medio ambiente.

La norma se ajusta a los requisitos de ISO para todas las normas de Sistemas de Gestión ya que contiene todos los requisitos necesarios para realizar una evaluación de conformidad y se consigue a través de la gestión de riesgos medioambientales que puedan surgir con el desarrollo de la actividad empresarial que se practique.

El alcance de esta norma definida por el documento oficial indica que

*"esta norma internacional especifica todos los requisitos necesarios para establecer un Sistema de Gestión Ambiental en una organización, esto puede ser utilizado para mejorar su desempeño ambiental. La norma es utilizada por la organización para gestionar sus responsabilidades ambientales de forma sistemática que contribuya la sostenibilidad."*

Los resultados que se buscan en estos sistemas de Gestión Ambiental incluyen una mejora en el desempeño ambiental, cumplir con las obligaciones de cumplimiento y conseguir los objetivos ambientales. Esta es aplicable a cualquier empresa sin dependencia de su tamaño, el tipo o la naturaleza de sus actividades.

Como aspectos ambientales se define que la empresa debe determinar los aspectos ambientales, controlar las actividades, servicios o productos que puedan influir, conocer los impactos ambientales asociados y tener en cuenta el ciclo de vida.

Los objetivos ambientales de la empresa se deben establecer en las funciones y niveles pertinentes, incorporando todos los aspectos ambientales significativos de la organización. Estos tienen que ser coherentes, medibles, monitoreados, comunicados y actualizados.

A manera de resumen, la norma ISO 14001 brinda una ayuda para gestionar e identificar los riesgos ambientales que se pueden producir en una empresa en la realización de actividades propias de la misma. Con esto, se tiene en cuenta la prevención de riesgos, así como, la protección del medio ambiente, acorde a la normativa legal y las necesidades socioeconómicas que se requieren.

## **2.5 Huella Ambiental**

La huella ambiental está directamente relacionada con el impacto que un proyecto, en este caso de construcción, genera sobre el medio ambiente. Este es un análisis de potenciales impactos ambientales que se generan directa o indirectamente a lo largo del ciclo de vida de un producto u organización. Estos impactos ambientales se definen exactamente en 14 categorías (Agrelo, 2016).

Según Agrelo, estas 14 categorías son:

1. Cambio climático
2. Destrucción de la capa de ozono
3. Toxicidad humana con efectos cancerígenos
4. Toxicidad humana sin efectos cancerígenos
5. Partículas y aspectos respiratorios
6. Radiación ionizante
7. Formación de ozono fotoquímico
8. Acidificación
9. Eutrofización terrestre
10. Eutrofización acuática
11. Ecotoxicidad en medio acuático
12. Uso del suelo
13. Consumo de recursos – agua
14. Consumo de recursos – minerales y combustibles fósiles

## **2.6 Herramienta KoBotoolbox**

Para el desarrollo de la herramienta web utilizada en este proyecto, fue necesario el uso de KoBotoolbox. Esta es una herramienta que permite elaborar formularios y preguntas para recolectar información de manera gratuita y en línea en todo el mundo. Es amigable con el usuario y permite alcanzar cualquier persona interesada por medio de la web.

Esta permite realizar programaciones escalonadas, lo cual brinda la facilidad de analizar las respuestas emitidas por parte del usuario, y así con esto buscar un resultado y mostrarlo. Esto se realiza a partir de un análisis bidimensional de puntajes respecto a respuestas brindadas en

el formulario, y esta es capaz de calcular, acumular, sumar y mostrar la nota asignada en tiempo real. Esta herramienta es fundamental en un proceso de recolección y análisis de datos requeridos en un proyecto de esta naturaleza.

### **CAPITULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A USAR**

La metodología que se siguió para la elaboración del proyecto propuesto se muestra en la Figura 3.

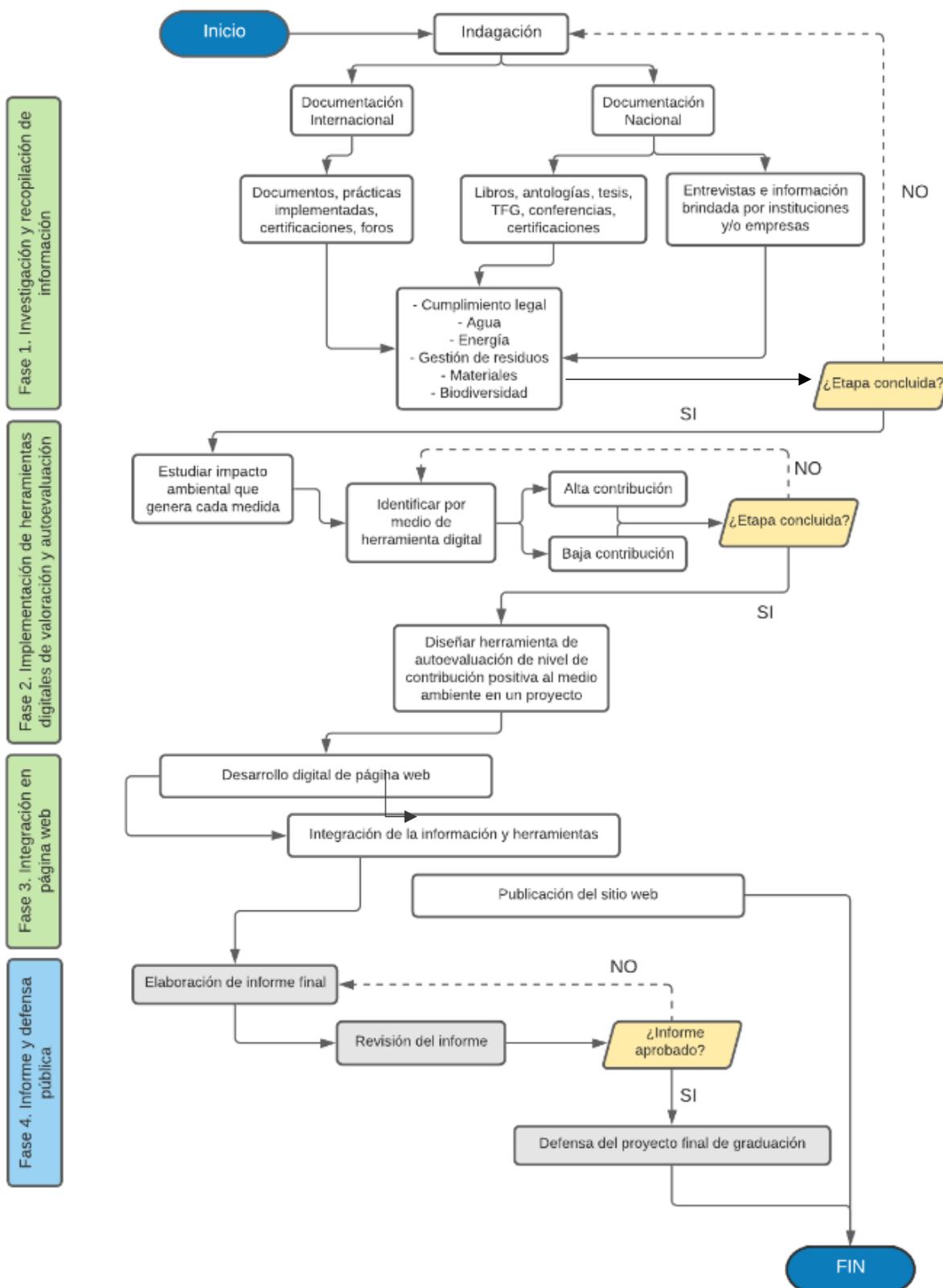


Figura 3. Diagrama de flujo propuesto para la elaboración del Proyecto Final de Graduación

### **Fase 1: Investigación y recopilación de información**

En esta fase del proyecto, se hace toda la recopilación teórica de diseños y buenas prácticas constructivas acorde a la sostenibilidad. Se realiza una búsqueda exhaustiva en documentos en línea, artículos escritos, conferencias de construcción sostenible, información con empresas constructoras, certificaciones de sostenibilidad ambiental con aplicación nacional e internacional, entrevistas a actores principales en este tipo de medidas, entre otros.

El proyecto se fundamenta en esta sección, donde se realiza una selección minuciosa de información adecuada. También, en este proceso se sigue los lineamientos y requerimientos del Manual Programa Bandera Azul Ecológica Costa Rica, Construcción Sostenible. Donde indica los parámetros obligatorios a cumplir: cumplimiento legal, agua, energía, gestión de residuos, materiales y biodiversidad.

### **Fase 2: Implementación de herramientas digitales de evaluación y contribución de las medidas de diseño y construcción**

En esta etapa del proyecto se organiza la información recopilada de buenas prácticas de diseño y construcción sostenible, se investiga y estudia la contribución que estas generan en un proyecto de infraestructura. Para esto se diseña e implementa una herramienta capaz de clasificar estas medidas y prácticas constructivas respecto al impacto que estas ocasionan en una edificación, ya sea en su diseño, proceso constructivo y operación. De la misma manera, se crea una interfaz de autoevaluación amigable con el usuario, donde se puede seleccionar las medidas a implementar en la etapa de diseño y construcción de un proyecto, y así poder valorar la contribución positiva al medio ambiente que están incorporando en los procesos de la obra.

### **Fase 3: Integración de información en página web**

Se procede a desarrollar un diseño de una página digital que incluye toda la información requerida para que cualquier usuario pueda ingresar y encontrar las prácticas de diseño y construcción sostenible, en una forma ordenada y clasificada para la facilidad de cualquier persona. La persona que ingrese tiene acceso a una guía de medidas y prácticas de diseño y construcción, las cuales se pueden seleccionar y se le indica si la medida que eligió va a tener una baja o alta contribución en el esfuerzo de su proyecto para lograr una sostenibilidad ambiental.

#### **Fase 4: Informe final y defensa pública**

Finalmente, se redacta un informe con los resultados obtenidos en el proceso del proyecto, los cuales evidencian cada etapa del proceso y su conclusión. Esto para que pueda servir de guía para todas aquellas empresas e individuos que quieran implementar medidas de diseño y construcción sostenible en sus proyectos. El proyecto culmina con la redacción del informe final, la elaboración del artículo técnico, la publicación de una página digital y la Defensa Pública del trabajo realizado.

### **CAPITULO 4.DESARROLLO**

#### **4.1 Evaluación del estado del arte de construcción sostenible a nivel internacional**

A nivel internacional se ha venido implementando en gran medida las energías limpias, diseño verde y construcción sostenible. Los países alrededor del mundo han realizado un esfuerzo grande por implementar este tipo de prácticas las cuales ayudan mucho a que el sector construcción reduzca su impacto en el ambiente, como hasta ahora lo ha hecho.

Tenemos países líderes en el tema, y otros que vienen haciendo un esfuerzo para impulsar también este tipo de mecanismos, se ha venido realizando un cambio y una concientización para el uso de construcción sostenible en su infraestructura. Se ha innovado con nuevos materiales y métodos constructivos con un menor impacto y generación de dióxido de carbono al ambiente.

En esta era moderna, se le ha dado un renacimiento a los materiales naturales como método constructivo en casas de habitación, entre los cuales se va a mencionar y explicar los siguientes:

- Agrocete

Este es un aglomerado de desperdicio de las actividades agrícolas, el cual es convertido en materiales de gran calidad y de carbono negativo que reemplaza la funcionalidad de los ladrillos comunes. Este sistema fue creado en la India y es muy prometedor para las alternativas en materiales de construcción, además de que reduce el costo y el tiempo de construcción. El fundador, Tarum Jami, sostiene que este material aumenta el aislamiento térmico en un 50%, además de que el producto cuenta con una resistencia equivalente a la de un ladrillo

convencional. Estos bloques cuentan con buena conductividad térmica, una reducida tendencia a la absorción del agua, captura toneladas de emisiones de carbono y tiene una vida útil de al menos 75 años.



Figura 4. Ladrillo de Agrocrete

Fuente: (Portal Ambiental, 2021)

- Tierra compactada (Rammed Earth)

Esta es una técnica para realizar fundaciones, pisos y paredes, la cual consta de materias primas como la tierra, tiza, limas y gravas comprimida en forma de bloques bien compactados. Este método se utilizaba en las primeras construcciones y ha vuelto en esta época de calentamiento global. Consta de tierra y un tipo de aglutinante acomodado y compactado en capas hasta formar una superficie duradera. Este material permite almacenar calor en el día y mantenerlo durante las tardes frías.



Figura 5. Pared de tierra compactada

Fuente: (Rise, 2019)

- Aislante de paja (Straw bale)

Esta es una técnica de construcción de paja, la cual es un buen almacenador de calor y es resistente al fuego según David Arkin, director de CASBA (California Straw Building Association). Esto se debe a que la paja es prensada y cubierta entre las paredes de la estructura, estas paredes no permiten el ingreso de oxígeno, lo cual impide que el fuego sobreviva. La paja es un derivado del zacate y es un material natural de bajo impacto de producción, ya que, este crece por la influencia de los rayos solares y crece fácilmente.

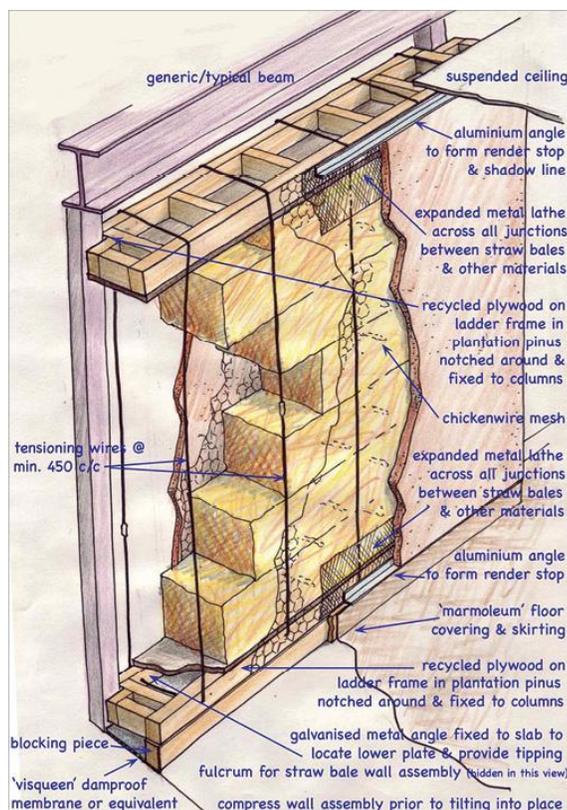


Figura 6. Panel de pared de paja

Fuente: (Downton, 2013)

- Bambú

La mejor alternativa para la madera, el bambú es una de las plantas que más rápido crece en el mundo. Es necesario resaltar que, aún con todas las propiedades positivas que cuenta el bambú, el traslado del material no debe ser muy grande, ya que con esto perdería sus aportes a la sostenibilidad. Esto aplica con todos los aspectos explicados en este trabajo, ya que hay que tener en cuenta en todo momento que la logística de transporte de cualquier material requiere un alto consumo de energía.

- Aislante de lana (Wool insulation)

Se puede comprar en rollos y funciona como aislamiento de fibra de vidrio. La lana tiene un 10% más de capacidad de absorber, retener y expulsar humedad y mantener sus propiedades térmicas. Esto significa que el lugar se va a mantener más fresco en el verano y más cálido en

el invierno. La lana en su forma natural es aislante de fuego, aislante de sonido, no es tóxico y biodegradable.

- Paneles solares de Tesla (Tesla Solar Tile)

Esta es una técnica de cubierta de techo hecha totalmente de paneles solares la cual brinda energía. Es fácil de instalar y puede reducir la factura de electricidad entre un 40-60% (TESLA, 2020). Las láminas cubren la totalidad de la estructura de techo y estas tienen dimensión de 114 cm x 38 cm.



Figura 7. Lámina solar de Tesla

Fuente: (TESLA, 2020)

- Thermoslate

Los paneles térmicos Thermoslate utilizan las propiedades de una pizarra natural, transformando la luz solar en energía para la producción de calefacción, agua caliente o para la climatización de piscinas (CupaPizarras, 2021). La compañía menciona que un sistema compuesto por 5 captadores Thermoslate genera potencia media de 4000w, potencia la cual cubre las necesidades energéticas de una vivienda de 4 a 5 personas.



Figura 8. Lámina solar Thermoslate

Fuente: (CupaPizarras, 2021)

- Paneles de aislamiento estructural (Structural insulation panels)

Estos son hechos con poliestireno expandido reciclado y de tablero de virutas orientadas las cuales tienen un rápido crecimiento. Es un aislamiento que funciona de manera eficiente y ofrece un 60% de ahorro de energía (SIPA, 2020).



