

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**Elaboración de una herramienta multicriterio para evaluar la
sostenibilidad de complejos multifamiliares en el Perú**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

José Luis Wong Villanueva

ASESOR: Ramzy Kahhat, Ph. D.

Lima, mayo de 2015

RESUMEN DE TESIS

La preservación del medio ambiente es ahora una preocupación mundial. El hombre, a través de los años, ha perseguido el desarrollo a cualquier precio, que a menudo culmina en impactos ambientales graves. El siguiente trabajo de investigación presentado sirve para evaluar la sostenibilidad de complejos multifamiliares en el Perú. Alineado con lo que hemos vivido en el siglo XXI, es necesario integrar la Sostenibilidad a la Ingeniería Civil en función de utilizar los recursos disponibles en el presente sin agotarlos y comprometer el medio ambiente para las generaciones futuras. Actualmente, hay una necesidad de cambio frente a cómo la ingeniería civil busca mejorar la calidad de vida ya que a lo largo de los años fue perdiendo su esencia antropocéntrica en función de una mayor ganancia económica.

Por lo tanto, es necesaria una integración para poder restituir el valor del ser humano y el ambiente, y mostrar a la economía que es posible generar ingresos aún mayores si en verdad se busca dar un servicio de calidad al hombre y toda sociedad.

Siendo la sostenibilidad un concepto tan amplio ¿cómo podría integrarse a una carrera tan estructurada, sistematizada, reglamentada? Es en esta fase donde entra el aterrizaje de la interdisciplinariedad de la sostenibilidad a través de la elaboración de una herramienta multicriterio que permita esbozar estos alineamientos dentro del entorno de construcción de edificios, más en particular, de complejos multifamiliares.

Esta herramienta serviría de guía para no solo evaluar el ciclo de vida de los edificios, sino para proyectar el edificio desde su concepción, dándole la flexibilidad necesaria para su diseño. Para ello, se tuvo de referencia 4 certificaciones internacionales: *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED), *Code for Sustainable Homes* (CSH), *Living Building Challenge* (LBC), *National Green Building Standard* (NGBS) seleccionadas por su accesibilidad a la información, uso mayoritario y reconocimiento internacional. Estas certificaciones fueron analizadas, evaluadas y comparadas con el fin de encontrar los puntos en común y a partir de la base teórica referente a edificios sostenibles y la mirada crítica de un panel de especialistas, desarrollar una herramienta adaptando los conceptos y generando criterios generales de clasificación.

Palabras Claves: Sostenibilidad, Ingeniería Civil, construcción, herramienta multicriterio.

I.	CAPÍTULO I: SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCION	5
1.	IMPORTANCIA DE SER SOSTENIBLE EN NUESTRA SOCIEDAD	5
1.1.	¿QUÉ ES LA SOSTENIBILIDAD?	5
1.2.	LA SOSTENIBILIDAD EN TÉRMINOS ECÓNICOS, AMBIENTALES Y SOCIALES	7
1.3.	LA NECESIDAD DE SER SOSTENIBLE EN EL MUNDO DE HOY	8
2.	LA INGENIERÍA CIVIL DE AHORA Y LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN	10
2.1.	¿CUÁL ES LA RAZÓN POR LA QUE EXISTE LA INGENIERÍA CIVIL Y CÓMO SE RELACIONA CON LA SOSTENIBILIDAD?	10
2.2.	EL MUNDO DE LA CONSTRUCCIÓN DE HOY: HEGEMONÍA DEL PODER ECONÓMICO FRENTE A LAS CUESTIONES SOCIO-AMBIENTALES	11
2.3.	ESPECIFICACIONES SOBRE LOS COMPLEJOS MULTIFAMILIARES	14
3.	SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	15
3.1.	¿QUÉ ES UNA EDIFICACIÓN SOSTENIBLE?	15
3.2.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN SOSTENIBLE: CERTIFICACIONES INTERNACIONALES	18
II.	CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE	20
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CLASIFICACIÓN DE SOSTENIBILIDAD	20
4.1.	LA TRIPLE LÍNEA BASE	20
4.2.	CICLO DE VIDA DEL EDIFICIO	22
4.3.	CRITERIOS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES	24
5.	CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN EL MUNDO	27
5.1.	LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN (LEED)	27
5.2.	CODE FOR SUSTAINABLE HOMES (CSH)	30
5.3.	LIVING BUILDING CHALLENGE (LBC)	32
5.4.	NATIONAL GREEN BUILDING STANDARD (NGBS)	34
III.	CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Y SU METODOLOGÍA	37
6.	IMPORTANCIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	37
7.	DELIMITACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	38
7.1.	OBJETIVOS GENERALES	38
7.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
7.3.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	39
7.4.	LIMITACIONES Y ALCANCE	43
IV.	CAPÍTULO IV: GENERACIÓN Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA	45
8.	COMPARACIÓN DE CERTIFICACIONES Y DELIMITACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD	45
9.	GENERALIDADES DE LA HERRAMIENTA	49
10.	DISEÑO DE LA HERRAMIENTA	51
10.1.	PRIMERA PARTE: DISEÑO CUANTITATIVO (MÉTODO DELPHI)	52
10.2.	SEGUNDA PARTE: DISEÑO CUALITATIVO (ENTREVISTAS)	54
V.	CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN COMPLEJOS MULTIFAMILIARES	57
VI.	CONCLUSIONES	64
VII.	PROYECCIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	67
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	70

I. CAPÍTULO I: SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCION

El capítulo I es introductorio al trabajo de investigación y se divide en 3 partes. La primera parte trata sobre qué es la sostenibilidad y su importancia en el mundo de hoy. La segunda, se refiere a la Ingeniería civil y la construcción y presta alcances de la problemática que genera en el mundo de hoy. La tercera y última parte se refiere a la integración de la sostenibilidad en la construcción y cómo se ha estado manifestando en los últimos años.

1. IMPORTANCIA DE SER SOSTENIBLE EN NUESTRA SOCIEDAD

1.1. ¿QUÉ ES LA SOSTENIBILIDAD?

¿Qué es ser sostenible en este mundo? Una de las definiciones que han perdurado con mayor fuerza de lo que es desarrollo sostenible es la de “desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer a sus propias necesidades” (United Nations, 1987). Sin embargo, nos damos cuenta que en muchas ocasiones el concepto de ser sostenible no se cumple porque no se alinea directamente a los intereses económicos de las empresas y países. A largo plazo, el no considerar la importancia de la sostenibilidad puede representar un gran impacto sobre el medio ambiente, sus recursos naturales y la sociedad en que vivimos.

De cierta manera, este panorama ha influenciado sobre la sociedad actual ya que está interiorizando este concepto en su vida diaria. Se dice que el 34% de los consumidores están más interesados en comprar un producto ambientalmente responsable y que el 44% del total no ha cambiado sus hábitos ambientales como resultado de la crisis económica

(Jaramillo-Staubli, 2009). Estos cambios de pensamiento abren una nueva puerta al desarrollo de productos con conciencia ambiental, lo cual revela un mercado con mucho potencial debido al valor agregado que tendrían los productos.

Es por estas razones, que actualmente en el mundo existe un boom del uso de la palabra sostenible. Según Engelman, director del *WorldWatch Institute*, existe un abuso de esta palabra por el mero fin de hacer más atractivos a los productos en el mercado: “Todo es sostenible, coches, negocios, Olimpiadas, ciudades, ropa, diseños, se quejó Engelman que consideró que este abuso había pasado de ser preocupante a descorazonador” (EfeVerde, 2013). En un mundo donde prima el beneficio económico y este falso concepto de ser sostenible (ya que en muchos casos no está interiorizado dentro del producto sino que es usado como marketing), es necesario tomar conciencia del impacto de nuestras acciones.

Es en este contexto donde entra la pregunta, ¿cómo podemos medir nuestro impacto? ¿Cómo podemos medir la sostenibilidad? ¿Qué criterios usar para esta medición? Cada año en el *World Economic Forum* realizado en la ciudad de Davos, donde se juntan los CEO's y líderes más importantes del planeta, se plantea esa pregunta de cómo calcular la medida del éxito en las compañías. “En particular, cómo medir el éxito en las compañías hoy se encuentra en términos de retorno de capital, [pero] ¿cómo mediremos el propósito, el éxito y la felicidad en el futuro?” (Tim Brown, 2013) Aunque la sostenibilidad es un concepto aún en formación, existen ciertos alineamientos para poder describirla.

1.2. LA SOSTENIBILIDAD EN TÉRMINOS ECÓNICOS, AMBIENTALES Y SOCIALES

Actualmente, la concepción de ser sostenible ha sido simplificada en la conocida triple línea base (triple bottom line), la cual sintetiza el equilibrio que existe entre los aspectos económicos, ambientales y sociales. Cada uno de estos ejes tiene como meta un principio utópico: la eficiencia económica, la conservación ambiental y la equidad social.

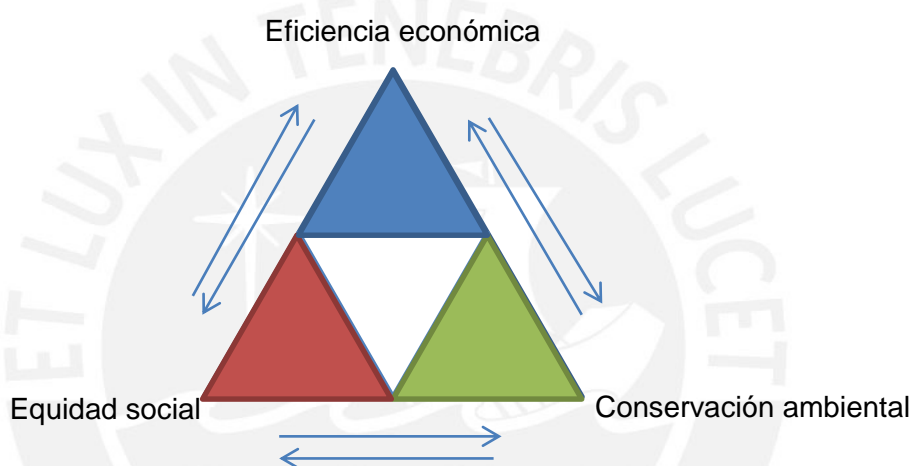


Figura 1: Triángulo de la sostenibilidad

La figura 1 representa el equilibrio entre los ejes de nuestro entorno. Si se da preferencia al aspecto económico, se consumirá una mayor cantidad de recursos naturales y se generará una gran contaminación, y a la vez aumentará la brecha entre las clases sociales dada la distribución socioeconómica actual. Si se da preferencia a la equidad social, ello costará una gran cantidad de recursos para potenciar las clases bajas y a la vez, se reducirán los recursos naturales ya sea por necesidad de emplazamientos donde vivir o por recursos naturales. Y si se busca un paraíso medioambiental, la economía difícilmente podría generar ingresos y la sociedad no puede subsistir sin productos derivados de los recursos naturales.