Figura 9. Panel estructural con aislamiento

Fuente: (SIPA, 2020)

- Revestimiento de corteza de árbol (Bark Siding)

Es un revestimiento de corteza de árbol el cual puede durar de 75 a 100 años sin una sola capa de pintura ni mantenimiento. Es duradero, estético, económico y sostenible.



Figura 10. Bark Siding

Recuperado de: Charles & Hudson, 2021

- Techos verdes (Green Roofs)

Estos techos están compuestos por una membrana impermeable, tierra fértil y plantas. Son estéticos, duraderos, eficientes energéticamente; ya que un estudio realizado por el National Research Council of Canada demuestra que en meses de verano, este sistema reduce la pérdida de aire fresco en un 70-90% (Canada National Research Council, 2019), bajando así la demanda de aire acondicionado; mejora la calidad del aire, reduce el sonido, retiene el agua.

- Vidrio inteligente (Smart glass)

Es una tecnología que consiste en que el vidrio se vuelve translucido en los meses de verano para bloquear ciertas longitudes de onda de los rayos de sol, y transparente en el invierno para permitir la entrada de rayos solares. También existe el Ravenwindow y el Halio.

- Contenedores

Usar contenedores es de gran ayuda para el ambiente, ya que estos usualmente son desechados luego de 20 años de uso en el negocio del transporte de carga. Estos son hechos de aluminio o acero, son duraderos y no requieren de gran inversión.

- Ferrock

Es un material relativamente nuevo el cual usa materiales reciclados como el polvo del acero o cierto tipo de roca industrial y se forma en un material parecido al concreto, y más duro. Se puede utilizar para garajes, escaleras o caminos.

- Timbercrete

Este es un material que es hecho de una mezcla de aserrín y concreto. Sin embargo, este es más liviano que el concreto y además reduce las emisiones al transportar el mismo. Puede ser amoldado a formas tradicionales del concreto como bloques, ladrillos y adoquines.

- Grasscrete

Es un método de chorreado de concreto en caminos, carreteras y aceras de tal manera que hay un patrón de espacios abiertos que permiten el zacate o cualquier tipo de vegetación crecer. Esto permite, además de reducir el uso del concreto, una alta tasa de absorción y drenaje de agua.

De forma más general, podemos observar grandes edificios que cumplen con su función de reducir la huella de carbono que dejamos en el planeta. A continuación, se detalla una lista de diez proyectos los cuales han impactado el mundo por su eficiencia energética y su diseño sostenible.

Cuadro 1. Infraestructura sostenible en el mundo

Nombre del proyecto	Lugar del proyecto	Información del proyecto
Pixel Building	Melbourne, Australia	Es un colorido oficentro inaugurado en el año 2010, es un edificio carbono neutral. Entre sus principales características se puede recalcar

		que el techo captura el agua de lluvia y esta es reutilizada.
One Central Park	Sydney, Australia	Edificio residencial inaugurado en el 2014 el cual lo distingue una fachada de plantas y flores que cuenta con más de 200 especies nativas de Australia.
Museum of Tomorrow	Rio de Janeiro, Brasil	Abierto desde el 2015, este museo es muy atractivo por su diseño esquelético. Cuenta con paneles solares y un sistema de bombeo que recoge agua fría del fondo de la Bahía de Guanabara para el uso de su sistema de aire acondicionado.
Vancouver Convention Centre West	Vancouver, Canadá	Este centro de convenciones entró en operaciones el año 2009. Cuenta con una característica única, ya que, se le instalaron colmenas de abejas en el techo para que polinicen las plantas y las hierbas que hay en toda la cubierta. Este sistema de techo verde ayuda a reducir el calor en el verano y retenerlo en el invierno. También, la cubierta tiene un diseño de pendiente el cual ayuda al drenaje del agua y a la distribución de semillas.

Sahangai Tower	Shanghai, China	Un segundo cerramiento transparente rodea todo el edificio y crea una protección de aire capturado que sirve como ventilación natural, reduciendo así el costo energético del proyecto. Además, 270 turbinas de viento incorporadas en la fachada le dan energía a las luces exteriores de este edificio residencial y comercial inaugurado en el 2015.
CopenHill	Copenhagen, Dinamarca	Este centro deportivo es a la vez una planta de energía y fue construida en el año 2017. Este edificio convierte alrededor de 440 000 toneladas de desperdicio en electricidad, la cual brinda energía a más de 150 000 hogares cercanos según CNN.
Marco Polo Tower	Hamburg, Alemania	Edificio residencial construido en el 2010, en el cual cada piso superior está girado unos cuantos grados respecto al nivel inferior, esto permite que las fachadas protejan a los residentes del sol directo y evita la necesidad de aire acondicionado.

Bosco Verticale	Milan, Italia	Este edificio residencial cuenta con espacio designado para planta y hasta árboles en toda su estructura, esto ayuda a mejorar la calidad del aire y la vista de la ciudad. Inaugurado en el 2014.
Suzlon One Earth	Pune, India	Oficentro que no necesita energía externa. El campus genera su propia energía, 80% energía eólica y 20% energía solar. Este centro de oficinas fue inaugurado en el año 2009.
ACROS Fukuoka Prefectural International Hall	Fukuoka, Japón	Este edificio utiliza una técnica parecida a los Jardines Colgantes de Babilonia, ya que cuenta con una serie de 15 terrazas con jardín la cuales alcanzan los 30 metros de altura. Este impresionante edificio está construido desde 1995,

#### **4.2 Evaluación del estado del arte de construcción sostenible a nivel nacional**

El Programa Bandera Azul Ecológica divide en dos grandes categorías la sostenibilidad de una edificación, ya que esta debe comprender un diseño sostenible, así como un proceso constructivo sostenible. Además, estos se subdividen en categorías en las cuales los proyectos deben enfocar sus esfuerzos si su finalidad es cumplir con un grado de sostenibilidad. Este informe se fundamenta en estos requisitos establecidos por el PBAE.

## **4.2.1 Diseño**

### **4.2.1.1 Agua**

- Uso residencial de inodoros de alta eficiencia

El estándar de consumo de un sanitario es de 6 litros por descarga, con sanitarios de alta eficiencia se logra llegar a utilizar 4.8 litros por descarga, lo que equivale a un 20% de ahorro, tecnología registrada a la fecha del presente documento. Estos datos son revelados y autenticados por la EPA (Environmental Protection Agency) con su certificación WATERSENSE.

- Duchas de consumo eficiente

Las duchas estándar descargan 9.5 litros por minuto, mientras que una ducha de alta eficiencia no debería descargar más de 7.6 litros por minuto.

- Lavamanos eficiente

Los lavamanos utilizan un flujo de 8.3 litros por minuto, lo que se puede mejorar a utilizar un máximo de 5.7 litros por minuto.

- Orinales eficientes

Los orinales no deberían sobrepasar los 1.9 litros por descarga para demostrar un comportamiento sostenible. Los orinales normales descargan 5.7 litros por descarga.

- Orinales sin agua

Este tipo de orinal es el óptimo para cualquier proyecto ya que presentan cero consumos de agua.

- Inodoros de compost

Este tipo de inodoros no utiliza agua, ya que estos procesan los residuos orgánicos con procesos microbiológicos. Es necesario mencionar que no es adecuada su instalación en edificios de gran altura.

- Uso de aireadores y sensores de movimiento

Esta técnica consiste en colocar un aireador en un grifo, lo cual puede suponer un ahorro de agua significativo, ya que esta mezcla aire con el agua por efecto de la presión, esto produce

un chorro de agua con una presión de agua considerable. Aparenta haber mucha más agua de la que realmente hay.

Los sensores de movimiento son una buena técnica de ahorro ya que permite la interrupción del chorro cuando no se está cerca del sensor.

- Utilización de las aguas pluviales

La recolección de aguas pluviales para la utilización de esta en los sistemas de inodoros, jardín y otros usos es de las técnicas más eficientes en un sistema de sostenibilidad. Con sistemas de captación colocados en las partes altas de la estructura, se aprovecha la gravedad para su distribución.

- Reutilización de aguas grises

El agua tratada es un recurso con múltiples beneficios y es una estrategia fundamental en el diseño y funcionamiento de los edificios verdes.

Las aguas grises se pueden almacenar y utilizar posteriormente, mediante los tratamientos adecuados. Las aguas grises tienen su origen en bañeras, duchas, lavamanos, fregaderos y lavadoras (no incluyen agua potable, agua de fregaderos, de inodoros ni de orinales). En Costa Rica se puede utilizar un sistema tipo Hydraloop o parecido.

Estas aguas se pueden utilizar en inodoros tras su reciclado, también para riego y lavado de los carros, bicicletas, motos u otros artefactos de la casa o edificio. De esta manera se crea un circuito cerrado de agua reutilizada el cual permite reducir el consumo de agua en la red general.

- Biojardineras

Estas también se conocen como humedales artificiales y consisten en sistemas naturales para el tratamiento, filtrado, proceso y reutilización de aguas grises o jabonosas (Vince Studio, 2020). Este sistema puede tratar los vertidos líquidos provenientes de varias casas de habitación, así como, proyectos de dimensiones mayores (comunidades, industrias y hoteles).

Consiste en desarrollar un sistema en el que interactúen componentes biológicos contenidos en las aguas residuales con los elementos de la jardinería como el agua, las raíces de plantas, la piedra y la tierra, ya que estos elementos ayudan al proceso de purificación del agua. Se

puede utilizar piedra tipo gavión como material filtrante en la entrada y la salida de la biojardinera, mientras que en el centro se puede utilizar la piedra cuarta. Es necesario tomar en cuenta que se debe impermeabilizar el fondo y las paredes de la excavación con láminas plásticas de al menos 0,7 mm de espesor.

Finalmente, luego del proceso, el agua no puede ser consumida por las personas. Sin embargo, esta puede ser utilizada para riego o simplemente para que se filtre de manera limpia a la tierra.

- PTAR

Una planta de tratamiento de aguas residuales es aquella que utiliza procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes presentes en el agua luego del uso humano. El origen de este sistema proviene del tanque séptico y de su principio de separar los sólidos y los líquidos.

De manera resumida, una planta busca separar los lodos, líquidos y grasas. Luego se degrada el contenido biológico del agua residual mediante un proceso aeróbico (con presencia de oxígeno). Finalmente se logra mejorar la calidad del efluente mediante filtración, lagunaje o desinfección, para luego tener un agua residual capaz de utilizarse en labores como riego o lavados de pertenencias.

- Tanque séptico mejorado

El tanque séptico mejorado es la combinación de la tecnología del tanque séptico sencillo más un Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA). Este sistema tiene como objetivo aumentar la eficiencia del tratamiento dado a la calidad del agua para disminuir aún más los contaminantes presentes y aumentar la vida útil de los drenajes (Fibromuebles, 2020).

- Biodigestor

Este es un tanque cerrado donde se producen reacciones anaeróbicas (en ausencia de aire) en el que se degrada la materia orgánica disuelta en un medio acuoso, como lo son las aguas residuales, para dar como resultado metano, dióxido de carbono, trazas de hidrógeno y ácido sulfúrico. Esto permite obtener, como resultado de la degradación de la materia orgánica, una buena remoción de la misma en las aguas que serán dispuestas hacia el drenaje respectivo, reduciendo el impacto en el ambiente (DURMAN, 2021).

- Planta JET Residencial

El sistema viene a sustituir el tanque séptico, mejorando el tratado de las aguas residuales y eliminando malos olores y lodos. Es un tanque de tres compartimientos en el cual microorganismos beneficiosos forman una biomasa que mejora la filtración y la degradación biológica.

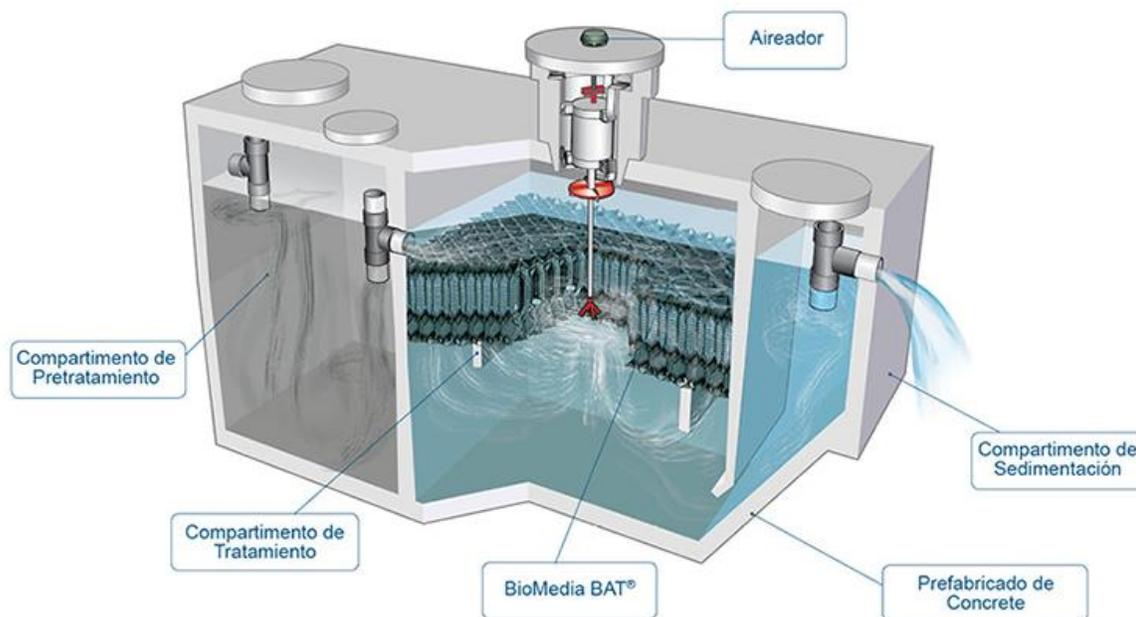


Figura 11. Planta JET Residencial

Fuente: (JET, 2021)

La empresa brinda un gráfico comparativo, como se muestra en la Figura 12, entre métodos comunes de tratamiento de aguas residuales en el cual se puede observar la mejoría de este sistema en favor de ambiente.



Figura 12. Comparación de datos del efluente en distintos sistemas

Fuente: (JET, 2021)

Donde:

- CBOD5 es una prueba de 5 días que evalúa la demanda bioquímica de oxígeno carbonácea.
- SS son los sólidos suspendidos, los cuales son partículas diminutas de materia orgánica e inorgánica en las aguas residuales de la planta.
- DO el cual es oxígeno disuelto. Este se refiere a la cantidad de oxígeno disuelto en las aguas residuales en ppm (partes por millón).

- Drenaje Francés

Este tipo de drenaje utiliza un resumidero y un tubo de desagüe enterrado con pequeños agujeros que permiten el drenaje el agua de lluvia hacia la tierra, de esta manera el suelo absorbe el agua y no el sistema de desagües, evitando así posibles colapsos del sistema de desagüe pluvial.

#### 4.2.1.2 Energía

Existen diferentes sistemas dentro de un edificio que deben ser abordados mediante estrategias de diseño pasivo para lograr objetivos de sostenibilidad ambiental, entre las cuales podemos mencionar:

- Clima y arquitectura

Cuando se va a realizar un diseño arquitectónico de una edificación, se debe de tomar en cuenta los datos históricos de clima para realizar un diseño adecuado. El tipo de sistema

constructivo que se vaya a aplicar va a ser directamente relacionado con el confort y el ahorro energético asociado a esta edificación. Por ejemplo, se deben tomar en cuenta parámetros como temperatura, radiación solar, asoleamiento, humedad y vientos predominantes.

- Diseño de la envolvente

La envolvente se compone por las cubiertas, las fachadas y los pisos, elementos los cuales genera la mediación entre el espacio interior y el clima exterior. Para esto debe prevalecer el principio de la aislación térmica para minimizar las pérdidas de calor por conducción. También, se debe sellar la envolvente al paso del aire, para evitar pérdidas de calor por infiltraciones. La aislación térmica de la envolvente se logra a través de la incorporación de un material aislante y de la especificación y la ubicación de las ventanas.

- Calentamiento pasivo

Son estrategias para aprovechar de forma pasiva los climas templados. De esta manera, se hacen viviendas o edificios que conserven calor dentro, para no tener que hacer uso de calentadores artificiales que generan altos costos energéticos. Para mantener un entorno cálido en condiciones externas de baja temperatura, es necesario plantear la estrategia bajo cuatro rubros principales: captar, conservar, almacenar y distribuir.