Es por ello que es necesario llegar a un equilibrio, y este equilibrio representa que debemos realizar sacrificios: quizá no se llegue a cumplir con alguno de las 3 utopías (eficiencia económica, conservación ambiental y equidad social), pero se buscará el punto medio para que nuestro sistema perdure en el tiempo (encuentre un balance). Al ser una “línea base”, permite diseñar un proyecto teniendo en cuenta estos 3 ejes, por lo que todo será evaluado mediante indicadores basados en llegar a un equilibrio. En otras palabras, determinar límites que permitan (o intenten) delimitar la concepción de sostenibilidad.

1.3. LA NECESIDAD DE SER SOSTENIBLE EN EL MUNDO DE HOY

¿Por qué debemos ser sostenibles? Frente a esta pregunta no solo tenemos una respuesta ética en pro de la sociedad, ni una respuesta que se atañe solo a la conservación ambiental, sino también como una necesidad de las empresas actuales para poder potenciar su *core business*¹ y tener una rentabilidad a largo plazo.

Desde el punto de vista ético, actualmente nos encontramos en una sociedad interconectada, en una aldea global en la cual los efectos locales (por ejemplo, la contaminación) puede tener repercusiones globales (como el calentamiento global). Por lo tanto, el asumir responsabilidades en aras de la sostenibilidad no es ahora una opción sino es un deber que forma parte de nuestro rol como ciudadanos del mundo y de cómo convivir dentro del mismo planeta con recursos limitados. En el mundo de hoy, nos encontramos con una ética de tercera generación, es decir una “Ética global que corresponde a la época de la aldea global y la necesidad de tomar en cuenta los problemas a la vez globales y

¹ *Core business* o giro del negocio se refiere al rubro que le genera rentabilidad. En el caso de las empresas constructoras, la construcción de edificios para venta, alquiler, etc. es su principal fuente de rentabilidad.

locales del Planeta Tierra, con todos sus integrantes humanos y no humanos” (Valleys, 2008). Ello implica una mayor complejidad y tener un mayor control sobre nuestros impactos.

Desde el punto de vista de los impactos ambientales, hoy en día la industria de la construcción genera aproximadamente el 40% de las emisiones de CO₂ de Estados Unidos (USGBC, 2012). En este mismo país, más del 40% de los recursos brutos se emplean para los edificios y se generan más del 30% de los desperdicios (Bergman, 2012). Frente a esta realidad, no podemos decir aún que estamos aplicando el concepto de sostenibilidad en la construcción. Peor aún, estamos alterando el medio ambiente e intentamos mostrar que vamos por el camino correcto a través del abuso de la palabra sostenibilidad cuando esta no ha sido interiorizada dentro de las empresas.

Sin embargo, actualmente muchas empresas están interiorizando este concepto no solo porque lo sienten como un deber moral o por el cuidado del medio ambiente, sino porque saben que a largo plazo, potenciar su *core business*. Es en este contexto donde ha surgido el concepto de Responsabilidad Social Corporativa (RSC), que según Michael Porter, representa “la mutua dependencia entre las corporaciones y la sociedad que implica que las decisiones de negocios y las políticas sociales deben seguir el principio del valor compartido” (Porter & Kramer, 2006). En otras palabras, “la sostenibilidad corporativa [que nace de la RSC] es un enfoque de negocio que persigue crear valor a largo plazo para los accionistas mediante el aprovechamiento de oportunidades y la gestión eficaz de los riesgos inherentes al desarrollo económico, medioambiental y social” (Pinillos y Fernández, 2011). Por esas razones, la sostenibilidad pasa de ser un concepto moral a ser una estrategia de mitigación de impactos y de cómo, interactuando con los *stakeholders* de la empresa, puede llegar a generar mayores creces en la gestión del *core business*.

2. LA INGENIERÍA CIVIL DE AHORA Y LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN

2.1. ¿CUÁL ES LA RAZÓN POR LA QUE EXISTE LA INGENIERÍA CIVIL Y CÓMO SE RELACIONA CON LA SOSTENIBILIDAD?

Esta sección va tratar sobre el porqué de la ingeniería civil, ya que para hablar sobre mediciones de la sostenibilidad en edificios es necesario saber el trasfondo de lo que acarrea un edificio. Sin entrar a una cuestión filosófica, la carrera de ingeniería civil tiene como finalidad última mejorar la calidad de vida de la sociedad. Desde tiempos inmemorables las personas han vivido donde han podido (cuevas, bosques, etc.), pero debido a su sentido de superación y de querer algo mejor para el desarrollo de la vida comunal y privada, han ido implementado las nuevas tecnologías que han ido surgiendo para lograr dicho objetivo.

Teniendo como principio que la ingeniería civil tiene como eje medular el bienestar de la sociedad, más en particular, que las personas encuentren un lugar donde convivir e interactuar, todas las fases que involucran una obra deben apuntar a ello: a mejorar la calidad de vida de las personas. Desde la concepción de lo que se va construir, debe de buscarse satisfacer las necesidades de la sociedad para mejorar esa interacción entre las personas y la interacción con el medio ambiente (partiendo de la premisa que no es posible una sociedad sin un ecosistema que soporte nuestro modo de vida).

Sin embargo aquí entra a tallar el último lado del triángulo de la triple línea base, referido al perfil económico. Ser sostenible no implica necesariamente el uso de sistemas

de alta tecnología o sistemas de cero impacto, pero si requiere inversiones inteligentes acorde a cada contexto socio-territorial.

La sostenibilidad plantea el equilibrio entre los ámbitos económicos, sociales y ambientales con el fin de mejorar la calidad de vida y el entorno donde vivimos. Ello quiere decir que nadie buscaría que un poblado tenga deshumecedores de aire ni sensores térmicos si ello resultaría muy contraproducente. Lo más viable sería usar materiales de la zona para crear confort dentro del hogar. Por lo tanto, para medir el grado de sostenibilidad, más que el cumplimiento de criterios técnicos debe enfocarse a seguir lineamientos que generen el mismo efecto, quizá no en el mismo grado tecnológico, pero que si ocasione la misma sensación sobre los habitantes.

2.2. EL MUNDO DE LA CONSTRUCCIÓN DE HOY: HEGEMONÍA DEL PODER ECONÓMICO FRENTE A LAS CUESTIONES SOCIO-AMBIENTALES

Actualmente, el sector de la construcción es el mayor emisor de gases de efecto invernadero (8.600 millones de toneladas de CO₂ equivalente), debido a que un tercio de la energía mundial se consume dentro de los edificios (PNUMA, 2009). Además, el sector de la construcción es responsable de más de un tercio del consumo mundial de materias primas, incluido el 12% del agua dulce, y contribuye significativamente a la generación de residuos sólidos estimado en un 40% (PNUMA 2011). De acuerdo a las proyecciones del escenario de alto crecimiento del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), la huella climática del sector construcción podría casi duplicarse hasta alcanzar el equivalente a 15.600 millones de toneladas de dióxido de carbono antes del 2030 (aproximadamente un 30% de las emisiones de CO₂ relacionado con el consumo eléctrico) (IPCC, 2007).

Teniendo este panorama, nos damos cuenta del impacto sobre las fuentes de energía, de agua, de los materiales y de los residuos y estos terminan derivando en un peligro para la sociedad (contaminación de aguas, destrucción de suelos, contaminación generada por residuos, etc.). Sin embargo, la construcción también puede impactar directamente en la sociedad. Uno de los más reconocidos en el mundo actual es el de la Presa de las 3 Gargantas ubicada en China: “Uno de los efectos más visibles de la colocación de la represa en las Tres Gargantas será la pérdida y la fragmentación masiva de hábitats por causa de la inundación de más de 600 km² de terreno, fenómeno que resultará intensificado por la reubicación de alrededor de 1.4 millones de personas” (López-Pujol, 2008). Cuando el nivel del embalse alcance 175 metros, alrededor de 1 300 fábricas y minas, cerca de 4 000 hospitales, casi 40 000 cementerios y aproximadamente 200 tiraderos de basura estarán sumergidos (ibid) Además, en el 2000 se contaban cuando menos 1282 lugares de interés cultural dentro del área que sería inundada (Chen Shen, 2000). La pérdida de cultura, servicios básicos y realocación de poblaciones representan una gran pérdida del capital social. A pesar de ser una obra que proporcionaría energía, el costo por obtener solo el 3% de la energía del consumo interno chino (CSEE, 2006) representa muy elevado frente a la degradación ambiental y cultural del emplazamiento.

El sector construcción está creciendo a pasos agigantados en todo el planeta, pero el impacto socio ambiental ha terminado siendo muy alto para lograr el beneficio económico que gozamos ahora. Actualmente se enfoca la mayor parte del sector en la optimización del dinero y cómo generarlo más rápido. Es por ello también el éxito actual de nuevas tecnologías como la construcción sin pérdidas (Lean Manufacturing) y el *Building Information Modelling* (BIM) para reducir las pérdidas y gestionar a un nivel más holístico las obras para reducir los errores. Actualmente se ha armado todo un sistema de gestión de calidad, mas este no incluye los riesgos ambientales o sociales que podrían contener.

La sostenibilidad en la construcción no implica reducir el crecimiento económico, sino considerar los factores socio-ambientales dentro de esta fórmula. Ello no representa una meta muy lejana ya que se tiene muchos casos exitosos de este desarrollo. En Bogotá, el Centro Social Compensar estaba proyectado a gastar 2,566,080 kWh con una inversión en equipos de 890,000 dólares. Sin embargo, rediseñando los flujos térmicos, acústicos y de ventilación, se redujo dicho consumo a 513,216 kWh y a 85,000 dólares el uso en equipos. Lo mismo sucedió en el edificio FASA S.A. de Santiago de Chile: el consumo energético paso de 6,000,000 kWh a 125,000 kWh y la inversión inicial en equipos bajo de 1,250,000 dólares a 200,000 dólares. Ello significa una reducción del 96.1% del consumo energético mensual en un proyecto 6.25 veces más económico en su inversión inicial (Ramírez, 2009).

Estos casos demuestran los beneficios que pueden acarrear los edificios sostenibles (concepto que definiremos más adelante) a la sociedad. Ya tampoco existen excusas para tildarlos de costosos dado que incluso a corto plazo es posible reducir los costos si se posee un diseño óptimo, y además, se observa su bajo consumo energético a lo largo de su etapa de uso. Por lo tanto, es posible afirmar que todo parte de un diseño que esté acorde a las necesidades tanto del ambiente (aprovechando las condiciones bioclimáticas del lugar), de la sociedad (el público para cual va servir) y de la economía (dentro de los parámetros de inversión a corto y largo plazo) involucradas en el proyecto de construcción.

La pregunta de ahora sería, ¿cómo replicar el modelo? ¿Cómo generar un modelo de desarrollo para reducir estos impactos? ¿Qué lineamientos debemos seguir para que el edificio sea sostenible en cada fase de su ciclo de vida?

2.3. ESPECIFICACIONES SOBRE LOS COMPLEJOS MULTIFAMILIARES

El concepto de sostenibilidad dentro de la construcción genera lineamientos utilizables en todo tipo de edificios, sin embargo, la tesis abarcará principalmente el tema de complejos multifamiliares. Desde el punto de vista que la ingeniería civil busca mejorar el convivir, de cierta manera la médula de esta búsqueda recae en las viviendas familiares. Sin embargo, pensar en unidades unifamiliares representa un costo unitario mayor que si hablamos de complejos multifamiliares ya que estos complejos permiten el aprovechamiento del espacio a través crecimiento vertical de las estructuras (Ahmar, 2007).

Además, el alto costo del terreno en Lima está obligando a las inmobiliarias a ejecutar proyectos de mayor altura para ser rentables (El comercio, 2013). Por esa razón, no sería tan conveniente construcción de viviendas particulares si además el costo se elevaría con la posibilidad de emplear tecnologías nuevas para edificios sostenibles. También, se tiene pronosticado que para el 2014, se prevé un crecimiento del 12% respecto a las ventas de viviendas (El comercio 2013), por lo cual, los complejos multifamiliares tendrían más éxito al invertir menos en el préstamo de los mismos servicios que casas unifamiliares.

3. SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

3.1. ¿QUÉ ES UNA EDIFICACIÓN SOSTENIBLE?

Definir que es un edificio sustentable puede llegar a ser tan fácil como decir que representa aplicar los conceptos de sostenibilidad en la construcción, como puede llegar a ser tan complejo por el nivel de integración de diferentes áreas para tan solo la concepción de un edificio como idea. Como se menciona en el libro *Holistic Housing*, lo que diferencia a un edificio sostenible de uno normal es una serie de cualidades de diseño como su compatibilidad social (que tan buena es su interacción con el grupo humano que mora en dicho lugar), el cumplimiento de requerimientos técnicos y estéticos y su vinculación con la identidad cultural de la sociedad (Drexler & El Khouli, 2012).

Aparte del enfoque antropocéntrico, frente al espacio en donde será construido surge la siguiente pregunta ¿Qué es más óptimo: adaptarnos al medio ambiente o adaptarlo a nosotros mismos? Esta es una de las interrogantes que siempre ha surgido en la interacción de nuestra sociedad con la naturaleza, y la respuesta no es ni una ni la otra, sino ambas. El medio ambiente posee recursos que proveernos pero a la vez, perjuicios que buscamos solucionar a través de nuestras actividades económicas en búsqueda del bienestar común. Frente a esta contienda, es necesario buscar la solución más óptima, en la que es aprovechar lo que nos brinda el ecosistema, amoldar nuestras necesidades en este y desarrollar un proyecto viable según dichas condiciones. A este tipo de diseño se le considera bioclimático, el cual es un enfoque que ha tenido mucha recepción para poder llevar a cabo el diseño de edificios sostenibles.

Pero ¿qué es una edificación sostenible? Tomando la primera apreciación que presentamos, podemos decir que es el alineamiento de un edificio a los principios de la sostenibilidad, que en término más técnicos podemos interpretarlo como la gestión de los impactos económicos, ambientales y sociales durante todo el proceso de construcción desde su concepción como idea hasta su deconstrucción. Mucho de los impactos de un edificio pueden ser preconcebidos en la etapa de diseño, por lo que esta etapa requiere un mayor detenimiento y aplicación de conceptos. Respecto a esto, existen muchas tendencias como la construcción bioclimática, la construcción *Passivhaus* (vivienda pasiva), la bioconstrucción, etc. Muchas de estas tendencias tienen como origen los principios bioclimáticos, por lo que a continuación se describirá con más énfasis este tipo de construcción. Antes hay que recalcar que la construcción bioclimática no es lo mismo que construcción sostenible, ya que no necesariamente que un edificio bioclimático sea sostenible en el tiempo.

Entre los pioneros de la bioclimática, se encuentran los hermanos Olgyay, quienes describen el diseño bioclimático como una interrelación entre el clima, la biología, tecnología y Arquitectura. El clima se refiere a las características anuales (temperatura, humedad relativa, radiación solar y efectos del viento) y las condiciones microclimáticas. La evaluación biológica se basa en las sensaciones humanas. Según los datos del ambiente, se obtiene una gráfica bioclimática que nos muestra el efecto de los elementos climáticos sobre la persona y sobre qué medidas tomar para satisfacer cierto grado de confort. Para ello, se implementan soluciones tecnológicas para interceptar las adversidades, utilizar las ventajas existentes y generar condiciones equilibradas (determinando el lugar, orientación, forma de vivienda, etc.) Estas soluciones se implementan en la arquitectura, equilibrando las condiciones del lugar, el diseño sistemático y el ordenamiento urbano (Olgyay, 2002).

Hay que tener en cuenta que un edificio es un sistema dentro de un ecosistema. Por lo tanto, la cuestión de la sostenibilidad se encuentra en la interacción de ambos sistemas: en qué grado la naturaleza o entorno provee de recursos (agua, energía, etc.), y cuál es el impacto del edificio dentro de este (Contaminación, estética, etc.).

Metodológicamente, conociendo las necesidades básicas del edificio, lo que se debe de hacer es realizar la toma de datos (u obtenerlos de la data existente) y encontrar el grado de confort óptimo dentro del macroclima a lo largo del tiempo (identificar las principales características estacionales). Seleccionando un emplazamiento en particular (microclima), debe de buscarse las condiciones más equilibradas a través de la variación de la orientación, sombra, forma, etc. Ello se realizará mediante programas de modelamiento. Finalmente, se termina el proceso arquitectónico volviendo a reconsiderar los criterios de confort, el cálculo del calentamiento térmico, la planificación heliotérmica, etc.

El diseño bioclimático puede ser considerado como un proceso iterativo con el fin de balancear o ponderar los criterios de diseño, y como se observa, no existe una única solución. Posiblemente, se obtendrá más de una solución dependiendo de la principal necesidad a cubrir. La variabilidad del sistema impide tener una única respuesta, pero si una gama de estas y de esta manera poder comparar si estos diseños son mejores que los que actualmente realizamos.

3.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN SOSTENIBLE: CERTIFICACIONES INTERNACIONALES

¿Cómo sabemos si un edificio es sostenible? Actualmente es posible que al usar técnicas sobre bioclimática o uso eficiente de materiales, la vivienda llegue a un buen nivel de sostenibilidad. Sin embargo, es necesario parámetros para evaluar al edificio, y también para poder replicarlo. A nivel internacional existen una serie de certificaciones para medir que tan “verde” es un edificio (más adelante realizaremos un análisis de las certificaciones presentadas). Observando el acceso a la información de cada certificación, su uso mayoritario, el tipo de edificaciones a la cual va dirigida, la filosofía base y el contexto territorial, se han elegido 4 certificaciones que destacan: *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED) es una certificación que se implementa en más de 140 países y es la que tiene más repercusión en nuestro país, el *National Green Building Standard* (NGBS) que es la certificación de la *National Association of Home Builders* (NAHB) una de las asociaciones más grandes de Estados Unidos dedicadas a la construcción de casa, el *Code for Sustainable Homes* (CSH) que es el estándar nacional de construcción sostenible de Inglaterra (Certificación europea), y el *Living Building Challenge* (LBC), una certificación más reciente pero considerada más drástica que LEED u otras conocidas debido a su filosofía base (Leedham, 2011).

Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) es reconocida en más de 140 países y territorios porque sus proyectos se encuentran entre los más ahorradores y de alta performance (USGBC, 2014). Sin embargo, ha sido duramente criticado por los altos costos

que involucraba², además de su alto grado de precisión que impide ser flexible en el diseño. Los criterios de evaluación se rigen en 7 aspectos: emplazamiento sostenible, eficiencia del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad del ambiente interior, innovación en el diseño, y prioridad regional. El *Code for Sustainable Homes* (CSH) es un estándar normativo de Inglaterra que incentiva el uso de prácticas sostenibles para la construcción de casas. Este código actúa sobre 9 categorías: energía y CO₂, agua, materiales, agua de escorrentía superficial, residuos, contaminación, salud y buen vivir, gestión, y ecología.