El principio se basa en que el sol atraviese las superficies vidriadas orientadas al norte. Este es absorbido en el interior, debido a la aislación térmica, masa térmica y ventanas de buena calidad. Esta estrategia es recomendable en zonas que presentan temperaturas bajas en el invierno. Si se realiza en lugares que permanecen calurosos en la mayor parte del año, el recinto va a tender a sobrecalentar. Para zonas calientes es mejor protecciones solares que permiten al rayo solar entrar y salir para evitar el calentamiento excesivo.

- Iluminación natural

El aprovechamiento de la luz natural puede generar una diferencia considerable en el manejo energético de la edificación.

Cuadro 2. Estrategias para iluminación natural

<b>Estrategias de iluminación natural</b>	<b>Desafíos</b>	<b>Factores a tomar en cuenta para la captación de luz natural</b>
Captar Transmitir Distribuir Proteger Controlar	Encontrar un equilibrio entre: Suministro de luz Pérdidas de calor Ventanas con vista al exterior Riesgo de sobrecalentamiento Privacidad del recinto	Cielos Época del año Momento del día El entorno físico del edificio Orientación de las aberturas Disposición de los elementos de captación

- Enfriamiento pasivo

Intercambiadores de calor geotérmicos: Son tubos enterrados que enfrían o calientan el aire utilizando la diferencia de temperatura existente entre la tierra y el ambiente. El enfriamiento o calentamiento depende de esta diferencia, ya que los tubos intercambiadores capturan o disipan el calor hacia la tierra, utilizando masa térmica de la tierra como un almacenador de calor. A solo 2 metros la temperatura será más alta que el ambiente en invierno y más baja en verano.

Ventilación cruzada: Es la forma más simple de ventilar, ya que, utiliza dos ventanas en fachadas opuestas, que, al abrirse simultáneamente generan movimientos de aire. El flujo arrastra el aire a mayor temperatura y lo reemplaza por uno a menor temperatura procedente del exterior. El enfriamiento se produce tanto por la diferencia de temperatura, como por la sensación de refrescamiento que produce el aire en movimiento. Para que este tipo de ventilación funcione, la distancia de una ventana a otra debe ser como máximo cinco veces la altura de piso a cielo, sin exceder los 15 metros.

Ventilación convectiva: a medida que el aire se calienta es menos denso y sube; el aire que sube es eliminado por medio de ventanas en la parte superior de la estructura, y reemplazado por aire que ingresa a menor temperatura del exterior. El aire del exterior debe estar a menor

temperatura que el del interior del edificio (al menos  $1,7^{\circ}\text{C}$ ). De esta manera se disminuye la condensación, la humedad y la contaminación que se pueda provocar en el ambiente, importante en esta época que ha sido marcada por el virus de la Covid-19.

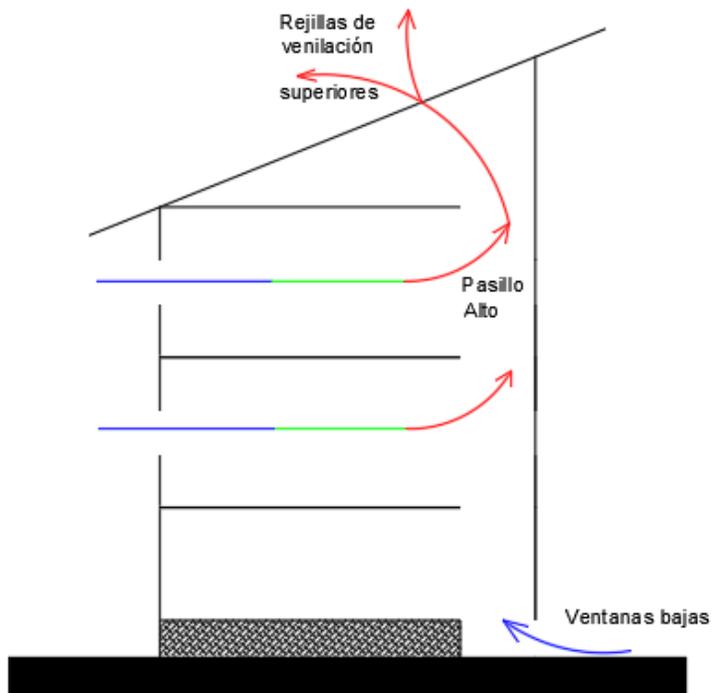


Figura 13. Ventilación convectiva

Un sistema parecido se utiliza en el nuevo edificio de la Asamblea Legislativa de Costa Rica, el cual incorpora este tipo de sistema de ventilación en el cual aseguran que establece un 25-30% de ahorro en el consumo energético A/C (Salinas, 2016).

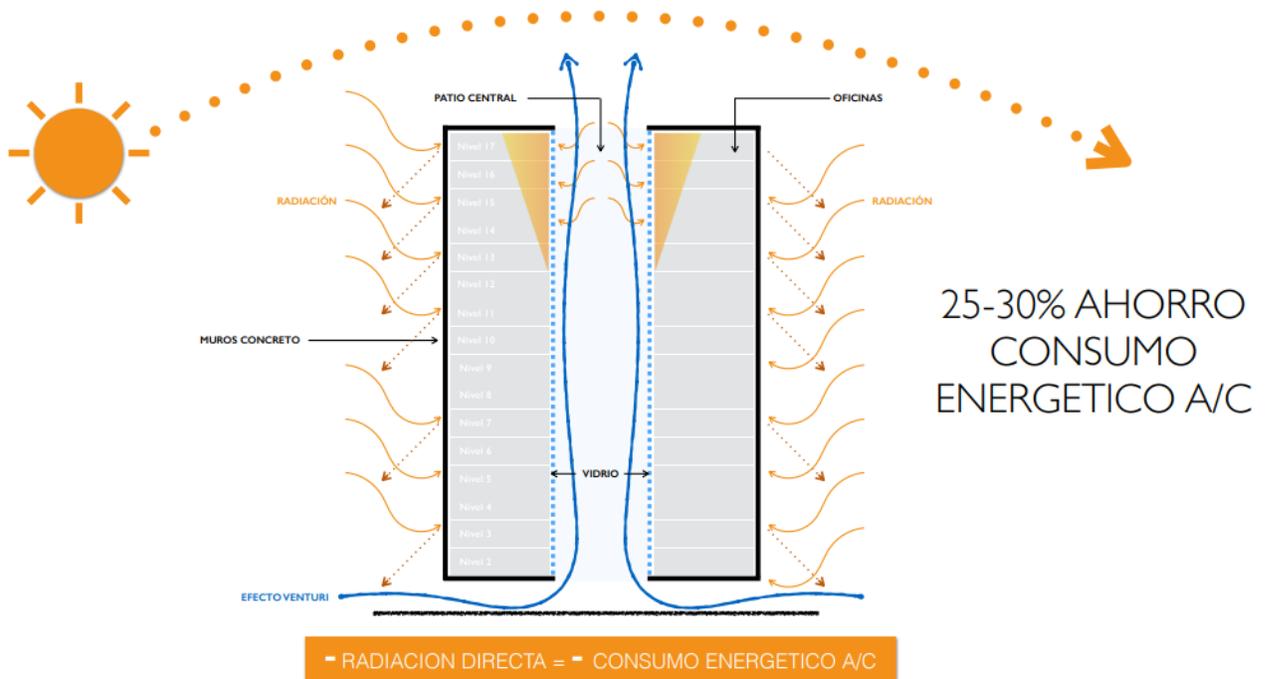


Figura 14. Ventilación para ahorro energético

Fuente: (Salinas, 2016)

Ventilación nocturna de masa térmica: Busca enfriar el interior de los edificios a través de la ventilación natural durante la noche, y de esta manera evitar el sobrecalentamiento en el día. Esto se logra adicionando masa térmica a través de materiales macizos, como el concreto, que moderan la temperatura del aire. La masa debe estar expuesta al paso del aire, por lo que no debe recubrirse con materiales aislantes.

- Tablas de Mahoney

Es un método de diseño bioclimático elaborado por Carl Mahoney para el diseño del hábitat. Este método tiene como objetivo comparar los datos climáticos con un límite de confort establecido para un lugar en específico y permiten evaluar las condiciones climáticas para tener referencia del tipo de recurso bioclimático a utilizar. En las tablas se realiza un estudio dividido en cuatro etapas. Primeramente un análisis de datos meteorológicos mensuales, luego una comparación de los datos climatológicos contra valores de límites o zonas de confort, una identificación de indicadores y por último la definición de recomendaciones para el diseño arquitectónico (Navarro, 2013).

- Luces LED

Las luces LED es un gran aliado del medio ambiente y del ahorro energético, ya que esta luminaria es eficiente y presenta un bajo consumo de energía, además, tiene poca emisión de calor. La vida útil de los les puede oscilar entre las 20 mil y 50 mil horas de vida, mientras que la de una bombilla halógena ronda las 2 mil horas.

Una bombilla convencional que se vende en distintos comercios, cuenta con una potencia de 100 Watts por hora, lo que equivale a un consumo mensual aproximado de 15 kw. Mientras tanto un bombillo LED se encuentra con una potencia de 7 Watts por hora, lo que equivale a un consumo mensual aproximado de 1,05 kw (para estos cálculos se estima un uso diario de 10 horas).

- Paneles solares

Los paneles solares, son ampliamente mencionados anteriormente en este trabajo, y para este apartado no son la excepción, ya que, en Costa Rica se ha vuelto un sistema muy implementado en hogares y edificios para la obtención de energía por medio de los rayos solares.

- Sistema de presión constante

Los sistemas de presión constante son equipos compuestos por dos o más bombas, un tablero de control y al menos un tanque hidroneumático. Se comercializan pre ensamblados y calibrados listos para su instalación. Su principal función es suministrar presión en toda la instalación sin importar el número de servicios en uso (EVANS, 2020), esto permite su uso en edificios residenciales, hoteles, hospitales o plantas industriales.

Este sistema acelera y desacelera acorde, según sea el porcentaje de utilización de la red hidráulica. Es decir, cuando se inicia el consumo de agua la caída de la presión en la red es detectada por un sensor de presión. El sistema enciende una de las bombas haciendo variar su velocidad hasta desarrollar la presión necesaria para mantener una presión uniforme en todo momento. Si es requerido, las demás bombas se encienden, haciendo variar su velocidad una por una hasta que un grupo logran compensar la caída de presión. Esta capacidad de operación en velocidad variable genera un ahorro considerable en el consumo de energía del equipo, el cual según la marca Evans, puede llegar a generar ahorros en el costo de operación de hasta un 50% comparado con los equipos de presión convencionales.

- Climatización del tipo Volumen Variable

La climatización del tipo Volumen Variable envía el aire primario a una temperatura constante y varía el flujo o volumen de aire para mantener la temperatura del espacio requerida a las condiciones de carga (Nieto, 2011). Este mecanismo que varía el volumen de los fluidos en coordinación unos con otros, ayuda a maximizar el sistema, lo cual refleja ahorros de manera significativa en los sistemas de aire acondicionado.

- Domo Solatube

Solatube funciona como un tragaluz tubular que capta, transfiere y difunde la luz solar de manera uniforme al interior del espacio asignado (Everlux, 2021). Este sistema sustituye una lámpara de luz eléctrica, no requiere mantenimiento, es 100% hermético, filtra rayos UV, no transfiere calor y ahorra energía.

- Aire acondicionado VRF de alta eficiencia

El mayor ahorro del sistema VRF (Variable Refrigerant Flow) proviene de su alta eficiencia a cargas parciales, del uso de la diversidad de horarios, de la ocupación, de las cargas solares y de las condiciones de los diferentes espacios acondicionados que conforman el sistema según HVACR, proveedor de este sistema.

- Calentadores solares de agua

Los calentadores de agua cumplen la función de mantener el agua caliente disponible en cualquier momento del día o noche. Sin embargo, este se caracteriza por utilizar energía solar, es decir, energía limpia para el proceso de calentamiento y puede ser utilizado en casas, hoteles, industrias, entre otros.

#### *4.2.1.3 Materiales*

Es necesario mencionar que para que un material pueda ser considerado sostenible debe tener un origen natural y su obtención debe requerir el mínimo tratamiento industrial, para lograr así eliminar procesos contaminantes.

- Madera

La madera es capaz de eliminar una gran cantidad de CO<sub>2</sub> durante su ciclo de vida, lo que la hace un material con un impacto ambiental muy bajo en su producción. También es necesario

destacar su capacidad aislante, brinda una frescura notoria lo que conlleva a ahorrar en calefacción y aire acondicionado. Sin embargo, siempre es necesario constatar que la madera utilizada viene de una tala responsable, lo que quiere decir, que la empresa encargada de comercializar la madera, es responsable de plantar nuevos árboles de manera constante.

- Barro cocido

La arcilla que compone el barro cocido es calentada a menos de 950°C (Arquitectura Sostenible, 2019) y es tratada de manera natural. El bloque de barro conserva las características de la tierra como lo son la capacidad de aislamiento y la capacidad para absorber la humedad atmosférica. Este material se utiliza para la realización de tejas, bloques, losas, revestimientos, muros, fachadas, ladrillos, entre otros. Sin embargo, en Costa Rica lo más usual es observarlo en las tejas.

- Ecoblock

Es un nuevo tipo de block de concreto estructural producido con partículas de plástico regenerado mezclados con arena y cemento, de lo cual resulta un elemento de alta resistencia y durabilidad.

Estos bloques amigables con el ambiente son sismo y fuego resistentes. Otro dato interesante es que una casa de 60m<sup>2</sup> consume aproximadamente 545 kg de plástico reciclado según la ficha técnica del producto (PEDREGAL, 2020).



Figura 15. Unidad de Ecoblock

Fuente: (PEDREGAL, 2020)

- Mampostería modular

Esta es una técnica de construcción amigable con el ambiente, ya que, presenta un ahorro significativo en el consumo de cemento, mezclas y morteros, contribuyendo así a reducir emisiones de CO<sub>2</sub>. También, reduce el uso de formaleta y los desechos de construcción, esto debido a que es una mampostería rápida y fácil de construir según Pedregal, 2020. De igual manera, permite un ahorro en energía ya que las celdas vacías de los bloques brindan aislamiento térmico.

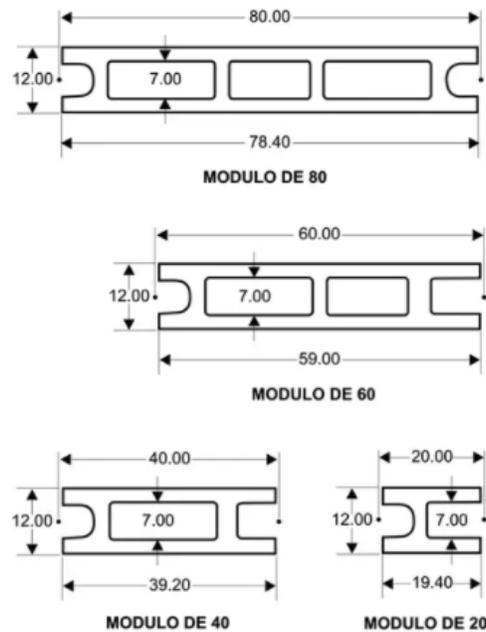


Figura 16. Ejemplo de modulación con bloques de 80cm

Fuente: (PEDREGAL, 2020)

- Zacate Block

El Zacate Block tiene distintos usos, entre ellos jardines, accesos, estacionamientos de vehículos y estabilización de taludes. Lo positivo de este sistema, es la capacidad que tienen para rellenar con zacate o piedras sus espacios por diseño. Esto permite el drenaje del agua hacia las subcapas del suelo, lo cual ayuda a disminuir la escorrentía superficial de cualquier proyecto.



Figura 17. Zacate Block en estacionamiento

Fuente: (Pedregal, 2020)

- Paneles de piedra

Los paneles de piedra son utilizados en interiores y exteriores. Este sistema nace del ensamble en paneles de piedras de distintos tamaños y formas, las cuales son naturales y vienen a dar un impacto positivo a la sostenibilidad del medio ambiente. Ya que, al utilizarse rocas de bajo tamaño, el aprovechamiento de la misma se optimiza al máximo.



Figura 18. Panel de roca

Fuente: (Arquitectura Sostenible, 2021)

#### 4.2.1.4 Biodiversidad

En el ámbito de la biodiversidad, es importante tener claro el entorno en el cual se va a diseñar y realizar un proyecto. Es necesario tener en cuenta la flora y fauna que va a rodear el mismo,

para así poder establecer medidas que puedan proteger la naturaleza viva que rodea el inmueble.

La selección de flora que acompañe el proyecto es de fundamental importancia en la sostenibilidad del mismo. Las plantas nativas y las plantas que se adapten al clima de origen donde se va a realizar la obra, sobreviven aún sin acceso constante al recurso del agua ya que estas se adaptan a las precipitaciones regionales. Asimismo, requieren menos fertilizantes, cuentan con una mayor resistencia a las posibles enfermedades de la zona y requieren menor mantenimiento.

Proteger los cuerpos de agua cercanos, así como los pasos de fauna también es de suma importancia en un diseño de infraestructura. Algunas técnicas que se pueden implementar se describen a continuación.

- La técnica del Xerojardín

Una de las principales reglas de esta técnica es no utilizar césped, ya que estas requieren un consumo muy alto de agua para su manutención, este consumo va a variar dependiendo del tipo de césped a utilizar, sin embargo, ronda los 7 a 10 litros de agua por metro cuadrado al día (Rizzardini, 2021). Por lo que esta técnica se enfoca en usar plantas nativas del lugar que requieran poca agua para su desarrollo. De este modo, se deben agrupar las plantas que han sido escogidas, con las mismas necesidades de iluminación y de agua.

- Mulching

El mulching consiste en crear una capa vegetal para evitar el crecimiento de malezas, conservar la humedad del suelo favoreciendo el crecimiento de las plantas, colaborar con la limpieza de frutos y de flores, así como mejorar la estética del paisaje. A esta capa se le puede agregar grava de distintos tamaños o plásticos como el poliestireno expandido. Esto también aporta minerales esenciales para el crecimiento de las plantas.

Los mulch de 5 a 8 cm cumplen los objetivos de control de malezas y la conservación de la humedad del suelo.

Este se puede conformar de materiales orgánicos como los musgos, estiércol vegetal, hojarasca o cualquier material similar. Y también, de materiales inorgánicos como el papel de aluminio, polietileno negro o manta térmica.

- Riego por goteo

Es una técnica que no produce escorrentía superficial ya que se aplica directo sobre la raíz de la planta.

- Programación adecuada del riego

Control de riego basado en el clima local mediante sensores: Con esta tecnología se adaptan los cronogramas de riego a las condiciones reales de la localidad, los datos meteorológicos y las necesidades reales de las plantas que requieran riego en esa localidad en específico.

- Mantenimiento

El mantenimiento se vuelve una herramienta muy importante a tomar en cuenta, una muy buena práctica es utilizar los recortes del césped como abono natural y revisión del sistema de riego.

- Laguna de retardo

Es importante tener en cuenta en un diseño de construcción, la cantidad de aguas pluviales que el proyecto va a generar. Esta, no debe ser dispuesta directamente a un cuerpo de agua, hay que, el caudal puede llegar a ser muy grande, y la caída genera destrucción de hábitat. Es por esto que la recolección de agua y disposición de manera controlada es la mejor opción.

- Techos verdes

Se ha mencionado anteriormente en este compendio, pero en la sostenibilidad es fundamental la técnica de los techos verdes, los cuales consisten en llenar de vegetación las cubiertas de las casas. Esto trae múltiples beneficios, entre los cuales se encuentra el efecto positivo con la escorrentía, principalmente en una ciudad, ya que, en estas zonas, es uno de los problemas más importantes. Estas retienen hasta un 65% del agua que puede caer en un período lluvioso, caudal que drena dentro de las 5 o 6 horas siguientes aproximadamente (La Bioguía Oficial, 2019). De este modo se reduce el riesgo de inundaciones y el desborde de las alcantarillas. Así mismo, las plantas en este tipo de entornos, ayudan a filtrar los contaminantes y CO<sub>2</sub> del aire, lo cual permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

- Muros verdes

Los muros verdes son un método estético, novedoso y limpio de construir. Este se caracteriza por la colocación de jardines verticales en las paredes exteriores, e incluso interiores, de una construcción. En el mercado, ya existen distintos tipos, variedades y diseños de este tipo de técnica, lo cual brinda una mayor belleza escénica al entorno. Así mismo, es de gran importancia la producción de oxígeno que estas puedan tener, especialmente en la ciudad.

El ahorro energético, es también significativo bajo estas condiciones, ya que, la naturaleza funciona como aislante térmico al interior. También, (Vertical Magazine, 2018) menciona que, estos muros disminuyen el CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera gracias a la fotosíntesis de las plantas, un aproximado de 35kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> de jardín vertical al año.

- Huertas urbanas

Estas huertas consisten en la producción de alimentos dentro de los confines de las ciudades, en los patios, terrazas, huertos comunitarios y huertas de frutales, así como en espacios públicos o no aprovechados (Ferrán, 2022).

Este sistema de producción de alimentos cuenta con diversos beneficios como lo son la optimización de los recursos naturales y el agua, generación de ahorro económico debido a la autoproducción de alimentos, y beneficios en la salud, debido a que, estos cultivos no utilizan componentes químicos que pudiesen llegar a ser dañinos para la salud.

- Pasos de fauna

Los pasos de fauna son espacios destinados a mantener la conectividad entre ecosistemas que son separados por obras de infraestructura. Estos cumplen la función de permitir el paso de fauna silvestre para mantener su capacidad de traslado. Esto se realiza mediante un trabajo conjunto entre vecinos o propiedades colindantes para dejar de manera ordenada y funcional este tipo de pasos.

#### **4.2.2 Construcción**

De igual manera, en el proceso constructivo, es necesario implementar medidas para reducir el impacto ecológico que genera un proyecto. Es por esto que, en esta investigación, se recopila y se muestra información de medidas y buenas prácticas implementadas en procesos constructivos de proyectos en el país.

#### 4.2.2.1 Agua

En este apartado, es muy importante llevar estadísticas de consumo, ya que, permite crear estrategias de ahorro respecto a la información obtenida. Así como, capacitación en economía y racionalización del gasto.

Aunado a esto, se pueden implementar medidas de ahorro como lo son:

- Sistema de recolección de agua de lluvias

El agua recolectada desempeña en distintas labores de la construcción como lo son el lavado de herramientas, riego de zonas expuestas a excesivo polvo o particulados, lavado de losas después del colado, en los procesos de compactación de suelo y calle, así como componente del mortero para los procesos de pegablock.

- Tanquetas para riego

Estas expulsan el agua de una forma más controlada y se puede aprovechar de una mejor manera el recurso.

- Inodoros especializados de eficiencia energética

Esta medida debe ser utilizada para el ahorro de agua en los sistemas temporales, o bien, la instalación de baños provisionales que no requieran el uso constante de agua también es una opción.

- Sistema de contrapeso

Una estrategia interesante para el ahorro de agua potable es un sistema de contrapeso en los inodoros. Este consiste en utilizar un artefacto con suficiente peso y colocarlo en el tanque de servicio sanitario. Con esto se genera un efecto que permite convertir la descarga total en descarga parcial, ahorrando de esta forma el consumo de agua del tanque hasta en un 30%.

- Perlizadores o aireadores

Son elementos dispersores que mezclan aire con agua, reduciendo del consumo de agua. Estos llegan a ahorrar hasta un 70% de agua según la ficha técnica del producto. Se puede colocar en los lavatorios comunes de lavado de manos de los colaboradores y los lavatorios de los servicios sanitarios ubicados en bodega o donde se haya planificado en obra.

- Mamparas verticales de sarán

Estos cumplen la función de retener material particulado (mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire), para así evitar riego con agua en estas zonas. Estas se pueden colocar en el perímetro de la obra y en espacios intermedios de acuerdo al avance de la obra.

- Sarán en montículos de tierra

La colocación de malla de sarán en los montículos de tierra producto de los zanjeos, es una manera muy eficaz para retener el polvo de forma puntual en ciertos sitios de la obra según los avances del proyecto.

- Concreto premezclado

La utilización de concreto premezclado promueve el ahorro de agua, ya que este, al ser mezclado en un ambiente controlado, utiliza las cantidades de agua que corresponde sin generar desperdicio.

- Técnica del triple lavado

Consiste en vaciar el envase del producto utilizado completamente, seguidamente depositar agua limpia hasta  $\frac{1}{4}$  del volumen total del envase. Luego de lo anterior, se debe agitar con la tapa hacia arriba por alrededor de 30 segundos. Se repite el procedimiento, pero ahora con la tapa hacia abajo y realizando cambio del agua. Finalmente, se vacía por última vez el agua y con agua limpia se debe agitar el envase por 30 segundos hacia los lados, luego se debe vaciar el agua, escurrir y perforar el recipiente para que no pueda ser reutilizado.

Otras medidas que se implementan para el ahorro de agua potable en el proceso constructivo son:

- La utilización de grifos de agua para consumo con un sistema eficiente de ahorro
- Utilizar curador en vez de agua para el curado del concreto
- Uso de pega bloque para reducir días de fraguado y el agua que se utiliza en el proceso
- Uso de concreto Hidratium – este cuenta con tecnología amigable con el medio ambiente ya que reduce el uso de agua en el curado de los elementos. También, elimina el uso de curadores externos y ahorra horas hombre dedicadas al proceso de curado
- Establecer un programa de revisión de fugas en mangueras y llaves

- Utilización de pistolas para controlar uso del agua en mangueras
- Colocar un rótulo con la dosificación del concreto cerca de donde se produce, cuando se fabrica en sitio
- Elaborar un sistema de lavamanos con pedal para el personal de campo
- Contar con orinales secos
- Construir sedimentadores para evitar contaminación
- Contar con una fosa para lavado de equipos y herramientas
- Capacitar al personal de proyecto con medidas de ahorro
- Implementar un sistema de recolección de agua para utilizar en proceso de compactación de suelo y calle, así como, componente del mortero para los procesos de pegablock
- Reutilizar el agua del lavado de manos
- Reutilizar el agua del sedimentador

#### *4.2.2.2 Energía*

El consumo energético en un proceso constructivo es bastante alto, y es necesario considerar medidas de ahorro del mismo. Una práctica muy útil es el uso de paneles solares provisionales para brindar energía al proyecto, las oficinas de los ingenieros, entre otras cosas, se pueden ver beneficiada por la utilización de energía renovable. Además, el llevar estadísticas de consumo para tener una referencia y un orden respecto a esto para poder tomar las medidas necesarias.

Se debe implementar el uso de equipo y vehículos de años recientes, esto porque las nuevas tecnologías promueven un mayor ahorro en combustible y eficiencia de combustión del combustible fósil, lo cual reduce la expulsión de aire contaminante de los mismos. Con esto se debe establecer un buen plan de mantenimiento y se debe planificar las rutas y movimientos de toda la maquinaria, esto con el objetivo principal del ahorro de cualquier tipo de movilización innecesaria.

Otra buena práctica es establecer controles de consumo, ya sea de electricidad, combustible o material. Con esto, se busca no excederse en el uso de estas y mantener un alto rendimiento.

La incorporación de un domo Solatube, mencionado y descrito en el apartado anterior de este proyecto, en las oficinas temporales del proyecto (oficinas de ingeniería, ventas y bodega de materiales), son una buena práctica para el ahorro energético del proyecto.

Otras medidas de ahorro de energía implementadas en proyectos de construcción se listan a continuación:

- Utilización de luminarias de bajo consumo con las LED ya descritas en este trabajo
- Promover horarios diurnos de trabajo, esto reduce la utilización de energía por la noche
- Realizar una revisión trimestral de vehículos colaboradores en el proyecto y un chequeo general de la revisión técnica vehicular (RTV)
- Establecer proveedores de material de obra cercanos al proyecto. Esto puede ser definido respecto a las estadísticas de consumo de combustible, y así poder implementar el que no sobrepase el consumo estándar de un proyecto.
- Utilizar herramientas eléctricas que al no estar conectadas a la red evitan consumo fantasma
- Contar con una base de datos de equipos de bajo consumo y solo comprar de esa lista
- Implementar ventilación e iluminación natural en bodegas y oficinas
- Utilizar regletas anti Stand-by en bodega y oficinas
- Alimentar la grúa torre con energía eléctrica trifásica en vez de combustibles fósiles
- Programar chorreas en las noches para reducir el consumo de combustible de las chompipas por las presas en carretera
- Programar compras semanales a 1 o 2 veces por semana
- Coordinar viajes de materiales siguiendo el cronograma de obra

#### *4.2.2.3 Gestión de residuos*

La gestión de los residuos es un proceso muy importante por la cantidad de estos generados en los proyectos. Es importante llevar estadísticas del material enviado al gestor interesado y del material reciclado o valorizado (madera, acero, láminas de zinc, tubos de PVC, entre otros). Así como, contar con un sitio específico para la gestión de residuos y un sitio de gestión de residuos peligrosos.

Los residuos se deben, primeramente, separar por categorías, esto para darle un destino adecuado al escombro. Se debe localizar un botadero cercano el cual cumpla con los requisitos

de funcionamiento requeridos por la ley y el cual se encuentre en una distancia cercana al proyecto para evitar un desplazamiento muy prolongado.

Otras medidas a implementar para la reutilización, reciclaje, valoración, disposición y reducción de los residuos en un proyecto son:

- Promover el reciclaje dentro del proyecto para la separación por tipo de producto
- El uso de formaleta metálica o reutilizable es una buena opción para la reducción de residuos (plywood fenólico)
- Comprar consumibles de calidad para extender su vida útil, como discos de corte, brocas, entre otros
- Utilizar puntales metálicos para sostener entrepisos en vez de puntales de madera
- Elaboración de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)
- Creación de compost para los residuos orgánicos (fertilizante compuesto de residuos orgánicos, como; desechos domésticos, hierbas, deyecciones animales; tierra y cal)
- Utilizar gestores inscritos en el Ministerio de Salud para la disposición final de los residuos especiales o peligrosos
- Reutilizar las hojas de impresiones por ambas caras
- Implementar el uso de tabletas para no imprimir planos ni hojas
- Utilizar herramientas con batería recargable
- Realizar previamente, la modulación del block, acero, material PVC, Metaldeck y láminas de gypsum para evitar desperdicios
- Reutilizar las hojas de papel en bodega y oficinas de ingeniería
- Establecer estaciones de reciclaje
- Contar con un centro de acopio para reutilización de cabos de madera y metal
- Aprovechar el escombro (ejemplo: reutilizar residuos de corte de block para relleno de zonas que lo requieran)

#### *4.2.2.4 Materiales*

En lo que contempla materiales en el proceso constructivo, es necesario mencionar materiales reutilizables en todos los procesos. Como los son las formaletas metálicas las cuales reducen el uso de madera, así como los paneles de bambú reutilizables. Ya que, la formaleta convencional de madera es de un solo uso, el cual promueve la generación de residuos y una baja eficiencia en la utilización del material.

También, se puede mencionar que el sistema constructivo se define desde el diseño, sin embargo, se puede realizar una variación en campo de un sistema convencional por uno modular, como parte de una ingeniería de valor durante la construcción.

Se tienen opciones de uso de materiales para reducir los residuos del mismo como;

- Evitar la utilización de plástico es fundamental, los tapones en las varillas y en objetos puntiagudos deben ser de madera, esto por ser un material amigable
- Comprar material, equipo y herramientas de calidad para que estas sean duraderas, para así evitar generar mucho residuo y desperdicio
- Uso de varillas de acero prefabricadas
- Utilizar sobrantes de otros proyectos
- Utilización de bloques de paredes, asaltos u otros que utilicen plástico reciclado
- Sistemas de losas postensadas, estas ahorran material por reducir la altura de las columnas y figuras de las vigas
- Construcción de "corrales" para la gestión y reducción de desperdicio de materiales como varilla y madera
- Reutilización de materiales: madera, trozos de gypsum, cabos de varilla
- Utilización de arriostres metálicos

Es importante mencionar, el impacto que genera la utilización de materiales locales en al menos un 50% en el proyecto, según el Manual de la Categoría XV del PBAE. Es decir, utilizar concreto de fabricación nacional, acero de fabricación final en Costa Rica, rellenar donde es necesario con material excavado en el mismo proyecto, utilizar estañones usados como formaleta de basas y utilizar materiales de proyectos viejos de la empresa.

También, es importante el adecuado almacenamiento de cada material según su tipo, así como una serie de medidas de la gestión de materiales como lo son:

- Lavado de vagonetas y chompipas en el proyecto para evitar caída de materiales en vía pública
- Contratación de empresa especializada para transportar materiales sin causar lixiviados en las calles
- Elaborar un centro de acopio de residuos sólidos valorizables con materiales residuales de la obra

- Trasladar materiales en camiones aptos y así evitar caída del material durante el transporte del mismo
- Realizar lavado de equipos en sitio, previamente impermeabilizado. Y posteriormente recoger los residuos para una adecuada disposición
- Utilizar manteados en las vagonetas
- Demarcar el camino asignado para vehículos, camiones y vagonetas que transporten material dentro del proyecto
- Realizar limpieza constante de calles y aceras

#### *4.2.2.5 Biodiversidad*

Como parte del esfuerzo por preservar la biodiversidad durante el proceso constructivo es importante preservar árboles u otra flora, así como, la fauna ya establecida con la intención de que sean parte y estén integrados al funcionamiento de la obra final. También, el incorporar árboles nativos y flora propia de la zona en las áreas verdes comunes.