En Estados Unidos, junto con LEED uno de los más grandes *rating codes* es el *National Green Building Standard* desarrollado por la *National Association of Home Builders* (NAHB) en cooperación con el *International Code Council* (ICC). Tiene una estructura similar, pero su diferencia se encuentra en la tercerización de la verificación de los criterios. El *International Living Future Institute* (ILFI) es otra entidad dedicada a la búsqueda de la sostenibilidad en construcciones, básicamente con la intención de que los ciudadanos asuman el “reto” de imaginar y crear edificios que se amolden a las bioregiones. Este “reto” se conoce como el *Living Building Challenge* (LBC) que esquematiza una matriz de criterios y objetivos ponderando con mayor fuerza la dimensión social.

Actualmente, en el Perú existe el Código Técnico de Construcción Sostenible. Esta no es una certificación, sino un conjunto de normas pero que solo ve los aspectos de eficiencia energética e hídrica, y no contempla los otros ámbitos que las demás certificaciones presentan.

² A los inicios de la implementación de LEED, la incertidumbre con respecto a los requisitos del sistema, junto con la experiencia resultó en primas de costos sustanciales para los edificios con certificación LEED, tan alto como un 25 por ciento por encima de los costos de construcción convencionales en algunos casos (Nicolow, 2008).

II. CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE

El presente capítulo hará hincapié a describir a mayor profundidad qué conceptos se implementan para clasificar la sostenibilidad. La primera parte describe a mayor profundidad la triple línea base y otros enfoques que puede considerar, se explica sobre el ciclo de vida de los edificios y se explora sobre los criterios básicos de diseño de edificaciones sostenibles. La segunda parte es una breve explicación y análisis de las certificaciones internacionales mencionadas que servirán de base para el trabajo de investigación.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CLASIFICACIÓN DE SOSTENIBILIDAD

1.1. LA TRIPLE LÍNEA BASE

En el primer capítulo se comentó un poco de la triple línea base y la interdependencia entre los aspectos económicos, sociales y ambientales. Sin embargo, hay un gran número de maneras de valorar las variantes en el concepto o en los componentes del edificio (Drexler, 2012). Ejemplos a resaltar son los casos del *Pearl Building Rating System* (PBRS), el sistema de valoración alemán *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen* (DGNB), el *MINERGIE®-ECO tool* (CH), etc.

A continuación, explicaremos un poco más acerca del *DGNB assessment system*, el cual es una certificación alemana usada generalmente en la parte preliminar de los proyectos de construcción. El sistema DGNB cubre con todos los aspectos claves de la sostenibilidad del edificio: ambiental, económico y sociocultural, y aspectos funcionales: tecnología, procesos y emplazamiento (DGNB, 2013).

Según el reporte de *Force Technology*, organización danesa de consultoría, la puntuación y sistema de clasificación se da en la siguiente proporción:

- Ecological quality (22.5%), subdividido en 11 criterios
- Economical quality (22.5%)
- Sociocultural and functional quality (22.5%)
- Technical quality (22.5%)
- Quality of the process 10%)

(Schmidt, 2012)

Como se observa, los 3 pilares son la base de la evaluación, pero existen dos criterios transversales: el técnico y el referido a procesos. En esta parte, explicaremos un poco más acerca de estos dos nuevos elementos adheridos y cómo benefician la medición de parámetros.

Cuando se refiere a la calidad técnica, hace mención a los mínimos de calidad dentro de la edificación, por ejemplo, que las herramientas se encuentren certificadas, que los métodos usados estén reglamentados o sus procesos estén estandarizados, mantener un back up de toda la información, tener los documentos actualizados, evaluación de los sistemas de gestión (que se encuentren detallados y definidos) y control, etc.

La calidad referente a los procesos principalmente está destinada a ver los procesos dentro de la construcción y el cumplimiento de su periodicidad en caso de procesos que se suelen repetir (como es el caso del mantenimiento a lo largo de la etapa de ocupación de la edificación). Que los procesos estén estandarizados se encuentran dentro del criterio técnico, este aspecto se trata de los procesos que deben realizarse.

1.2. CICLO DE VIDA DEL EDIFICIO

¿De qué serviría que un edificio que minimice sus impactos ambientales durante sus años de vida si al final de esta ninguno de sus materiales es reusable o reciclable? ¿De qué sirve comprar equipos que mejoren el confort humano –dígase por ejemplo calefacción, iluminación, etc. - si estos generan un gran consumo de energía? Por esas y más interrogantes es necesario ver al edificio como un todo durante todo su ciclo de vida: desde que se concibe la idea de para qué va ser usado, hasta que nos proyectamos luego de 50 a 70 años cuando llegue el momento de ser demolido y estén los residuos a la intemperie.

Proyectar una vivienda desde su inicio hasta su final puede llegar a ser complicado por la variabilidad. Normalmente uno es capaz de proyectar con precisión hasta apenas el edificio ha sido construido (como es lo tradicional). Proyectarse de aquí a 50 años, es un problema debido a la abundancia de posibilidades que pueden existir en ese periodo.

Puede decirse entonces que el principal problema es la variabilidad. A pesar de ser un proceso lineal, las suposiciones en las elecciones podrían tener consecuencias muy diferentes en un margen de 5 a 10 años, más aun si se proyecta de aquí hasta el final de su tiempo de vida. Adelantándonos a este tema, una posible solución es considerar el peor de los casos: considerar al edificio como un sistema estático (y no dinámico) y prolongar los ratios de eficiencia contando decaimientos usuales y periódicos dentro de los equipos o materiales. En otras palabras, considerarlo todo como un proceso lineal en el que, a pesar que en el futuro sea posible mejorar la eficiencia mediante nuevas tecnologías, se consideren los parámetros iniciales.

¿Cuáles son las etapas principales del ciclo de vida de un edificio? Keoleian de la Universidad de Michigan subdivide toda la vida del edificio en 3 grandes fases (haciendo referencia principalmente al consumo energético pero que no es un excluyente para delimitar estas fases): Fase de pre-uso, Fase de Uso y la Fase de fin de vida. La fase de pre-uso se refiere a actividades previas del uso que incluye extracción de materias primas, la fabricación de los materiales de construcción, el transporte de estos, la preparación del sitio y la construcción de la vivienda. La fase de uso se centra en 3 actividades: suministro de agua, suministro de electricidad y las actividades relacionadas al mejoramiento del hogar y mantenimiento (incluyendo la producción de componentes de repuesto). La fase de fin de vida se refiere a todas las actividades de la demolición de la casa, incluyendo la energía de demolición, transporte a vertederos o plantas de reciclaje (Keoleian, 2001). De las tres fases, es la fase de uso la que representa más del 90% del consumo total de energía en todo su ciclo de vida, seguida por la fase de pre-uso (Kahhat, 2009). Los impactos de la última fase son consecuencia de las dos anteriores. Por lo tanto, debe de tenerse en consideración el modelo inicial que generará el consumo energético durante la fase de uso.

Actualmente existe una herramienta para evaluar el ciclo de vida conocida como *Life Cycle Assessment*. Se usa para evaluar bienes y servicios y en el mundo de la construcción se puede utilizar para analizar la edificación como un todo. Según el libro *Sustainable Design* de David Bergman, hasta el momento se ha tenido un enfoque from *Cradle to Grave* (de la cuna a la tumba) esto es que las materias primas son utilizadas para la construcción, la cual consume energía y recursos y al final de su vida útil se busca reusar, reutilizar, reciclar o eliminar los restos que quedan (Bergman, 2012).

Sin embargo, este proceso puede ser optimizado. Por esa misma razón, en 2002 nace la idea del Cradle to Cradle (de cuna a cuna), el cual se redefine la manera de pensar. En lugar de centrarse en la manera como mitigar los impactos a través del reuso, reutilización y reciclaje, se plantea que a partir del diseño debe tenerse la consigna de “cero residuos”. El modelo *Cradle to Cradle* tiene en cuenta que en cada fase del ciclo de vida se pueden generar residuos, por lo cual es necesario que en la fase de diseño se prevea su mitigación y gestión para reducir los impactos ambientales y económicos.

1.3. CRITERIOS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES

Dentro del mercado de las certificaciones verdes o sostenibles, existen los denominados criterios de diseño para edificaciones, los cuales son ejes transversales a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio y cuyo impacto puede recaer tanto en el ámbito económico, social o ambiental.

Debido a que las certificaciones por analizar tienen varios campos en común, expondremos una manera de clasificar estos criterios de diseño basándonos en el libro *Sustainable Design: A Critical Guide* de David Bergman el cual agrupa dicho campos y los explica a detalle. Según esta fuente, existen 6 puntos en los cuales se deben de enfatizar: Problemas del sitio (*site issues*), eficiencia del agua (*water efficiency*), eficiencia eléctrica: técnicas pasivas (*energy efficiency: passive techniques*), eficiencia eléctrica, técnicas activas (*energy efficiency: active techniques*), calidad del ambiente interior (*indoor environmental quality*) y materiales (*materials*).

Los problemas del sitio se refieren a una primera y elemental forma de proporcionar al emplazamiento energía solar, fuentes de recursos naturales, cercanía a servicios básicos y transporte, etc. Dentro de este tema hay 4 acápite que enfatizar: expansión y desarrollo (interacción del edificio con su contexto urbano en el tiempo), tamaño del emplazamiento (tiene que ver mucho con la funcionalidad del edificio y la eficiencia en el espaciamiento), cuenca hidrográfica (en este ámbito entra lo que los torrentes pluviales, las fuentes de agua cercanas y como estas interactúan con la vegetación existente) y contaminación lumínica (tanto de exterior – que perturbe la vida dentro del edificio – como del interior – que provoque contaminación hacia los transeúntes o vida salvaje).

El tema de eficiencia del agua es uno de los más importantes debido a la escasez que podría existir en este siglo. Dentro del texto, se subdivide en 4 adagios: paisajismo y jardinería (relacionado al agua usada para irrigación), aguas grises (gestión de aguas pluviales y agua de uso cotidiano sin residuos orgánicos), eficiencia del agua (usar equipos o aparatos sanitarios que ahorren agua) y tratamiento de aguas residuales (tratamiento in situ de aguas o creación de humedales).