Inscribirse en programas de responsabilidad social que promueva cuidado de zonas verdes o espacios de flora, por ejemplo, sembrado de árboles en otros puntos de la ciudad.

Para mitigar el impacto en la biodiversidad se pueden tomar las siguientes consideraciones:

- Tener un alto control del polvo generado
- Control de erosión en laderas de ríos
- Control de contaminación sónica
- Control de contaminación de vagonetas
- Control de escorrentías
- Implementación de sarán perimetral al proyecto para evitar ingreso de fauna
- Contar con un protocolo de rescate y reubicación de fauna, nidos y flor epífita
- Contar con un plan de reforestación
- Mantener el cordón pluvial limpio para evitar contaminación
- Tapar rejillas pluviales con sarán para retener sólidos
- Limpiar los alrededores del proyecto mañana y tarde
- Proteger el suelo de la zona donde se fabricará el concreto

### 4.3 Herramienta de contribución de las medidas de construcción sostenible en alto o bajo aporte

En el siguiente apartado, se elabora una lista y selección de medidas que pueden ser utilizadas para realizar un proyecto más sostenible. Basándose en la investigación realizada en la sección anterior de este trabajo, y las buenas prácticas que se emplean para hacer un proyecto sostenible. Se subdividen en medidas de alto o bajo aporte, siempre respetando y amparado a los principios y aprobación del Programa Bandera Azul Ecológica.

Para esto se elabora un criterio de selección, la cual permite guiar al interesado y conocer en cual categoría se adopta la medida. Este criterio se establece en el Cuadro 3 para diseño sostenible y en el Cuadro 4 para un proceso constructivo sostenible.

Cuadro 3. Criterios de selección de medidas en diseño sostenible

<b>Categoría</b>	<b>Sub Categoría</b>	<b>Alto Impacto</b>	<b>Bajo Impacto</b>
Agua	Estrategias de ahorro de agua potable	Sistemas de ahorro de agua en dispositivos de alto uso en construcciones residenciales, industriales y comerciales	Sistemas de ahorro de agua en dispositivos con baja frecuencia de uso en construcciones residenciales, industriales y comerciales  Sistemas de ahorro menos eficientes que los clasificados como alto impacto
	Estrategias para reducir la generación de aguas residuales	Sistemas de reutilización del total de agua vertidas en la edificación	Sistemas de recolección de agua para labores domésticas
	Estrategias para prevenir impactos a la biodiversidad relacionados con el	Sistemas para reutilizar aguas residuales y pluviales	Sistemas de tratamiento de agua residual más eficiente que los sistemas

	uso del agua, generación de aguas residuales y manejo de las pluviales		tradicionales (tanque séptico, disposición final directa en río)
Energía	Ahorro de electricidad y/o combustibles fósiles	Implementación de energía renovable Sistemas inteligentes de control de luces Sistemas ahorradores de energía en más del 50%	Mecanismos que ayuden a reducir el uso de energía
	Prevenir impactos a la biodiversidad relacionados con el uso de electricidad y/o combustibles	Sistemas de climatización natural	Sistemas energéticos eficientes
Materiales	Reducir la cantidad de residuos	Sistemas constructivos que demuestren ahorro en su implementación	Sistemas de acabados que ahorren material
	Optimizar el uso de materiales y utilización de materiales locales	Materiales renovables y novedosos locales	Sistemas de acabados nacionales amigables con el ambiente
Biodiversidad	Estrategias de diseño que contribuya con la biodiversidad de la zona	Técnicas verdes que se implementen en el total de la vida de la edificación Mitigación de su impacto in situ	Estrategias de ahorro en el cuidado del jardín Medidas de compensación y protección de flora y fauna

Cuadro 4. Criterios de selección de medidas para un proceso constructivo sostenible

<b>Categoría</b>	<b>Sub Categoría</b>	<b>Alto Impacto</b>	<b>Bajo Impacto</b>
Agua	Ahorro de agua en los sistemas temporales que se emplean durante el proceso constructivo	Medidas alternativas de uso de agua en métodos constructivos	Medidas de ahorro de agua potable en sistemas de consumo humano en el proyecto  Estrategias de contención de polvo para evitar riego
	Reducir la generación de aguas residuales, así como la disposición adecuada de las mismas	Capacitación y medidas para el lavado de maquinaria utilizada en construcción	Técnicas de lavado y disposición de aguas residuales a baja escala (sistemas para personal de proyecto)
	Para el proceso constructivo se aprovechan fuentes alternativas de recurso hídrico de acuerdo con el tipo de procesos constructivos que se ejecuta	Implementación de cosecha de aguas pluviales  Reutilización del agua en procesos constructivos	Medidas que ayuden a reutilizar el agua consumida en labores personales y de lavado de materiales
Energía	Ahorro de electricidad	Compromiso establecido y documentado de ahorro energético  Sistemas de ahorro energético comprobado en	Sistemas de ahorro de herramientas eléctricas y dispositivos que se utilicen en bodega y oficina

		bodegas y oficinas temporales	Sistemas que reduzcan el uso de electricidad
	Ahorro de combustibles fósiles para el proceso constructivo	<p>Eficiencia en equipos de trabajo</p> <p>Proveedores de materiales en un rango cercano al proyecto (no mayor a 15 km)</p>	Medidas que ayuden a reducir de alguna manera el uso de combustible
Gestión de Residuos	Estrategias para reducir la cantidad de residuos	<p>Medidas en la reducción y ahorro en gran escala de materiales constructivos</p> <p>Reutilización de materiales en el proceso constructivo</p>	<p>Medidas de ahorro de consumibles tipo papel, tinta y baterías</p> <p>Reutilización de materiales en bodega y oficinas</p> <p>Técnicas modulares para evitar desperdicios</p>
	Asignación de espacio físico y contenedores para la debida clasificación de los residuos	<p>Asignación de espacio y reutilización de materiales en el proceso constructivo</p> <p>Aprovechamiento de escombros y materiales que ya no se utilizarían en su propósito</p>	<p>Reciclaje en bodegas y oficinas</p> <p>División de desechos en bodega y oficinas</p>
Materiales	Optimizar el adecuado almacenamiento de los materiales	Medidas para almacenar y evitar contaminación con los materiales utilizados en el proceso constructivo	Medidas para almacenar herramientas en bodega

			Medidas de protección de agregados y materiales tipo cemento
	Evitar la contaminación por el transporte de materiales	Medidas para evitar derrames y suciedad del transporte y almacenamiento de materiales	Medidas para evitar contaminación dentro del proyecto
	Estrategias y técnicas constructivas que maximicen la reutilización de materiales durante el proceso constructivo	Utilizar materiales de alto nivel de reutilización	Utilizar materiales de otros proyectos de la empresa  Utilización de materiales de bajo consumo y sistemas amigables con el ambiente o reutilizados en el proceso constructivo
Biodiversidad	Prevenir impactos a la biodiversidad	Control de polvo, escorrentía y cualquier otro efecto que pueda afectar la biodiversidad de la zona	Protección de cualquier tipo de contaminación que pueda afectar la biodiversidad tipo la contaminación sónica  Protección de lugares de trabajo donde se pueda contaminar y afectar vida animal y vegetal
	Estrategias de diseño paisajístico	Conservación de la flora existente durante el proceso constructivo	Medidas de mitigación que se puedan tomar, que no

	que incluya biodiversidad de la zona		estén directamente en el lugar de trabajo
--	--	--	--

#### ***4.3.1 Selección de medidas en alto o bajo aporte por categoría***

Una vez teniendo claros los criterios de selección, se elabora una lista clara y precisa para el entendimiento adecuado del lector, por medio de una tabulación en el software Microsoft Excel, el cual se encuentra disponible para acceso del interesado.

Esta herramienta, de clasificación y selección, se elabora respetando las categorías del Programa Bandera Azul Ecológica, la cual consta del agua, la energía, la gestión de residuos, los materiales y la biodiversidad, así como sus respectivas subcategorías.

En el Cuadro 5 se describen las medidas recopiladas en esta investigación con respecto al diseño sostenible de una edificación. Estas se clasifican en medidas de alto o de bajo aporte según el criterio establecido en el Cuadro 3.

Cuadro 5. Medidas a implementar en un diseño sostenible, clasificado en alto y bajo aporte

Categoría	Sub-categoría	Diseño Sostenible	
		Medidas de alto aporte	Medidas de bajo aporte
Agua	Estrategias de ahorro de agua potable	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grifería de ahorro</li> <li>2. Aireadores en fregadero</li> <li>3. Aireadores en lavamanos</li> <li>4. Aireadores en pilas</li> <li>5. Aireadores en duchas</li> <li>6. Inodoro de bajo consumo</li> <li>7. Orinales sin agua</li> <li>8. Uso de sensores de movimiento</li> <li>9. Duchas de consumo eficiente</li> <li>10. Manguera con dispensador manual de agua en la cocina</li> <li>11. Llaves de "push"</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mingitorios de bajo consumo</li> <li>2. Pistolas para mangueras del jardín</li> <li>3. Inodoros de compost</li> </ol>
	Estrategias para reducir la generación de aguas residuales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema de captación de pluviales para riego, tubería de jardín, lavado de autos y otras labores</li> <li>2. Reutilización de aguas grises (sistema de tratamiento como Hydraloop)</li> <li>3. Reutilización de efluente de PTAR para riego</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recolección de agua de lluvia en estañones para uso en labores domésticas</li> </ol>
	Estrategias para prevenir impactos a la biodiversidad relacionados con el uso del agua,	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementación de una Planta JET Residencial para tratamiento de aguas</li> <li>2. Implementación de una PTAR si no se exige</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tanque séptico mejorado</li> <li>2. Implementación de biojardineras</li> <li>3. Tanque séptico tipo biodigestor</li> </ol>

	generación de aguas residuales y manejo de las pluviales	3. Laguna de retención	4. Elaboración de un Drenaje Francés
Energía	Ahorro de electricidad y/o combustibles fósiles	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Paneles solares</li> <li>2. Sensores de movimiento en luminarias</li> <li>3. Sistema de bombeo de presión constante para ahorro en consumo eléctrico</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bombillos LED o ahorradoras de energía</li> <li>2. Calentadores solares de agua</li> <li>3. Lámina de techo Total Lock 20-50</li> <li>4. Luces exteriores con fotocelda solar</li> <li>5. Implementación de Sola Tube</li> </ol>
	Prevenir impactos a la biodiversidad relacionados con el uso de electricidad y/o combustibles	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estrategias de iluminación natural</li> <li>2. Ventilación Natural (arquitectura pasiva)</li> <li>3. Calentamiento pasivo</li> <li>4. Ventilación convectiva</li> <li>5. Enfriamiento pasivo (ventilación cruzada, ventilación nocturna de masa térmica)</li> <li>6. Tablas de Mahoney</li> <li>7. Paredes verdes internas para sustituir A/Cs</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aire acondicionado VRF de alta eficiencia</li> <li>2. Implementa control de transmisión térmica e incorpora aislante térmico</li> <li>3. Climatización del tipo Volumen Variable (VRV)</li> </ol>
Materiales	Reducir la cantidad de residuos	1. Uso de sistema constructivo modular	1. Utilización de contenedores

		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Uso de materiales de baja energía incorporada</li> <li>3. Sistemas de losas postensadas, ahorran material por reducir altura de columnas y figuras de las vigas</li> <li>4. Utilización de elementos integrales (vigas, columnas para ahorro de materiales)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Piso de concreto expuesto pulido, sin materiales superficiales</li> <li>3. Utilización de porcelanato Mirage HUB</li> </ol>
	Optimizar el uso de materiales y utilización de materiales locales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de materiales renovables (madera, barro cocido)</li> <li>2. Sistema constructivo Master Block</li> <li>3. Utilización de Ecoblock</li> <li>4. Utilización de bloques de paredes, asfaltos u otros que reutilizan plástico reciclado</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fachadas de paneles de piedra</li> <li>2. Uso de zacateblock</li> <li>3. Utilizar pinturas base agua</li> </ol>
Biodiversidad	Estrategias de diseño que contribuya con la biodiversidad de la zona	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso especies nativas / respecto a especies en sitio</li> <li>2. Paredes verdes externas</li> <li>3. Techos verdes</li> <li>4. Calles / aceras con pavimentos permeables</li> <li>5. Técnica de Xerojardín</li> <li>6. Minimización del movimiento de tierra y aprovechamiento topografía original</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Técnica de Mulching</li> <li>2. Implementar riego por goteo a las plantas para evitar escorrentía superficial ya que se aplica directo en la raíz de la planta</li> <li>3. Se utiliza programación de riego a las plantas basado en el clima local mediante sensores, tomando en cuenta las necesidades reales de las plantas</li> </ol>

		7. Pasos de fauna 8. Coordinación con corredores biológicos	4. Reforestación de áreas perimetrales 5. Protección de animales terrestres
--	--	--	--

Seguidamente, en el Cuadro 6, se describen las medidas recopiladas en esta investigación con respecto al proceso constructivo de una manera sostenible de una edificación. Estas se clasifican en medidas de alto o de bajo aporte según el criterio establecido en el Cuadro 4.

Cuadro 6. Medidas a implementar en un proceso de construcción sostenible, clasificado en alto y bajo aporte

Categoría	Sub-categoría	Construcción Sostenible	
		Medidas de alto aporte	Medidas de bajo aporte
Agua	Ahorro de agua en los sistemas temporales que se emplean durante el proceso constructivo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llevar estadísticas consumo</li> <li>2. Curador en vez de agua para curado del concreto</li> <li>3. Uso pega bloque para reducir días de fraguado y el agua que se usa en este proceso</li> <li>4. Uso de concreto premezclado: controla consumo agua</li> <li>5. Uso de aireadores en lavatorios comunes</li> <li>6. Uso de concreto Hidratium</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programa de revisión fugas en mangueras y llaves</li> <li>2. Pistolas para controlar uso del agua en mangueras</li> <li>3. Para concreto fabricado en sitio: "Colocar un rótulo con la dosificación del concreto cerca de donde se produce"</li> <li>4. Mamparas verticales de sarán para control de polvo</li> <li>5. Malla de sarán en los montículos de tierra producto del zanjeo para contener polvo</li> <li>6. Inodoros de bajo consumo</li> <li>7. Sistema de contrapeso en servicio sanitario</li> </ol>

			<p>8. Rutina frecuente de revisión de mangueras con daños</p> <p>9. Sistema de lavamanos con pedal para personal de campo</p> <p>10. Orinal seco</p>
	<p>Reducir la generación de aguas residuales, así como la disposición adecuada de las mismas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Construcción de sedimentadores para evitar contaminación</li> <li>2. Fosa lavado equipos y herramientas</li> <li>3. Capacitación</li> <li>4. Construir sedimentadores en pilas de lavado</li> <li>5. Zona de lavado de equipos con sedimentos de concreto. Lavador con piedra cuartilla como medio de filtro</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Técnica de triple lavado</li> <li>2. Utilizar cabinas sanitarias con adecuada disposición de las aguas</li> </ol>
	<p>Para el proceso constructivo se aprovechan fuentes alternativas de recurso hídrico de acuerdo con el tipo de procesos constructivos que se ejecuta</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de tanquetas de agua para riego de zonas expuestas a excesivo polvo o particulados</li> <li>2. Reutilización de agua para procesos constructivos</li> <li>3. Sistemas y dispositivos que permitan la "cosecha de agua de lluvia" para diferentes procesos durante la construcción</li> <li>4. Sistema de recolección de agua para utilizar en proceso</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reutilizar el agua de lavado de manos</li> <li>2. Reutilizar agua del sedimentador</li> </ol>

		de compactación de suelo y calle, así como componente del mortero para los procesos de pegablock	
Energía	Ahorro de electricidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llevar estadísticas de consumo</li> <li>2. Luminarias de bajo consumo</li> <li>3. Botellas (o similar) que dan luz a través de techos</li> <li>4. Generación solar para bodegas y oficinas de ingeniería</li> <li>5. Capacitación del personal</li> <li>6. Incorporación de Solatube (skylight) en bodega y oficinas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Herramienta eléctrica que al no estar conectada a la red evita consumo fantasma</li> <li>2. Base de datos de equipos de bajo consumo y solo comprar de allí</li> <li>3. Ventilación e iluminación natural en bodegas y oficinas</li> <li>4. Uso de regletas anti Stand-by en bodega y oficinas</li> </ol>
	Ahorro de combustibles fósiles para el proceso constructivo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llevar estadística de consumo</li> <li>2. Usar equipos recientes y/o en buen estado</li> <li>3. Revisión trimestral de vehículos y chequeo de RTV</li> <li>4. Proveedor de materiales de obra en un rango de máximo 15 km</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alimentación de la grúa torre con energía eléctrica trifásica en vez de combustibles fósiles</li> <li>2. Chorreas en las noches para reducir consumo de combustible de las chompipas por presas</li> <li>3. Programar compras semanales a 1 o 2 veces por semana</li> <li>4. Coordinar viajes de materiales, siguiendo el cronograma de obra</li> </ol>

Gestión de residuos	Estrategias para reducir la cantidad de residuos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de formaleta metálica o reutilizable (plywood fenólico)</li> <li>2. Utilizar puntales metálicos para sostener entresijos en vez de puntales de madera</li> <li>3. Elaboración de un PGIRS</li> <li>4. Creación de Compost para los residuos orgánicos</li> <li>5. Utilización de andamios metálicos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reutilizar hojas de papel en bodega</li> <li>2. Reutilizar hojas de papel en oficinas de ingeniería</li> <li>3. Uso de tabletas para no imprimir planos ni hojas</li> <li>4. Uso de herramientas con batería recargable</li> <li>5. Modulación de acero para evitar desperdicios</li> <li>6. Modulación de blocks para evitar desperdicios</li> <li>7. Modulación del material PVC para evitar desperdicios</li> <li>8. Aprovechamiento del escombros (ejemplo: reutilizar residuos de corte de block para relleno de zonas que lo requieran)</li> </ol>
	Asignación de espacio físico y contenedores para la debida clasificación de los residuos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llevar estadística de: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Material enviado a gestor interesado</li> <li>b. Material reciclado o valorizado (madera, acero, láminas de zinc, tubos de PVC, entre otros)</li> </ol> </li> <li>2. Sitio gestión de residuos</li> <li>3. Punto ecológico</li> <li>4. Sitio de gestión de residuos peligrosos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poner estaciones de reciclaje en bodegas y oficinas</li> <li>2. Espacio asignado para no reutilizables en bodega</li> <li>3. Espacio designado para orgánicos</li> <li>4. Centro de acopio para reutilización de cabos de madera y metal</li> </ol>

Materiales	Optimizar el adecuado almacenamiento de los materiales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adecuado almacenamiento de cada material, según su tipo</li> <li>2. Centro de acopio de residuos sólidos valorizables con materiales residuales de la obra</li> <li>3. Construcción de "corrales" para la gestión y reducción de desperdicio de materiales como varilla y madera</li> <li>4. Si se almacenan sustancias químicas peligrosas, almacenarse de acuerdo a los criterios de compatibilidad química</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bodega para herramientas eléctricas</li> <li>2. Agregados almacenados sobre losa de concreto o terreno limpio</li> <li>3. Block y cemento debidamente tapados de la lluvia</li> </ol>
	Evitar la contaminación por el transporte de materiales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lavado de vagonetas y chompipas en el proyecto para evitar caída de material en vía pública</li> <li>2. Contratación de empresa especializada para transportar materiales sin causar lixiviados en las calles</li> <li>3. Trasladar materiales en camiones aptos y así evitar caída del material durante el transporte</li> <li>4. Lavado de equipos en sitio previamente impermeabilizado y</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Demarcar camino asignado para vehículos, camiones y vagonetas que transporten material dentro del proyecto</li> <li>2. Limpieza constante de calles y aceras</li> </ol>

		<p>posteriormente recoger los residuos para una adecuada disposición</p> <p>5. Utilizar manteados en las vagonetas para cubrir material</p>	
	<p>Estrategias y técnicas constructivas que maximicen la reutilización de materiales durante el proceso constructivo</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de formaleta metálica reduce uso de madera</li> <li>2. Correcta modulación del acero en varillas para evitar desperdicio</li> <li>3. Uso de concreto prefabricado evita desperdicio</li> <li>4. Bodega de materiales de la empresa para reutilizar sobrantes de otros proyectos</li> <li>5. Utilización de bloques de paredes, asfaltos u otros que utilicen plástico reciclado, cuando fue propuesto por la Constructora</li> <li>6. Sistemas de losas postensadas: ahorran material por reducir altura de columnas y figuras de las vigas, cuando fue propuesto por Constructora</li> <li>7. Rellenar donde es necesario con material excavado en el mismo proyecto</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estañones usados como formaleta de basas</li> <li>2. Utilizar materiales de proyectos viejos de la empresa</li> <li>3. Reutilización de materiales: madera, trozos de gypsum, cabos varilla, entre otros.</li> <li>4. Solo pintura base agua en el proyecto</li> <li>5. Utilización de arriostres metálicos</li> </ol>

		8. Uso de formaleta de bambú 9. Uso de andamios metálicos	
Biodiversidad	Prevenir impactos a la biodiversidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Control polvo</li> <li>2. Control erosión</li> <li>3. Control de contaminación sónica</li> <li>4. Control de contaminación vagonetas</li> <li>5. Control escorrentías</li> <li>6. Sarán perimetral al proyecto para evitar ingreso de fauna</li> <li>7. Cuenta con protocolo de rescate y reubicación de fauna, nidos y flor epífita</li> <li>8. Cuenta con plan de reforestación</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantener cordón pluvial limpio para evitar contaminación</li> <li>2. Tapar rejillas pluviales con sarán para retener sólidos</li> <li>3. Limpieza alrededores del proyecto mañana y tarde</li> <li>4. Protección del suelo de zona donde se fabricará el concreto</li> <li>5. Programa de mitigación de ruido</li> </ol>
	Estrategias de diseño paisajístico que incluya biodiversidad de la zona	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Durante la construcción preserva árboles u otra flora con la intención de que sean parte de la obra final</li> <li>2. Incorpora árboles nativos y flora propia de la zona en las áreas verdes comunes</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inscribirse en programa de Responsabilidad Social que promueva cuidado de zonas verdes o espacios de flora. Ejemplo: Sembrado árboles en otros puntos de la ciudad</li> </ol>

Con el fin de poder visualizar de mejor manera lo establecido en el Cuadro 5 y Cuadro 6, se realiza el compendio de información en el software Microsoft Excel. Este, cuenta con una portada guía como se muestra en la Figura 19, la cual cuenta con botones que tienen acceso directo a cada pestaña.

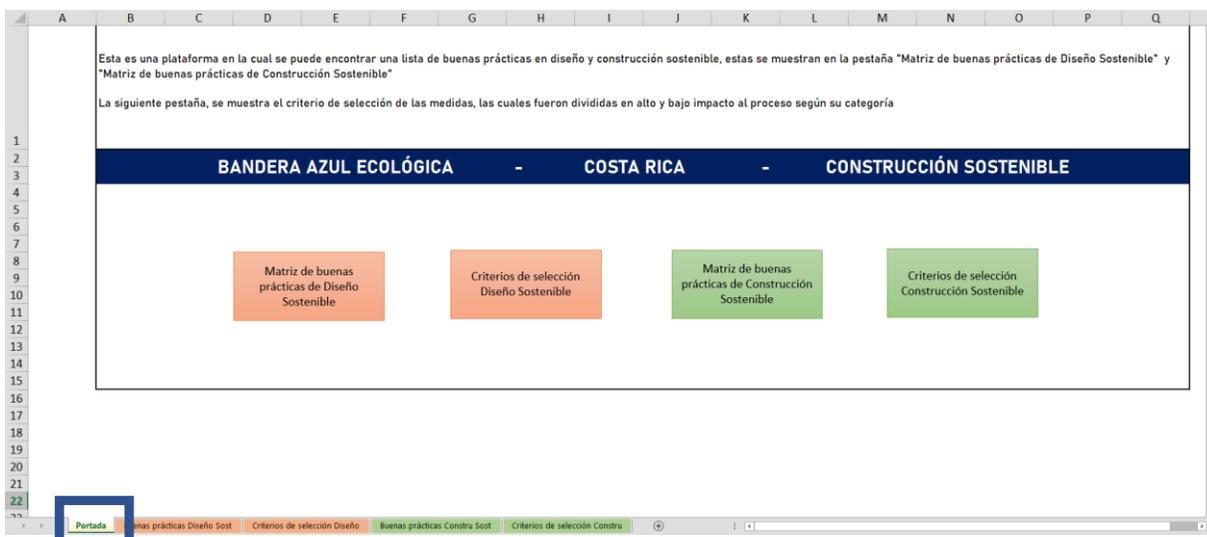


Figura 19. Portada de compendio de buenas prácticas de diseño y construcción sostenible en Microsoft Excel

Las pestañas desplegadas en esta portada son la de buenas prácticas de diseño sostenible, en la cual se despliegan todas las medidas recopiladas en este trabajo y se dividen en alto y bajo impacto, como se observa en el Cuadro 5, respetando los criterios de selección que vienen ejemplificados en el Cuadro 3 de este trabajo y en la pestaña correspondiente en la programación de Excel.

Seguido a esto, se despliega la pestaña de medidas a tomar en el proceso constructivo de manera sostenible, las cuales se dividen de la misma forma descrita en diseño sostenible y se describen en el Cuadro 6. Por último, se puede acceder a la pestaña de criterios de selección de medidas sostenibles en el proceso constructivo de un proyecto, desplegadas en el Cuadro 4.

Esta clasificación de medidas, y definición de criterios de selección, se realizan de una manera interactiva en el software mencionado, para que sea de fácil acceso y modificación por parte del comité técnico del PBAE. Esto, porque se recopilan buenas prácticas por parte del autor, sin embargo, es un tema el cual se puede ir desarrollando y actualizando conforme se involucren más proyectos en la iniciativa y siempre se propondrán medidas innovadoras las cuales pueden ser parte de este compendio de buenas prácticas en diseño y construcción sostenible.

#### **4.4 Autoevaluación en línea para los proyectos con el fin de valorar el nivel de contribución positiva al medio ambiente que están incorporando**

Como parte del esfuerzo para brindar una autoevaluación en línea y al instante para cada usuario que desee saber el impacto de medidas ecológicamente sostenibles que van a implementar en su proyecto. Se pondrá a disposición del Programa Bandera Azul Ecológica, una herramienta, que le facilitará la forma en que se evalúan los proyectos. Esta es una encuesta, completamente guiada, donde se pueden escoger las medidas a utilizar respecto a cada categoría mencionada. Esto, realizará un análisis bidimensional respecto a las medidas seleccionadas (la cual se mostrará más adelante en este trabajo) y le brindará el porcentaje preliminar asignado. Todo esto bajo los criterios del Comité del PBAE, en los esfuerzos por incluir medidas en el diseño y en el proceso constructivo de un proyecto. Es importante mencionar que el comité de la Categoría 15 del Programa Bandera Azul Ecológica, revisará el informe aprobará o no lo seleccionado según su criterio técnico.

##### **4.4.1 Porcentaje asignado a cada categoría**

Primeramente, es necesario entender la clasificación y puntuación que se le asignan, por parte del Programa Bandera Azul Ecológica, a las categorías de diseño y construcción sostenible. Esto con el fin de entender el resultado final, que se pretende dar en la evaluación, de dichas medidas a implementar en un proyecto dado. En el Cuadro 7 se muestra la clasificación de actividades, así como su respectivo porcentaje.

Cuadro 7. Valor asignado por subcategoría en medidas de Diseño Sostenible

<b>Categoría</b>	<b>Sub Categoría</b>	<b>Porcentaje asignado</b>
<b>Agua</b>	Estrategias de ahorro de agua potable	12%
	Estrategias para reducir la generación de aguas residuales	12%
	Estrategias para prevenir impactos a la biodiversidad relacionados con el uso de	6%

	agua, generación de aguas residuales y manejo de las pluviales	
	<b>Total</b>	<b>30%</b>
<b>Energía</b>	Estrategias o dispositivos de ahorro de electricidad y/o combustibles fósiles	15%
	Estrategias o dispositivos para prevenir impactos a la biodiversidad relacionados con el uso de electricidad y/o combustibles	15%
	<b>Total</b>	<b>30%</b>
<b>Materiales</b>	Estrategias para reducir la cantidad de residuos	15%
	Estrategias para optimizar el uso de materiales y utilización de materiales locales	15%
	<b>Total</b>	<b>30%</b>
<b>Biodiversidad</b>	Estrategias de diseño que contribuyan con la biodiversidad de la zona	10%
	<b>Total</b>	<b>10%</b>

Cuadro 8. Valor asignado por subcategoría en medidas de Construcción Sostenible

<b>Categoría</b>	<b>Sub Categoría</b>	<b>Porcentaje asignado</b>
<b>Agua</b>	Estrategias o uso de dispositivos de ahorro de agua potable	5%
	Reducir la generación de aguas residuales, así como la disposición adecuada de las mismas	5%
	Para el proceso constructivo se aprovechan fuentes alternativas de recurso hídrico de acuerdo con el tipo de procesos constructivos que se ejecuta	5%
	<b>Total</b>	<b>15%</b>
<b>Energía</b>	Estrategias o dispositivos de ahorro de electricidad	5%
	Estrategias o dispositivos de ahorro de combustibles fósiles para el proceso constructivo	5%
	Evidenciar un programa de control del consumo de electricidad y combustible mensual	5%
	<b>Total</b>	<b>15%</b>

<b>Gestión de Residuos</b>	Presentar un plan de gestión de residuos del proyecto	5%
	Estrategias para reducir la cantidad de residuos	5%
	Asignación de espacio físico y contenedores para la debida clasificación de los residuos	5%
	Disposición final apropiada de los residuos	5%
	Capacitación al personal de la construcción sobre gestión adecuada de residuos	5%
	<b>Total</b>	<b>25%</b>
	<b>Materiales</b>	Optimizar el adecuado almacenamiento de los materiales
Evitar contaminación por el transporte de materiales		7%
La construcción utiliza materiales locales en al menos un 50%		5%
Estrategias y técnicas constructivas que maximicen la reutilización de materiales durante el proceso constructivo		5%
<b>Total</b>		<b>25%</b>

<b>Biodiversidad</b>	Prevenir impactos a la biodiversidad	10%
	Estrategias de diseño paisajístico que incluya biodiversidad de la zona	10%
	<b>Total</b>	<b>20%</b>

#### **4.4.2 Evaluación bidimensional de medidas de alto y bajo impacto**

Con base en la división de medidas, por categorías y subcategorías de diseño y construcción sostenible, que se realizó en el apartado 4.3.1 de este documento, y, el porcentaje asignado a cada una de estas en el apartado 4.4.1 de este proyecto, se diseña un método bidimensional para asignar una nota respecto a la cantidad de medidas a implementar en un proyecto, realizando una combinación de medidas de alto impacto y medidas de bajo impacto, como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Puntaje establecido respecto a las medidas a utilizar en un proyecto de infraestructura

	Bajo impacto					
		0	1	2	3	4+
Alto impacto		0	0	0	0.3	0.4
	0	0	0	0	0.3	0.4
	1	0	0	0.4	0.5	0.6
	2	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0
	3+	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

El objetivo de esta tabla es realizar una combinación de cantidad de medidas seleccionadas, entre alto y bajo impacto, y así brindar el porcentaje respecto al puntaje de subcategoría de medidas. Bajo este esquema, es importante destacar que 1.0 representa la obtención de todo el porcentaje, y 0 la no obtención de porcentaje. Para una mejor explicación, y visualización de un ejemplo de lo que se acaba de comentar, ver anexo A.

#### ***4.4.3 Encuesta en la herramienta KoBotoolbox***

Una vez teniendo claro las buenas prácticas de diseño y construcción sostenibles, la división de categorías y subcategorías del PBAE, además del porcentaje que cada una de estas representa para la nota total, se realiza una programación en la herramienta KoBotoolbox, la cual, en caso de ser aceptada por el PBAE, estará disponible en la sección de Construcción Sostenible en la página de Bandera Azul Ecológica de Costa Rica. Esta permite al usuario autoevaluar un proyecto, y conocer la nota que obtendrá respecto a los porcentajes, medidas y criterios mencionados anteriormente. Se elabora mediante dos encuestas, una de medidas a implementar en diseño sostenible y otra en construcción sostenible.