Además, las técnicas pasivas para la eficiencia energética se dividen en 11 categorías: masa térmica (retención de calor dependiendo de la cantidad y ángulo de proveniencia de este), construcción de doble envolvente (construir una cámara externa que evite el paso directo de la energía), bermas de tierra (uso de tierra como aislante), orientación solar (diagramación del hogar en función de la máxima eficiencia de la energía solar), relación superficie/volumen (reducción de dicho ratio para mayor eficiencia), ventanas y acristalamiento (dimensionamiento de aberturas para control de flujos térmicos), aislamiento (reducción del coeficiente térmico en elementos), techos frescos (reflexión del

calor), barreras radiantes (barreras para reflejar el calor), ventilación y circulación (generación de flujos térmicos apropiados) y casa pasiva (superaislamiento del hogar).

Las técnicas activas para la eficiencia energética se divide en 12 categorías: colectores térmicos solares (ej. Paneles solares para calentar el agua directamente), fotovoltaicos (paneles para generar energía), energía eólica (turbinas de viento), sistemas mecánicos (sistemas de calentamiento y enfriamiento mecánicos), eficiencia del agua caliente (calentar frente a la demanda), eficiencia lumínica (sistemas y equipos de fuentes de luz), temperatura de color (uso de dispositivos lumínicos que no pierdan tanto calor), fluorescentes (para mejorar la eficiencia lumínica – tener en cuenta que los gases empleados no deben ser tóxicos), diodos emisores de luz (más conocidos como LEDs), control lumínico (sistemas de gestión de la luz), luz natural (uso de tecnologías para aprovechar la luz solar) y modelamiento energético.

En relación a la calidad del ambiente interior, existe aire puro o adecuado para el edificio y condiciones térmicas adecuadas. Se puede observar 4 subdivisiones: cubiertas tóxicas (evitar el uso de materiales tóxicos dentro del edificio), confort térmico (control de la energía calórica del ambiente), biofilia (“naturalizar” el ambiente interno del edificio con vegetación) y filtración de aire (sistemas de purificación de aire).

El último punto hace referencia a los materiales de construcción implementados. Este es uno de los más importantes dado que la calidad del ambiente interior depende de que materiales se empleen. Se exponen 7 acápite relacionado a este tema: dematerialización (uso de prefabricados y predimensionados), materiales recuperados (reuso de estos), materiales reciclados (reprocesamiento y posterior uso), energía incorporada (incluir la concepción de gasto energético en la producción de materiales),

materiales renovables (uso de productos renovables de origen orgánico principalmente), durabilidad (diseñar en función a la deconstrucción) y responsabilidad social en materiales (ecodiseño).

Estos criterios son incorporados en todas las certificaciones internacionales, pero estos son evaluados de diferentes puntos de vista, bajo diferentes parámetros y llevan otros nombres o tienen otras consideraciones. Este tema lo veremos a continuación.

2. CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN EL MUNDO

En esta sección hablaremos de las 4 certificaciones internacionales mencionadas en el primer capítulo. En cada una de ellas, se explicara brevemente de que se tratan y explicará de qué manera tratan los diseños de criterio. A medida que se van explicando, se va realizando una breve comparación por cada criterio.

2.1. LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN (LEED)

LEED es la certificación de edificios verdes más conocidas del mundo, cuyo enfoque son 5 criterios principales y 2 transversales. Siendo una de las certificaciones más usadas en el mundo, ha sido respaldada por varias instituciones y a la vez criticada por implementar prácticas de elevado valor económico comparado con prácticas convencionales, idea que hasta hoy en día sigue debatiéndose.³ Para el presente trabajo, la versión analizada es la

³ Un estudio (Mapp, 2011) muestra que para el 2005, LEED era considerado, por más del 75% de profesionales dentro del negocio, como una certificación que elevaba los costos iniciales de los edificios. Para el 2010, se consideraba que aumentaba hasta el 10% de los costos esperados. Actualmente, esta idea está siendo debatida dado que hay casos en los cuales un edificio LEED puede compararse a uno convencional, sin embargo implicada la necesidad de un equipo humano calificado en dicha certificación. Sin embargo, está comprobado que el proceso de certificación y la asistencia de un equipo de consultoría eleva los costos finales.

del año 2009 (USGBC, 2009). Presenta un marcado alineamiento a certificaciones norteamericanas delimitadas por parámetros muy bien definidos, que por una parte son buenos dado que uno ya sabe que debe hacer exactamente para ganar la acreditación, pero por otra parte, resultan un poco inflexibles si se desean optar otros métodos que pueden generar hasta una eficiencia mayor. Centra su análisis en la calidad del ambiente interior del edificio y lo trabaja independiente de los otros criterios. A continuación se presenta una breve descripción y análisis de los criterios que analiza LEED.

- *Sustainable sites*: Para la elección del sitio, deben de realizarse una serie de exámenes y pruebas de control de los factores que afectarían al detrimento del edificio (ej: erosión del suelo, sedimentación de agua, etc.), y dependiendo del valor ecológico del terreno y cercanía al transporte público, se decide si es bueno construir o no. Sin embargo, no se toma en cuenta la climatología (ej. estacionalidad) o topografía del terreno ni los posibles efectos que tendrían sobre la casa. A pesar de ello, se intenta “controlar” esos factores bajo planes de gestión o bajo medidas como el “heat island effect” en el cual se realiza un gasto extra para contrarrestar los efectos bioclimáticos que no han sido aprovechados (ej. Generar sombra con árboles, edificios, u otro sistema arquitectónico, el cual pudo ser evitado si se conocía mejor el terreno).
- *Water efficiency*: LEED estandariza los criterios de ahorro pero no señala una metodología para lograrlo, lo cual da libertad para el diseño eficiente. A pesar de ello, un criterio importante es la realización de un cálculo de línea base y estudiar el edificio como un todo.

- *Energy & Atmosphere*: La optimización de energías va acorde a la reglamentación norteamericana de la ASHRAE, y todas las reducciones energéticas se dan de acuerdo a esos parámetros. Esto parte de un análisis de línea base del flujo energético. Respecto a energías renovables, LEED menciona que uno debe asociarse a una empresa que genere este tipo de electricidad.
- *Material & Resources*: LEED promueve mucho el proceso de deconstrucción, por lo que parte de que los materiales a usar deben ser reciclables desde un inicio o usar partes de un edificio ya existente. Uno de los puntos fuertes es la elaboración de un plan de gestión de residuos de construcción.
- *Indoor environmental quality*: Existe una referencia marcada a la implementación de tecnología de análisis, monitoreo y control de todos los parámetros relacionados con la calidad interna del edificio (ventilación humedad, temperatura, calidad del aire, etc.) bajo los estándares de la ASHRAE y otras certificaciones. Se puede decir que es uno de los aspectos en los cuales debe tenerse más precaución y que más mantenimiento requiere a lo largo de su periodo operativo.
- *Innovation in desing*: Es uno de los criterios complementarios a los otros 5 y se refiere a innovar respecto a las prácticas ya mencionadas. No se realiza menciones específicas.
- *Regional priority*: Puntaje según país/región. Este criterio no presenta mucha especificación pero representa una bonificación para países que satisfacen ciertas necesidades (por ejemplo, ahorro de agua en un país con escasez de agua representa una prioridad). Sin embargo, LEED prioriza solo algunos países.

2.2. CODE FOR SUSTAINABLE HOMES (CSH)

EL CSH es una reglamentación dirigida a viviendas del Reino Unido, cuyo enfoque son 9 puntos de evaluación. La versión analizada es la del 2006 (CALG, 2006), cuyo propósito más que nada es señalar los puntos mínimos que debe cumplir la vivienda, por lo que no existe mucho grado de profundidad en los criterios establecidos.

- *Energy & CO2*: Referente a energía, el CSH delimita el consumo de energía al uso de aparatos más ahorradores. Toma en consideración medidas para personas con problemas visuales (ej. Luminosidad baja para personas con baja capacidad visual). El CSH expresa una relación entre la reducción de emisiones de CO2 y el ahorro de energía mediante energías renovables, sin embargo, trata estos temas vagamente.
- *Water*: Respecto al ahorro de agua, expresa la necesidad de un sistema de control de aguas pluviales y reducción del consumo de agua, mas no entra a detalle las medidas a tomar, metodologías u otras prácticas a realizar. Es decir, presenta criterios muy básicos.
- *Materials*: Resalta la importancia que los materiales sean usado bajo practicas responsables certificadas, y usa un programa (CSH materials calculator) para calcular los efectos de los materiales. Es una manera simple para clasificar los materiales, sin embargo, no se presentan los criterios de evaluación que califican a cada uno de los materiales.
- *Surface water run off*: Esta sección se refiere a los riesgos de inundación del hogar, ya sea por proximidad a cursos naturales de agua o por exceso de lluvias. Este

criterio podría ser incluido en lo que es aprovechamiento de aguas o selección del lugar.

- *Waste*: El CSH presenta prácticas fáciles para poder implementar en los hogares, los cuales se dirigen por planes de gestión. Las medidas a tomar deben ser simples tanto que faciliten a cualquier persona la realización de buenas prácticas. Es por ello, que presenta criterios que incluye a discapacitados. Favorece el compostaje y reciclaje de productos, mas no detalla nada sobre los residuos generados en el proceso constructivo como en otras certificaciones (eso se observa en la sección de Management).
- *Pollution*: Esta sección se refiere principalmente a las sustancias tóxicas dañinas para el ser humano y a los efectos de algunos materiales sobre el calentamiento global. Sin embargo, solo entra a tallar el tema de aislantes y emisiones de NOx, dejando de lado otras posibles sustancias nocivas o los impactos sobre el calentamiento del procesamiento de fabricación de algunos materiales (o al menos no explica por qué no las consideran).
- *Health & Well being*: Básicamente se refiere a cuestiones de luminosidad, acústica, espaciamiento y accesibilidad. Podría estar ligado al tema de calidad del ambiente interior de edificios, pero el CSH presenta una descripción muy vaga de los requerimientos básicos. Sin embargo, un criterio interesante es la “adaptabilidad de la vivienda en el futuro” lo que se refiere a la versatilidad que habría para adoptar nuevas prácticas o equipamientos para mejorar el rendimiento del hogar.