La manera en que se desarrolla esta encuesta, es introduciendo información inicial de datos del proyecto y encargado del mismo, como se muestra en la Figura 20. Así mismo, se debe comprometer a entregar, a través de la herramienta digital, documentación necesaria para el cumplimiento legal, que es requisito de participación.



## EVALUACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS SOSTENIBLES EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

En el siguiente formulario, se deben escoger las medidas a utilizar en el proceso constructivo de su proyecto. Este brindará una nota respecto a las directrices establecidas por el Programa Bandera Azul Ecológica

Nombre del proyecto a participar

Nombre del coordinador

Número de cédula

Número de teléfono

### ▼ CUMPLIMIENTO LEGAL

Anexar declaración jurada de PBAE en el cual se compromete públicamente a cumplir la legislación vinculante

Esto es un requisito de participación

OK

La declaración jurada de cumplimiento legal se realiza junto con la inscripción

Esto es un requisito de participación

OK

Anexar declaración jurada de PBAE

Haga clic aquí para subir el archivo. (<10MB)



Guardar borrador

Enviar

Figura 20. Información inicial de encuesta en KoBotoolbox

Al estar de acuerdo con la entrega de estos documentos, se despliegan todas las medidas mencionadas en este trabajo, respectivamente divididas por categorías y subcategorías. Ya que, estas cuentan con un porcentaje distinto de participación cada una.

En la Figura 21, se puede observar la primera categoría que se despliega, la cual es "agua", y su primera subcategoría, la cual es "estrategias o uso de dispositivos de ahorro de agua en los sistemas temporales que se emplean durante el proceso constructivo".

Es importante mencionar, que solo se deben seleccionar las medidas a implementar en el proyecto que se está poniendo en evaluación, es decir, las medidas de la lista que no van a ser implementadas se deben dejar en blanco. También, algunas medidas requieren de una mayor

explicación y/o indicación de lámina del plano donde se encuentran especificados, por lo que, al seleccionarla, se desplegará una casilla donde se le mostrará lo solicitado.

De igual manera, si su proyecto o grupo de trabajo, cuenta con una medida que considera se debe incluir y no está dentro de las opciones, se debe escoger la casilla de "otro (especificar manualmente)" y se le desplegará una opción donde se puede digitar de manera manual. Para saber si su medida se debe anotar en alto impacto o bajo impacto, debe revisar los criterios de selección mostrados en el Cuadro 3 y Cuadro 4, de diseño y construcción sostenible respectivamente.

▼ **AGUA**

---

▼ » **Estrategias o uso de dispositivos de ahorro de agua en los sistemas temporales que se emplean durante el proceso constructivo**

<p>Medidas a implementar <i>Alto impacto</i></p> <p><input type="checkbox"/> Llevar estadísticas de consumo</p> <p><input type="checkbox"/> Curador en vez de agua para curado del concreto</p> <p><input type="checkbox"/> Uso de pega bloque para reducir días de fraguado y el agua que se usa en este proceso</p> <p><input type="checkbox"/> Uso de concreto premezclado: controla consumo de agua</p> <p><input type="checkbox"/> Uso de aireadores en lavatorios comunes</p> <p><input type="checkbox"/> Uso de concreto Hidratium</p> <p><input type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente)</p> <p><input type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente)</p> <p><input type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente)</p>
<p>Medidas a implementar <i>Bajo impacto</i></p> <p><input type="checkbox"/> Programa de revisión de fugas en mangueras y llaves</p> <p><input type="checkbox"/> Pistolas para controlar uso del agua en mangueras</p> <p><input type="checkbox"/> Para concreto fabricado en sitio: Colocar un rótulo con la dosificación del concreto cerca de donde se produce</p> <p><input type="checkbox"/> Mamparas verticales de sarán para control de polvo</p> <p><input type="checkbox"/> Malla de sarán en los montículos de tierra producto del zanjeo para contener polvo</p> <p><input type="checkbox"/> Inodoros de bajo consumo</p> <p><input type="checkbox"/> Sistema de contrapeso en servicio sanitario</p> <p><input type="checkbox"/> Rutina frecuente de revisión de mangueras con daños</p> <p><input type="checkbox"/> Sistema de lavamanos con pedal para personal de campo</p> <p><input type="checkbox"/> Orinal seco</p> <p><input type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente)</p> <p><input type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente)</p> <p><input type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente)</p>
<p>NOTA: 0% / 5%</p>

Figura 21. Categoría "agua", subcategoría "dispositivos de ahorro de agua"

▼ **AGUA**

▼ » **Estrategias o uso de dispositivos de ahorro de agua en los sistemas temporales que se emplean durante el proceso constructivo**

Medidas a implementar <i>Alto impacto</i>	
<input type="checkbox"/> Llevar estadísticas de consumo <input type="checkbox"/> Curador en vez de agua para curado del concreto <input type="checkbox"/> Uso de pega bloque para reducir días de fraguado y el agua que se usa en este proceso <input checked="" type="checkbox"/> Uso de concreto premezclado: controla consumo de agua <input checked="" type="checkbox"/> Uso de aireadores en lavatorios comunes <input type="checkbox"/> Uso de concreto Hidratium <input checked="" type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente) <input type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente) <input type="checkbox"/> Otro (especificar manualmente)	
En qué actividades se utilizará concreto premezclado?	Anote el porcentaje de lavatorios que llevarán aireadores
Anote su medida	

Figura 22. Ejemplo de cuadros desplegables donde se debe anotar lo solicitado

Seguidamente, se muestra un cuadro de selección, que es exclusivo para la evaluación del comité, por lo que no debe ser respondido por el participante. Esto, se encuentra luego de cada subcategoría de medidas para dar un espacio al comité de análisis de cada medida. Si todas las medidas fueron aceptadas se selecciona "Si", y si de forma contraria, alguna no fue aceptada, se selecciona "No" y se debe digitar una explicación de la razón en el cuadro que se despliega a la derecha, como se muestra en la Figura 24.

▼ » » **Este cuadro es solo para el uso y evaluación del Comité PBAE (no debe ser llenado por el participante)**

Se aprueban las medidas seleccionadas? <input checked="" type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
---

Figura 23. Evaluación del comité, selección "Si"

» » Este cuadro es solo para el uso y evaluación del Comité PBAE (no debe ser llenado por el participante)

Se aprueban las medidas seleccionadas?
<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No
Cual(es) medida no se aceptó y por qué?

Figura 24. Evaluación del comité, selección "No"

Si la respuesta es no, el comité debe brindar una explicación y des-seleccionar la medida para actualizar la nota correspondiente. Es por esta razón, que es muy importante que el participante imprima o guarde en formato pdf el cuestionario, una vez terminado de responder. Esta opción se encuentra en el símbolo internacional de impresión al inicio del cuestionario, mostrado en la Figura 25.

KoBoToolbox 

## EVALUACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS SOSTENIBLES EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

En el siguiente formulario, se deben escoger las medidas a utilizar en el proceso constructivo de su proyecto. Este brindara una nota respecto a las directrices establecidas por el Programa Bandera Azul Ecológica

Nombre del proyecto a participar		
Nombre del coordinador	Número de cédula	Número de teléfono

Figura 25. Impresión del documento

A lo largo del cuestionario, se encuentran preguntas de respuesta afirmativa o negativa, la cual le brindará los puntos establecidos o no los brindará. Estas preguntas no pasarán por el proceso de análisis bidimensional mostrado en el Cuadro 9.

» Presentar plan de gestión de residuos del proyecto

Cuenta con un plan de gestión de residuos del proyecto?  
*Identificar los residuos generados y presentar la cantidad, clasificación y disposición*

Sí

No

Figura 26. Pregunta en cuestionario de respuesta afirmativa o negativa

Finalmente, al haber contestado todo lo solicitado, se despliega un desglose del puntaje obtenido por categoría, y finalmente nota adquirida por las buenas prácticas a implementar en un proyecto de infraestructura, como se muestra en la Figura 27. Se debe digitar el botón "enviar", para que este sea recibido por el Comité Técnico y se pueda analizar la naturaleza de las medidas seleccionadas.

▼ PUNTAJE OBTENIDO EN CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

» Desglose de puntaje obtenido por categoría

Categoría	Porcentaje Obtenido / Porcentaje Total
Agua	0% / 15%
Energía	0% / 15%
Gestión de Residuos	0% / 25%
Materiales	0% / 25%
Biodiversidad	0% / 20%
<b>EL PUNTAJE OBTENIDO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO EN SU PROYECTO ES: 0%</b>	

▼ NOTA IMPORTANTE

**Por favor imprimir el formulario antes de enviarlo para respaldo de las respuestas, ya que una vez enviado, no tendrá acceso al mismo**

Figura 27. Puntaje final obtenido

A manera de resumen, se debe ingresar al cuestionario por medio de la sección de construcción sostenible de la página oficial del PBAE. Al ingresar a la plataforma de KoBotoolbox, se debe

iniciar el cuestionario con los datos requeridos, seguidamente la escogencia de medidas a implementar. Una vez finalizado este cuestionario, se despliega la nota preliminar adquirida, es importante, antes de enviar el documento, imprimirlo o guardarlo para que le quede un registro al participante de lo seleccionado, ya que, no podrá tener acceso de nuevo a este cuestionario. Para imprimir este cuestionario, se debe seleccionar la figura internacional de impresión que se muestra en la Figura 25. Finalmente, este pasa a manos del Comité Técnico, el cual lo revisa y anota sus acuerdos y desacuerdos. El Comité, tiene la potestad y capacidad para eliminar una, o varias medidas directamente del cuestionario si así lo consideran necesario, y con esto bajar la nota adquirida.



## EVALUACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS SOSTENIBLES EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

En el siguiente formulario, se deben escoger las medidas a utilizar en el proceso constructivo de su proyecto. Este brindara una nota respecto a las directrices establecidas por el Programa Bandera Azul Ecológica

Nombre del proyecto a participar

Nombre del coordinador

Número de cédula

Número de teléfono

### ▶ CUMPLIMIENTO LEGAL

### ▶ AGUA

### ▶ ENERGÍA

### ▶ GESTIÓN DE RESIDUOS

### ▶ MATERIALES

### ▶ BIODIVERSIDAD

### ▶ PUNTAJE OBTENIDO EN CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Figura 28. Impresión del documento

## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el mundo se ha venido dando un cambio en los modos y maneras de diseñar y construir para reducir el impacto ambiental de las obras de infraestructura. Se han diseñado e implementado novedosos materiales y métodos para disminuir el daño que la obra civil causa al medio ambiente. En países como Australia, México, Alemania, España, Noruega, entre otros, aumentó en alrededor de un 15%, del año 2018 al año 2021, las constructoras que realizan diseño y construcción sostenible.

En Costa Rica, muchos proyectos se han sumado al esfuerzo ambiental. Al 2017 en el país se registraban 49 proyectos con certificación LEED. También, se realizan proyectos con otras certificaciones ambientales como el Hotel City Express y el Ebais Ecobal con certificación EDGE. La sucursal de Ezcazú de BAC y Oficinas Estudio Arquitectura Bruno Stagno cuenta con certificación de la norma RESET. Y por parte del PBAE, cuenta con edificios galardonados como la Asamblea Legislativa, el Edificio de Fondos Inmobiliarios del Banco Nacional y el Santa Ana Country Club.

Estas buenas prácticas son recopiladas en este trabajo, a nivel nacional e internacional, lo cual es una herramienta que sirve de guía para cualquier persona y empresa que quiera generar un impacto positivo en su proceso de diseño y construcción.

Se logra una división de medidas, entre alto y bajo impacto, que permite el respectivo análisis por parte de la persona interesada, según el peso que va a tener cada actividad en el esfuerzo por hacer una obra de infraestructura más amigable con el ambiente.

También, la implementación de una herramienta en línea, que permite a un proyecto autoevaluarse respecto a buenas prácticas que pueden poner en práctica, y podría ser de gran ayuda para el comité técnico del Programa Bandera Azul Ecológica de Costa Rica, Categoría 15. Esta, ayuda de análisis para el comité, así como la oportunidad de brindar una nota automatizada al participante, lo cual permite hacer el proceso de participación más sencillo, rápido y dinámico.

Esta herramienta, es una programación elaborada la cual genera un resultado a partir de un análisis de ingreso de información, la misma toma en cuenta aspectos técnicos para distinguir las prácticas sostenibles a implementar, en las cuales determina si genera un alto impacto en favor de la sostenibilidad del proyecto, o un bajo impacto.

Se realiza un análisis de la cantidad de medidas a implementar, de su alto o bajo aporte a la sostenibilidad del proyecto, y lo relaciona respecto al porcentaje asignado por categoría del PBAE. Generando así, una nota final, la cual resulta de un proceso de análisis y programación para facilidad del comité técnico y de los participantes, que de inmediato reciben su calificación. Esto, como una referencia del posible impacto positivo ambientalmente hablando de su proyecto.

El país necesita implementar y fortalecer este tipo de alternativas ambientales, para así contribuir con el esfuerzo que se está realizando en diferentes sectores, para la protección del medio ambiente, a nivel nacional y mundial.

Sin embargo, se presentan limitaciones para conocer y difundir buenas prácticas. Esto porque, hay sistemas establecidos en el sector construcción, los cuales, por facilidad, no presenta un beneficio monetario el cambiarlos. Muchas empresas, y también consumidores, no están dispuestos a incurrir en un gasto y esfuerzo extra, que se requiere para cambiar las prácticas comunes que se han venido desarrollando por mucho tiempo. Esto impide el alcance a todos los involucrados en el tema de infraestructura.

El hecho de que la Ley en Costa Rica no exige que los proyectos sean diseñados y construidos bajo criterios de sostenibilidad, influye de manera directa en la negación de muchos constructores respecto a la implementación de medidas amigables con el ambiente.

A manera de recomendación, es necesario mencionar que este mecanismo y programación, es el primer paso para homogenizar y mecanizar medidas y actividades que se pueden implementar y calificar entre el interesado y el PBAE. Sin embargo, es necesario actualizarlo constantemente con las nuevas corrientes e innovaciones que se dan día con día en el mundo actual. Por lo que, queda abierto y editable, para que se continúe con la alimentación bibliográfica y actualización del sistema de evaluación.

También, se recomienda realizar un apoyo a la herramienta, en la que se pueda verificar la implementación de todo lo indicado por el interesado. Para que esta, sea de ayuda para el comité y que sirva de complemento para la herramienta y que se pueda comprobar la aplicación de lo registrado en la misma.

Como se evidencia en este trabajo, los proyectos de construcción generan una alta demanda en el consumo de agua y energía, es por esto, que es muy importante implementar medidas

de ahorro mencionadas. El potencial de ahorro es significativo, por lo que se deben tomar en consideración para fortalecer el impacto en estas categorías. Los materiales ecosostenibles, cuentan con innovación y promueven el ahorro de estos, por lo que, es de gran importancia para los proyectos actuales, y en lo que se debe seguir trabajando para mejorar aún más los materiales que se utilizan en una construcción.

A nivel gubernamental, se pueden promover incentivos a nivel municipal para la implementación de estas prácticas. Así como, una campaña de concientización y de información, ya que, estas prácticas de ahorro, llegan a generar una disminución importante en los gastos del usuario. Como otra manera de incentivo, se puede incluir en la revista del CFIA, un artículo periódico con las obras que han obtenido el galardón, para que estas sean expuestas por su buen trabajo ante los lectores.

En lo que es el proceso constructivo, la gestión y disminución de residuos es esencial en el esfuerzo por la sostenibilidad. Esto porque, es una de las grandes problemáticas en sitio, y en el destino final de estos.

La importancia en la protección de la biodiversidad que rodea el proyecto es muy alta. La escogencia de vegetación acorde al lugar, incorporar vegetación existente como parte del paisaje final, proteger los cuerpos de agua y toda la fauna que predomina en el sector, es de vital relevancia para la protección del medio ambiente y de la continuidad del mundo como lo conocemos.

Se recomienda revisar por parte del comité las preguntas realizadas, ya que, estas pueden ir cambiando respecto al tiempo y a las necesidades que estos consideren. Es por esto que se debe revisar constantemente y actualizar respecto a las necesidades de la comitiva al momento.

El incluir zonificación en los rubros a evaluar, respecto a las medidas a implementar, es una iniciativa recomendable para el fortalecimiento de la herramienta. Por lo que se puede reforzar con el establecimiento de zonas climáticas y biológicas que caractericen al proyecto en específico.

También, es necesario revisar las posibles nuevas medidas y buenas prácticas que un proyecto pueda implementar y que no se haya anotado en la base de datos de este proyecto, esto con el fin de nutrir cada vez más esta matriz de información que pueda estar al acceso de otros proyectos y que puedan tener la misma iniciativa.

Para los interesados en participar por el galardón de Bandera Azul Ecológica, es recomendable revisar de antemano el compendio de buenas prácticas en diseño y construcción sostenible elaborado en este proyecto. Esto con el fin de estudiar, evaluar y analizar las medidas que se adapten y acomoden a su respectivo proyecto. De esta manera, se tiene una idea más clara de la autoevaluación que se debe realizar, que también es generada en este proyecto, y les permite realizarla de una manera más sencilla y rápida.

## **CAPITULO 6. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS**

Agrelo, M. (10 de marzo de 2016). *Eco Huella*. Obtenido de Huella Ambiental ¿Qué es y qué incluye?: <https://www.eco-huella.com/2016/03/huella-ambiental.html>

Alpizar, M. (noviembre de 2018). *Construcción Sostenible: Internacionalización de Servicios*. Obtenido de PROCOMER: <http://sistemas.procomer.go.cr/DocsSEM/Construccion%20Sostenible%20VF.pdf>

Arquitectura Sostenible. (21 de septiembre de 2019). *Arquitectura Sostenible*. Obtenido de Barro cocido: un tradicional material sostenible: <https://arquitectura-sostenible.es/barro-cocado-un-tradicional-material-sostenible/>

Arquitectura Sostenible. (14 de junio de 2021). Obtenido de Paneles de piedra pre-montada: <https://arquitectura-sostenible.es/stonepanel-paneles-piedra-premontada/>

Ayuntamiento de Madrid. (2018). *Guía de Buenas Prácticas Ambientales en el Diseño, Construcción, Uso, Conservación y Demolición de Edificios e Instalaciones*. Obtenido de Portal Web del Ayuntamiento de Madrid: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Publicaciones/Listado-de-Publicaciones/Guia-de-Buenas-Practicas-Ambientales-en-Edificios-e-Instalaciones/?vgnnextfmt=default&vgnextoid=b5c684cb14016310VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnnextchanne>

Bandera Azul Ecológica. (2019). *Manual de Procedimientos Programa Bandera Azul Ecológica*. Obtenido de Bandera Azul Ecológica Costa Rica: <https://banderaazulecologica.org/landing-de-categorias/construccion-sostenible>

- Benavides, C. (21 de octubre de 2017). *¿Ha incrementado la construcción sostenible en Costa Rica?* Obtenido de Construir América Central y el Caribe: <https://revistaconstruir.com/ha-incrementado-la-construccion-sostenible-costa-rica/>
- Boon Edam. (2015). *Building Sustainability: The World's 7 Best Green Buildings for 2015*. Obtenido de Boon Edam United States: <https://www.boonedam.us/news/building-sustainability-world%E2%80%99s-7-best-green-buildings>
- Cámara Costarricense de la Construcción. (2016). *Guía de Construcción Sostenible*. Obtenido de Cámara Costarricense de la Construcción (CCC): <https://www.construccion.co.cr/>
- Campos, S. (abril de 2016). *Introducción a la Construcción Sostenible*. Obtenido de Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA): [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/charla\\_introduccion\\_a\\_la\\_construccion\\_sostenible\\_silvia\\_campos\\_.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/charla_introduccion_a_la_construccion_sostenible_silvia_campos_.pdf)
- Canada National Research Council. (30 de August de 2019). *Are green buildings better buildings?* Obtenido de Government of Canada: <https://nrc.canada.ca/en/certifications-evaluations-standards/codes-canada/construction-innovation/are-green-buildings-better-buildings>
- CFIA. (junio de 2016). *Revista CFIA Ed. 264*. Obtenido de Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos: <http://cfia.or.cr/>
- CFIA. (2020). *Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería, Arquitectura y Construcción*. Obtenido de Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos: <http://cfia.or.cr/descargas/2020/comunicacion/GIPIAC.pdf>
- CNN Staff. (24 de abril de 2020). *CNN Style*. Obtenido de CNN: <https://edition.cnn.com/style/article/green-buildings-world-sustainable-design/index.html>
- CNN Staff. (24 de abril de 2020). *Green builings: 18 examples of sustainable architecture around the world*. Obtenido de CNN: <https://edition.cnn.com/style/article/green-buildings-world-sustainable-design/index.html>
- CupaPizarras. (2021). Obtenido de Thermoslate: <https://www.cupapizarras.com/es/thermoslate/>

- Dirección de Investigación y Desarrollo Técnico. (Julio de 2020). *Informe Económico del Sector Construcción*. Obtenido de Cámara Costarricense de la Construcción: <https://www.construccion.co.cr>
- Downton, P. (2013). *Straw bale*. Obtenido de Your Home: <https://www.yourhome.gov.au/materials/straw-bale>
- DURMAN. (2021). *Biodigestor de Polietileno ARPE-5*. Obtenido de Durman by Aliaxis Company: <https://www.durman.com/descargas/biodigestor/Guiainstalacion/ManualBiodigestor.pdf>
- Ecologismos. (8 de Julio de 2016). *Ecologismos*. Obtenido de Retretes de compostaje: qué son y para qué sirven: <https://ecologismos.com/retretes-de-compostaje-que-son-y-para-que-sirven/>
- EVANS. (6 de agosto de 2020). *EVANS MÉXICO*. Obtenido de Sistema de presión constante: <https://www.evans.com.co/por-que-necesito-un-sistema-de-presion-constante/>
- Everlux. (2021). *Domo Solatube*. Obtenido de everlux: [https://www.solatube.com.mx/?gclid=Cj0KCOjw4eaJBhDMARIsANhrQABuetgpRiNCj-vq-1Bq6udZjW7jO--eLSToUkcGnFONcgnAuZLbVd0aAjJvEALw\\_wcB](https://www.solatube.com.mx/?gclid=Cj0KCOjw4eaJBhDMARIsANhrQABuetgpRiNCj-vq-1Bq6udZjW7jO--eLSToUkcGnFONcgnAuZLbVd0aAjJvEALw_wcB)
- Ferrán, R. B. (2022). *Agricultura Urbana, ¿alimentación segura?* Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/274824/>
- Fibromuebles. (2020). *Tanque Séptico Mejorado*. Obtenido de Fibromuebles de Costa Rica S.A.: <https://www.fibromuebles.com/producto/tanques-septicos-mejorados/>
- Fiscehl, E. (27 de setiembre de 2021). Diseño Sostenible. (A. Leiva, Entrevistador)
- Gestión Ambiental. (2015). *Inteco*. Obtenido de ISO 14001:2015: <https://www.inteco.org/shop/inte-iso-14001-2015-sistemas-de-gestion-ambiental-requisitos-con-orientacion-para-su-uso-1299?search=14001#attr=>
- Gobierno del Bicentenario. (2018). *Plan de Descarbonización Compromiso del Gobierno Bicentenario*. Obtenido de Costa Rica Gobierno del Bicentenario: [www.presidencia.go.cr](http://www.presidencia.go.cr)

- Gracia, A. (11 de enero de 2016). *Certificaciones Sostenibles: ¿Cuál es la más adecuada para tu proyecto?* Obtenido de Zero Consulting : <https://blog.zeroconsulting.com/comparativa-certificaciones-sostenibilidad>
- JET. (2021). *Planta JET Residencial*. Obtenido de Jet Wastewater Treatment Solutions: <https://www.jetincorp.com/residential-spanish.php>
- Jones, R. (10 de octubre de 2016). *Cómo la Infraestructura Determina el Clima del Planeta*. Obtenido de UNOPS: <https://www.unops.org/es/news-and-stories/insights/how-infrastructure-defines-our-climate>
- Keibel, R. (17 de julio de 2021). *Construcción Sostenible*. (A. Leiva, Entrevistador)
- Kibert, C. J. (2013). *Sustainable Construction*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- La Bioguía Oficial. (28 de junio de 2019). *Bioguía*. Obtenido de Techos verdes vivos: [https://www.bioguia.com/hogar/techos-verdes-vivos\\_29267965.html](https://www.bioguia.com/hogar/techos-verdes-vivos_29267965.html)
- MACOPA. (2015). *Catálogo de Productos*. Obtenido de American Standard: [http://www.macopa.com/sites/default/files/adjuntos-productos/catalogo-american-2015\\_0.pdf](http://www.macopa.com/sites/default/files/adjuntos-productos/catalogo-american-2015_0.pdf)
- Mora, G. (2016). *Construcción Sostenible*. *Revista CFIA Ed. 264*, 16-17.
- Naciones Unidas. (12 de diciembre de 2015). *Acuerdo de París*. Obtenido de United Nations Climate Change: <https://unfccc.int/>
- Navarro, E. M. (06 de octubre de 2013). *Tablas de Mahoney*. México.
- Nelson , C., & Laquidara-Carr, D. (2018). *SmartMarket Report*. Obtenido de World Green Building Trends 2018: <https://www.worldgbc.org/sites/default/files/World%20Green%20Building%20Trends%202018%20SMR%20FINAL%2010-11.pdf>
- Nieto, A. (2011). *Sistemas de Volumen de Aire Variable -VAV*. Obtenido de Mundo HVAC&R: <https://www.mundohvacr.com.mx/2006/02/62-3/>

- PEDREGAL. (2020). *ECOFAMILIA*. Obtenido de ECOBLOCK: <http://pedregal.co.cr/fichas/FICHAS%202019/ECOFAMILIA/ECOBLOCK%20N12%20FT.pdf>
- Portal Ambiental. (19 de julio de 2021). *Portal Ambiental*. Obtenido de Agrocrete, ladrillos ecológicos hechos con desechos agrícolas y cáñamo: [https://portal-ambiental.com/ecologia/ingeniero-creo-agrocrete-ladrillos-ecologicos-hechos-con-desechos-agricolas-y-canamo/?fbclid=IwAR3G3PV\\_f7dkDgpVPPMi1w0tdEy2QwSytGRtku2xQrgF5YRP2LxePGOlpuo](https://portal-ambiental.com/ecologia/ingeniero-creo-agrocrete-ladrillos-ecologicos-hechos-con-desechos-agricolas-y-canamo/?fbclid=IwAR3G3PV_f7dkDgpVPPMi1w0tdEy2QwSytGRtku2xQrgF5YRP2LxePGOlpuo)
- Rise. (15 de abril de 2019). *Rise Design Studio*. Obtenido de Rammed earth walls: <https://risedesignstudio.co.uk/blog/index.php/2019/04/15/rammed-earth-walls/>
- Rizzardini, F. (19 de abril de 2021). *El Pasto y la Escasez de Agua*. Obtenido de CONEXIÓN365: <https://www.conexiones365.com/nota/expo-cihac/arquitectura/pasto-y-escasez-de-agua>
- Rotoplas. (2021). *Biodigestor*. Obtenido de Rotoplas México: <https://rotoplas.com.mx/productos/tratamiento/biodigestor/>
- Salinas, J. (mayo de 2016). *Asamblea Legislativa República de Costa Rica*. Obtenido de <http://www.asamblea.go.cr/ga/Proyectos%20Sede%20Legislativa/2-Proyecto/PROYECTO%20EDIFICIO%20ASAMBLEA%20LEGISLATIVA.pdf>
- SIPA. (2020). *Sustainable Building with SIPs*. Obtenido de Structural Insulated Panel Association: <https://www.sips.org/resources/sustainability>
- TESLA. (2020). *Tesla*. Obtenido de Solar Roof: <https://www.tesla.com/solarroof>
- The Green Studio. (10 de enero de 2017). *Qué es diseño pasivo?* Obtenido de The Green Studio : <http://www.thegreenstudio.es/que-es-diseno-pasivo/arquitectura-sostenible/>
- Vertical Magazine. (18 de diciembre de 2018). *¿Qué son los muros verdes?* Obtenido de Vertical Magazine: <https://vertdicalmagazine.com/muros-verdes/>
- Vince Studio. (09 de febrero de 2020). *Vince Studio CR*. Obtenido de ¿Qué es una biojardindera? : <https://vincestudiocr.com/blog/que-es-una-biojardinera/>

World Green Building. (2020). *About Green Building*. Obtenido de Worl Green Building Council:  
<https://www.worldgbc.org/benefits-green-buildings>

## ANEXO A

A manera de ejemplo se va a especificar la categoría "agua" y la subcategoría "ahorro de agua en los sistemas temporales que se emplean durante el proceso constructivo" de construcción sostenible.

Cuadro 10. Ejemplo de medidas de alto y bajo aporte en construcción sostenible

Categoría	Sub-categoría	Construcción Sostenible	
		Medidas de alto aporte	Medidas de bajo aporte
Agua	Ahorro de agua en los sistemas temporales que se emplean durante el proceso constructivo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llevar estadísticas consumo</li> <li>2. Curador en vez de agua para curado del concreto</li> <li>3. Uso pega bloque para reducir días de fraguado y el agua que se usa en este proceso</li> <li>4. Uso de concreto premezclado: controla consumo agua</li> <li>5. Uso de aireadores en lavatorios comunes</li> <li>6. Uso de concreto Hidratium</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programa de revisión fugas en mangueras y llaves</li> <li>2. Pistolas para controlar uso del agua en mangueras</li> <li>3. Para concreto fabricado en sitio: "Colocar un rótulo con la dosificación del concreto cerca de donde se produce"</li> <li>4. Mamparas verticales de sarán para control de polvo</li> <li>5. Malla de sarán en los montículos de tierra producto del zanjeo para contener polvo</li> <li>6. Inodoros de bajo consumo</li> <li>7. Sistema de contrapeso en servicio sanitario</li> <li>8. Rutina frecuente de revisión de mangueras con daños</li> <li>9. Sistema de lavamanos con pedal para personal de campo</li> <li>10. Orinal seco</li> </ol>

	<p>Reducir la generación de aguas residuales, así como la disposición adecuada de las mismas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Construcción de sedimentadores para evitar contaminación</li> <li>2. Fosa lavado equipos y herramientas</li> <li>3. Capacitación</li> <li>4. Construir sedimentadores en pilas de lavado</li> <li>5. Zona de lavado de equipos con sedimentos de concreto. Lavador con piedra cuartilla como medio de filtro</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Técnica de triple lavado</li> <li>2. Utilizar cabinas sanitarias con adecuada disposición de las aguas</li> </ol>
	<p>Para el proceso constructivo se aprovechan fuentes alternativas de recurso hídrico de acuerdo con el tipo de procesos constructivos que se ejecuta</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de tanquetas de agua para riego de zonas expuestas a excesivo polvo o particulados</li> <li>2. Reutilización de agua para procesos constructivos</li> <li>3. Sistemas y dispositivos que permitan la "cosecha de agua de lluvia" para diferentes procesos durante la construcción</li> <li>4. Sistema de recolección de agua para utilizar en proceso de compactación de suelo y calle, así como componente del mortero para los procesos de pegablock</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reutilizar el agua de lavado de manos</li> <li>2. Reutilizar agua del sedimentador</li> </ol>

Como podemos observar en el Cuadro 10. La subcategoría en evaluación cuenta con seis medidas de alto impacto y diez medidas de bajo impacto. También se puede observar en el Cuadro 11, que a esta subcategoría se le asigna un valor de 5%.

Cuadro 11. Ejemplo de porcentaje asignado por subcategoría en la categoría agua

<b>Categoría</b>	<b>Sub Categoría</b>	<b>Porcentaje asignado</b>
<b>Agua</b>	Estrategias o uso de dispositivos de ahorro de agua potable	5%
	Reducir la generación de aguas residuales, así como la disposición adecuada de las mismas	5%
	Para el proceso constructivo se aprovechan fuentes alternativas de recurso hídrico de acuerdo con el tipo de procesos constructivos que se ejecuta	5%
	<b>Total</b>	<b>15%</b>

En base a lo mencionado, se elabora un sistema de obtención de un respectivo puntaje respecto a la cantidad de medidas que se van a implementar en un proyecto. Como se mencionó anteriormente, la obtención de un 1.0 equivale a todos los puntos, y la obtención de un 0 equivale a cero puntos.

Cuadro 12. Ejemplo de nota en una categoría

	Bajo impacto					
		0	1	2	3	4+
Alto impacto	0	0	0	0	0.3	0.4
	1	0	0	0.4	0.5	0.6
	2	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0
	3+	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Por lo que, si se escoge, en la categoría agua, subcategoría dispositivos de ahorro de agua potable, una medida de alto impacto, y tres medidas de bajo impacto, como se muestra en tabla anterior, se obtendrá la mitad de la nota de esa subcategoría, es decir un 2.5%. Al completar las subcategorías, estas puntuaciones se suman para dar un resultado final a la categoría agua, en este caso, el cual sería un máximo a puntuar de 15%.