- *Management*: Un punto importante es que considera vital el alineamiento de los proveedores, trabajadores y personas que morarían la vivienda a los objetivos del edificio, además de nombrar las metodologías a usar para controlar los impactos del transporte involucrado, agua, reciclaje, etc. Es en esta sección donde incluye los aspectos de los procesos constructivos.
- *Ecology*: Toma como puntos importantes la medición de la huella ecológica del edificio y evaluación del valor ecológico de la zona, y entorno a ello, se deciden prácticas que promuevan la conservación de las características ecológicas del lugar.

2.3. LIVING BUILDING CHALLENGE (LBC)

El Living Building Challenge (LBC) es una certificación norteamericana que presenta 7 criterios generales. A diferencia de otras certificaciones, muestra un enfoque más holístico y las posibles interacciones de todo el proyecto con la comunidad. En otras palabras, el protagonismo del edificio dentro de la sociedad (si es un ente generador de trabajo, si no genera malestar en la construcción, etc.). El manual usado es muy general y data del 2012 (ILFT, 2012).

- *Site*: el proyecto debe integrarse tanto en la comunidad como en la biodiversidad existente, por lo que busca orientar la vida a la comunidad y a un sistema libre de transporte (idea de movilidad, orientación al peatón, etc.) y respetar las áreas naturales urbanas (promover agricultura urbana, emular especies nativas en áreas paisajistas del lugar, etc.).

- *Water*: Este criterio promueve que toda el agua a usarse debe provenir de aguas pluviales, para lo cual debe haber un buen sistema de distribución y una baja demanda. Ello presenta limitaciones para lugares en los cuales no existe gran cantidad de precipitaciones.
- *Energy*: La única referencia existente es que el 100% de la energía debe ser suministrada por fuentes de energías renovables in situ. De cierta manera es un criterio que dentro de su conceptualización estaría el de reducción energética al mínimo, optimización de los aparatos, uso de energías renovables, etc. Sin embargo, no presenta ningún tipo de recomendación para lograr esa meta.
- *Health*: Este criterio hace referencia a la calidad del aire y la necesidad de crear (o adaptarse) una biosfera en el emplazamiento. En otras palabras, brinda recomendaciones para mejorar la calidad interna del ambiente.
- *Materials*: Se busca el uso de materiales con bajo impacto ambiental proveniente de la zona, que se encuentren bajo certificación. También promueve el reciclaje de productos y eliminación de pérdidas a través de un plan de gestión. Todo ello debe ser evaluado mediante el cálculo de la huella de carbono (total de gases de efecto invernadero emitidos).
- *Equity*: Este criterio resalta el carácter social/comunitario de esta certificación en función de su aporte a la comunidad, orientación a la movilidad (potenciar el valor del peatón frente al automóvil), la importancia del carácter cultural de la edificio e interacción con la arquitectura urbana (ej. no bloquear rutas de acceso de recursos naturales a otras viviendas), importancia del desarrollo comunitario (promover esta

certificación en otras viviendas: no tiene sentido tener una mientras las demás siguen pensando del modo tradicional) e inclusión de normativas para discapacitados.

- *Beauty*: El último criterio es muy abstracto, y se refiere a la belleza e inspiración que genera el edificio sobre los que interactúan con este. Además, incluye lo relacionado a material educativo referente a los equipos, prácticas verdes, tecnologías, etc.

2.4. NATIONAL GREEN BUILDING STANDARD (NGBS)

El NGBS resalta la importancia de equipos humanos especializados/capacitados en prácticas verdes. Presenta mucha información técnica para poder estandarizar cada proceso y resultado que debería obtenerse. En cuestión a grado de detalle, se asemeja mucho a la certificación LEED. Se usó el estándar del 2009 (NAHB, 2009).

- *Site design and development*: Este criterio se refiere a todos los requerimientos que tiene que cumplir el sitio para reducir su impacto ambiental. Incluye varios criterios como la orientación hacia el sol, aprovechamiento del relieve (adaptar al edificio para reducir movimientos de tierras), fusionar el edificio con el ambiente, construcción de humedales para verter aguas tratadas, etc. Al igual que otros incluye propuestas para la gestión de aguas pluviales, conservación del hábitat natural, aprovechamiento de estructuras ya existentes, etc.
- *Lot design, preparation and development*: El NGBS trabaja en esta sección particularmente el lote a construir, el cual si presenta muestras de recursos naturales, estos deben ser evitados o repuestos. Inserta en esta sección

necesidades sobre estabilización hidrológica del terreno, prevención de erosión, etc. y cómo actuar para contrarrestarlo.

- *Resource efficiency*: El objetivo es asegurar la calidad de los materiales causando el menor impacto ambiental mediante medidas preventivas al deterioro, detalle de los materiales, certificación de materiales, reuso de materiales existentes, etc. Un eje clave es el uso de herramientas de Life Cycle Assessment (LCA) para conocer los efectos e impactos de cada material a utilizar.
- *Energy efficiency*: Establece un mínimo de criterios energéticos a través de la buena instalación de ductos y equipos. Enfatiza mucho el tema de sellado y aislamiento de tuberías y patrones de eficiencia de los equipos. Un aporte interesante es la inclusión de la interacción de la posición del edificio respecto al sol para aprovechamiento energético. Sin embargo, no menciona mucho el tema de energías renovables: solo se hace referencia a calentadores de agua solares mas no de fuentes para generar energía para la red principal.
- *Water efficiency*: De cierta manera, incluye requerimientos básicos para obtener una buena presión en las salidas de agua. Aunque lo ideal es no tener sistemas de riego, busca optimizarlo (bajo volumen, detectores de fugas, etc.) y alimentarlo de aguas pluviales.
- *Indoor environmental quality*: La NGBS centra su proceso de prevención en el desempeño óptimo de los equipos de ventilación (bien instalados, sin tóxicos, y ubicados en una posición estratégica), aislantes y cumplimiento de mínimos de los materiales (tanto sobre sus propiedades como instalación). También observa

cuestiones de humedad en el aire y suelo. No considera para nada el tema de iluminación, acústica o confort térmico. Se centra principalmente en el tema de contaminación.

- *Operation, maintenance and building owner education*: Se refiere al tema de creación de manuales, capacitaciones y etapas de difusión sobre las prácticas verdes, equipos, herramientas, criterios de mantenimiento, operaciones relacionadas el edificio. Ello tiene diferente nivel de dificultad dependiendo del público dirigido (dueños, operadores, técnicos, etc.).



III. CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Y SU METODOLOGÍA

El presente capítulo delimita la razón por la cual se realiza la tesis. Posteriormente, se pasa a describir los objetivos, metodología de trabajo, limitaciones y alcance del proyecto de investigación.

1. IMPORTANCIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La razón por la cual se realiza este trabajo de investigación es debido a la necesidad de integrar la sostenibilidad a la ingeniería civil. Existe una necesidad de cambio frente a cómo la ingeniería civil busca mejorar la calidad de vida ya que a lo largo de los años fue perdiendo su esencia antropocéntrica en función de una mayor ganancia económica. Es necesaria una integración para poder restituir el valor del ser humano y el ambiente, y mostrar a la economía que es posible generar ingresos aún mayores si en verdad se busca dar un servicio de calidad al hombre.

Pero, ¿cómo lograr esa integración? Siendo la sostenibilidad un concepto tan amplio ¿cómo podría integrarse a una carrera tan estructurada, sistematizada, reglamentada? Es en esta fase donde entra el aterrizaje de la interdisciplinariedad de la sostenibilidad a través de alineamientos que faciliten el amalgamamiento de distintas carreras dentro del *core business* de nuestra profesión.

¿Qué se hará para lograr esta interdisciplinariedad? Es en esta parte donde entra a tallar el tema de elaboración de una herramienta multicriterio que permita esbozar estos alineamientos dentro del entorno de construcción de edificios, más en particular, de complejos multifamiliares. Esta herramienta serviría de guía para no solo evaluar el ciclo de

vida de los edificios, sino para proyectar el edificio desde su concepción, dándole la flexibilidad necesaria para su diseño.

2. DELIMITACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Elaborar una herramienta que permita servir de base para el diseño, medición y evaluación de los conceptos de sostenibilidad en complejos multifamiliares en el entorno peruano.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una comparación y análisis de las certificaciones internacionales de edificios verdes a considerar para encontrar los principales puntos de concordancia respecto al tema de sostenibilidad en la construcción.
- Examinar estos puntos de concordancia para establecer una escala de clasificación y medición (criterios, parámetros e indicadores) que sea adecuada para poder evaluar construcciones sostenibles.
- Implementar encuestas y entrevistas para evaluar cuáles son las características más relevantes que deben estar en la herramienta multicriterio considerando el caso de complejos multifamiliares en el contexto peruano.
- Realizar un análisis de los resultados obtenidos en la elaboración de la herramienta y evaluar el grado de participación de cada certificación en torno a los ejes que delimitan la sostenibilidad.

2.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La primera parte del trabajo de investigación radica en delimitar la sostenibilidad a través de lineamientos generales y enfocarla dentro del entorno de construcción. Para ello, se tuvo de referencia 4 certificaciones internacionales: *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED), *Code for Sustainable Homes* (CSH), *Living Building Challenge* (LBC), *National Green Building Standard* (NGBS). Las razones por las cuales se eligieron estas 4 certificaciones se explicaron en el *CAPÍTULO I ACÁPITE 3.2.* y podemos resumirlas por su accesibilidad a la información, uso mayoritario y reconocimiento internacional. Estas certificaciones fueron analizadas, evaluadas y comparadas con el fin de encontrar puntos de concordancia que definan a los edificios sostenibles. A partir de la base teórica referente a edificios sostenibles y al análisis de las certificaciones, se esbozó una herramienta preliminar adaptando los conceptos y generando criterios generales de clasificación. Esta herramienta se subdividió en cada fase del ciclo de vida de los edificios. A continuación, se diseñó una encuesta para cada fase del ciclo de vida al establecer una escala Likert (método de evaluación) del 1 al 4 que mida el grado de relevancia de los criterios establecidos. De esta manera, fue posible ponderar cada uno de los criterios y se procedió a realizar una Prueba Delphi⁴ a expertos para medir la calidad de los criterios, priorizarlos y reformularlos. Se eligió un panel de 16 profesionales de diferentes campos y profesiones para ser encuestados, cantidad elegida dado que representa el doble del mínimo requerido (siete) y más de la mitad de expertos considerados como máximo (treinta) para una prueba Delphi (García 2012). En la tabla 1 del ANEXO 1, se presentan a los expertos y una breve descripción de su experiencia que valide su participación dentro de la Prueba Delphi.

⁴ La prueba Delphi es un método que consiste en que un grupo de expertos evalúe data de manera cuantitativa a través de un cuestionario.

Según la cantidad de parámetros (extensión de cada encuesta) y las especialidades de cada panelista, se repartieron las encuestas de la siguiente manera. Los primeros seis especialistas (Kahhat, Dueñas, Ramírez, Kahhat, Jimenez, Bartl) fueron elegidos para la fase de diseño integral y planificación. Los siguientes tres (Navarro, Villa García, Carhuamaca) para la fase de materiales y transporte y otros tres más (Gutiérrez, Bravo, Tantapoma) para la fase de instalación y construcción. Los dos que siguen (Wong, Huapaya) evaluarán la fase operacional de la casa y los dos últimos (Pehovaz, Vazquez) la fase de deconstrucción. Acorde a los resultados obtenidos en cada encuesta, se aplica un análisis cuantitativo (partiendo del método Delphi) y uno cualitativo (partiendo de las entrevistas) con el fin de evaluar cada criterio de la herramienta. De esta manera, se depurarán los criterios no tan relevantes y se obtuvo la versión final de la herramienta.

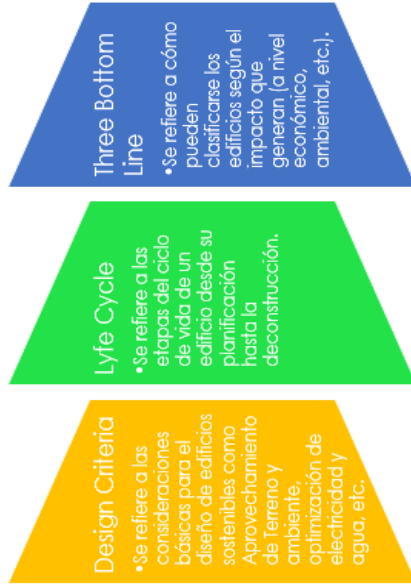
Para entender la metodología, se presentan a continuación 2 infografías. La FIGURA 2 se trata de la terminología a usar para la herramienta. Debido a que se tienen diferentes niveles de detalle, entonces a cada nivel se le ha puesto un nombre para poder identificarlo y organizarlo mejor. La FIGURA 3 se trata de la metodología paso a paso para poder llegar al resultado final.

DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA

3 Dimensiones



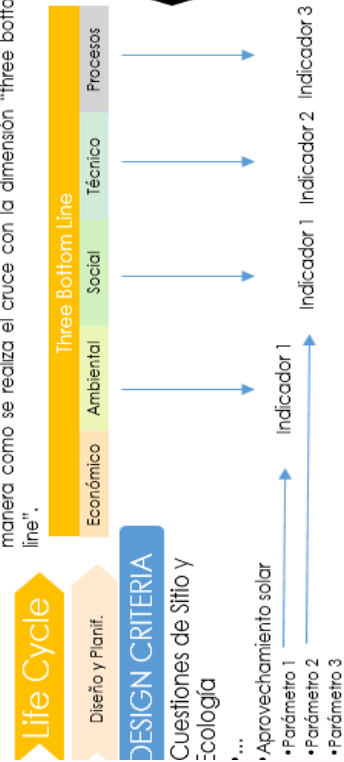
Las certificaciones son leídas analizadas y comparadas. Usando los conceptos de este trabajo de investigación, se decide que los edificios sostenibles pueden clasificarse en 3 "dimensiones" (aspectos o etapas por los cuales podemos clasificar un edificio sostenible)



Las 3 dimensiones se dividen en criterios: la design criteria (6 criterios), life cycle (5 criterios/etapas), three bottom line (5 criterios/aspectos). Para la primera dimensión, cada criterio se subdivide en subcriterios debido al detalle que debe de verse.

DIMENSIÓN	CRITERIOS	SUB CRITERIOS
DESIGN CRITERIA	Cuestiones de Sitio y Ecología	No reducir el valor ecológico
		Adaptarse al relieve del terreno
Eficiencia del Agua	Eficiencia energética	Aprovechamiento solar
		...
Eficiencia del Agua	Eficiencia energética	Línea base de gasto de agua
		Tratamiento de aguas residuales
Eficiencia del Agua	Eficiencia energética	Gestión de aguas pluviales
		...
Eficiencia del Agua	Eficiencia energética	Reducción del consumo
		Eficiencia de equipos
Eficiencia del Agua	Eficiencia energética	Eficiencia del cableado general
		...

Cada subcriterio puede dividirse en parámetros al ser evaluado a lo largo del ciclo de vida. A la vez, cada parámetro, según su impacto, puede medirse a nivel económico, ambiental, social, etc. Es de esta manera como se realiza el cruce con la dimensión "three bottom line".



Las 3 dimensiones se interrelacionan y juntas permiten interpretar el impacto de los edificios sostenibles a través del tiempo. Para poder entender la herramienta, primero haremos la relación entre la dimensión "design criteria" y "life cycle".

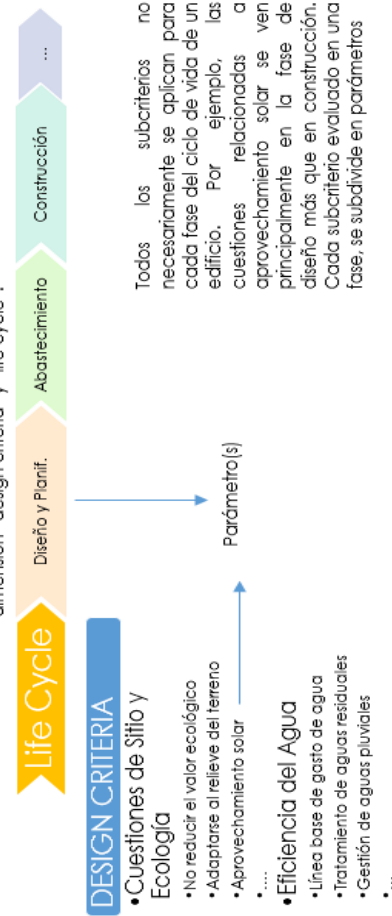
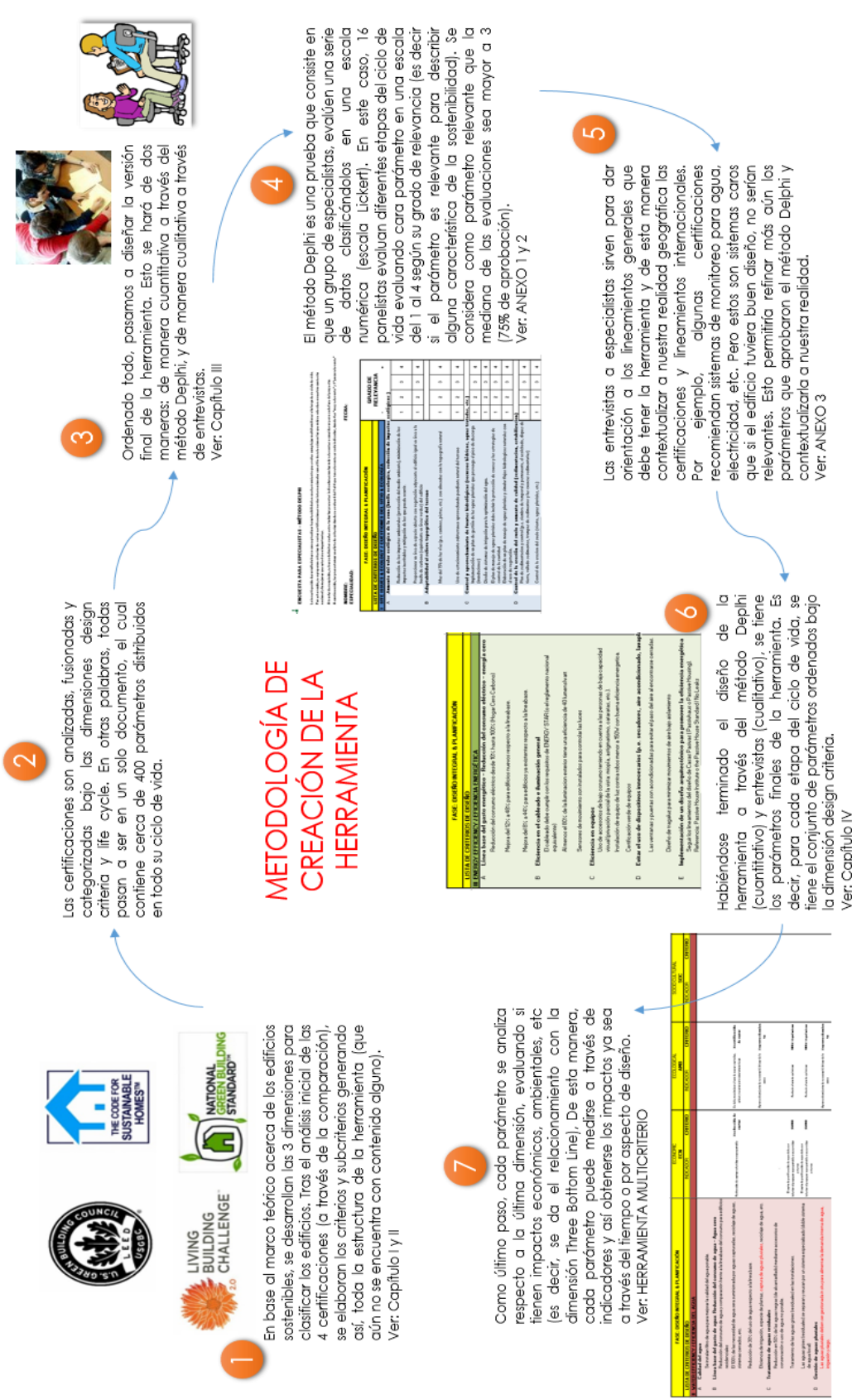


Figura 2: Descripción de la herramienta (terminología)



METODOLOGÍA DE CREACIÓN DE LA HERRAMIENTA



ANEXO 1

ITEM	1	2	3	4
1. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
2. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
3. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
4. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
5. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
6. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
7. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
8. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
9. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
10. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
11. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
12. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
13. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
14. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
15. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
16. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				

ANEXO 2

ITEM	1	2	3	4
1. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
2. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
3. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
4. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
5. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
6. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
7. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
8. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
9. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
10. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
11. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
12. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
13. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
14. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
15. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
16. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				

ANEXO 3

ITEM	1	2	3	4
1. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
2. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
3. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
4. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
5. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
6. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
7. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
8. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
9. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
10. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
11. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
12. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
13. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
14. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
15. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				
16. ¿El parámetro es relevante para describir alguna característica de la sostenibilidad?				

Figura 3: Metodología de Creación de la Herramienta

2.4. LIMITACIONES Y ALCANCE

En esta sección se expresa la delimitación y alcance del trabajo de investigación. Una de las razones por las cuales solo se limita a edificios multifamiliares es el presentando en el marco conceptual en el *ACÁPITE 2.3*. Otra de las razones por la cual la herramienta se limitará a complejos multifamiliares es porque 2 de las certificaciones internacionales por analizar se aplican solo a hogares.

El trabajo a realizar se limita en la presentación de la herramienta mas no se pone en práctica para evaluar que tan sostenible es un edificio. Se asegurará que la herramienta sea eficiente a partir de las entrevistas que se realicen a los especialistas. Realizar una evaluación con dicha herramienta es tema de un posterior trabajo dado que proporcionaría información que permitiría la mejora de la herramienta. Sin embargo, mientras más se implemente, existirán puntos en los cuales corregir y mejorar.

La presentación de la herramienta será a través de tablas, mas no se facilita la introducción de los parámetros a clasificar. Lo ideal es que ello sea a través de un programa computarizado que permita su fácil ingreso o interactúe con el usuario con mayor eficiencia.

El grado de complejidad de las certificaciones es muy variado. Por ejemplo, en LEED y la NGBS observamos un grado de detalle mayor que en las otras dos. Sin embargo, ello puede restarle flexibilidad en la implementación de innovaciones (por ejemplo, el diseño bioclimático no necesariamente cumpla con todos los parámetros de LEED pero puede ser más eficiente) y genera un mínimo de dinero que gastar en dispositivos. Por ende, se buscará un equilibrio entre estas especificaciones y cuestiones generales.

La herramienta no busca parametrizar el diseño de construcción de edificios multifamiliares dado que recaeríamos en el desconocimiento de la variabilidad de las condiciones geográficas, más aun sabiendo que el Perú tiene climas y topografías tan variadas. Por ende, sería bueno considerar indicadores primordiales e indicadores opcionales. Por ejemplo, si consideramos el indicador de creación de humedales y si no existieran espacios para poder construirlos, pero se ha solucionado el problema de las aguas grises, implicaría que no tenga puntaje en dicho indicador aunque si se hicieron responsable de dicho detalle. Por ende es necesario eliminar ese indicador o cambiar la medición que se efectúe en relación a este aspecto.

La herramienta final presentará indicadores propuestos más no los finales. El trabajo consistirá en establecer los criterios, subcriterios y parámetros involucrados, pero los indicadores que se desprenden de cada uno no son considerados debido a que representa un trabajo iterativo de análisis más exhaustivo.

IV. CAPÍTULO IV: GENERACIÓN Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

1. COMPARACIÓN DE CERTIFICACIONES Y DELIMITACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

Habiendo esbozado cada certificación, el primer paso para la elaboración de la herramienta es realizar una comparación entre ellas. De esta manera, delinearemos el concepto de sostenibilidad para complejos multifamiliares. Decir que tenemos la razón en qué edificio es sostenible o no es una falacia, dado que aún este es un concepto en construcción. Por ello, evaluaremos las certificaciones en función de las 3 dimensiones de análisis mencionadas: la línea base de sostenibilidad - las 5 dimensiones acorde al DGNB (DGNB, 2013), las consideraciones bioclimáticas de Olgay (Olgay, 2002), y las consideraciones sobre el ciclo de vida de los edificios. Comparadas bajo estos 3 grandes grupos de criterios, se buscará generar un “ideal” el cual sintetizaría el esboce de la sostenibilidad para edificios.

En la tabla 1, 2 y 3 se presentan la comparación de las certificaciones ya mencionadas y el delineamiento del concepto de sostenibilidad en torno a la triple línea base, los conceptos de bioclimática y el ciclo de vida de los edificios. A partir de esta comparación, se desarrolla un “ideal” que representaría la base teórica para poder alinear la herramienta multicriterio por desarrollar.

Tabla 1: Comparación de las certificaciones en torno a la línea base de la sostenibilidad

CUADRO COMPARATIVO		LEED	CSH	LBC	NGBS	IDEAL
LÍNEA BASE DE LA SOSTENIBILIDAD	ECONOMICO	<p>Su grado técnico exige la implementación de equipos más sofisticados</p> <p>Para generar un mayor puntaje, es necesario la inversión en más recursos o equipos más tecnológicos (eficiencia económica a largo plazo)</p>	<p>No presenta tantas limitaciones (da libertad para escoger ciertas metodologías) por lo que no exige tanto la economía de la construcción</p> <p>No presenta ningún tipo de monitoreo obligatorio, por lo que no exige de tecnología de esa índole</p>	<p>No considera el valor económico que costaría una vivienda con agua cero y electricidad cero</p> <p>No presenta ningún tipo de monitoreo obligatorio, por lo que no exige de tecnología de esa índole</p> <p>Busca incorporar iniciativas económicas locales/regionales sobre prácticas o productos sostenibles</p>	<p>Su grado técnico exige la implementación de equipos más sofisticados</p> <p>Presenta detalles sobre sistemas de monitoreo de diferentes variables lo que aumenta su coste</p>	<p>Adaptarse a las posibilidades económicas del lugar y reducción de costos innecesarios</p> <p>Presentar alternativas mas no ser obligatorias para no supeditar en requerimientos económicos</p> <p>Invertir inteligentemente para evitar costos a futuro</p>
	AMBIENTAL	<p>Se limita a la no perturbación del terreno y no a la simbiosis con este</p> <p>No toma en consideración la huella de carbono del proceso de construcción</p> <p>No se adecúa al lugar, pero presenta prácticas ambientales (energías renovables, aprovechar flujos de escorrentía, etc.)</p>	<p>La conservación de la ecología es uno de los ejes de esta certificación</p> <p>Tiene en consideración el valor ecológico de la zona</p> <p>No posee consideraciones sobre el terreno</p> <p>No se adecúa al lugar, pero presenta prácticas ambientales (energías renovables, aprovechar flujos de escorrentía, etc.)</p>	<p>Protección de habitats ecológicas sensibles</p> <p>Plantea el autoabastecimiento total: agua y energía cero, mas no especifica como lograrlo (lo exploya a rasgos grandes)</p> <p>Promueve la agricultura urbana (autoabastecimiento)</p> <p>Considera la huella total de carbono de la construcción del edificio</p>	<p>Busca minimizar el impacto ambiental sobre el terreno</p> <p>Busca adecuarse a la topografía natural del terreno</p> <p>Incluye plan de restauración de vegetación y uso de ella con fines de diseño arquitectónico</p>	<p>Adecuarse a la topografía y a las condiciones bioclimáticas del terreno</p> <p>Acercamiento al abastecimiento total (buscar que el edificio sea autosostenible)</p> <p>Conservar, proteger y/o restaurar las áreas de sensibilidad ecológica</p> <p>Considerar la huella de carbono / huella de agua de todo el ciclo de vida del edificio</p>
	SOCIO CULTURAL (INTERNO)	<p>No tiene consideraciones acústicas</p> <p>Tiene muchas consideraciones sobre el uso de materiales no contaminantes</p> <p>Engloba el concepto de confort en ventilación, luminosidad y eficiencia térmica.</p>	<p>Presta especial atención a la accesibilidad de la vivienda, principalmente para discapacitados</p> <p>Presenta consideraciones, estándares de calidad y pruebas sobre el entorno acústico</p> <p>No detalla regulaciones sobre el confort mas que ciertas recomendaciones básicas sobre luminosidad</p> <p>Limita (mas no censura por completo) el uso de materiales contaminantes y prohíbe los que dañan la capa de ozono</p>	<p>Presta especial atención a la accesibilidad de la vivienda, principalmente para discapacitados</p> <p>Da prioridad a la ventilación y luz de la vivienda mas no existen otros detalles sobre confort</p> <p>Presenta consideraciones sobre el no uso de materiales contaminantes</p>	<p>No tiene consideraciones acústicas</p> <p>Tiene muchas consideraciones sobre el uso de materiales no contaminantes</p> <p>Engloba el concepto de confort en ventilación, luminosidad y eficiencia térmica.</p>	<p>Comfort: luminosidad, ventilación, flujos térmicos, acústica</p> <p>Usar de materiales no contaminantes</p> <p>Accesibilidad para discapacitados u personas de capacidades especiales</p> <p>Adaptación al ecosistema y elección de materiales de construcción de la región</p>
	SOCIO CULTURAL (EXTERNO)	<p>Contempla la relación del edificio con el transporte urbano</p> <p>No incluye nada referente a su interacción en la fase de construcción</p> <p>Busca aprovechar fuentes locales de materiales o energías</p>	<p>No hace referencia a la interconexión de la vivienda con su entorno</p> <p>No incluye nada referente a su interacción en la fase de construcción</p> <p>Busca aprovechar fuentes locales de materiales o energías</p>	<p>Orientación hacia conceptos de movilidad</p> <p>Consideraciones sobre vida libre de autos basado en la densidad urbana</p> <p>Influencia del concepto de transects (habitats naturales urbanas)</p> <p>Busca restituir la huella de carbono generada por la construcción</p> <p>Da importancia a la interacción del edificio con la zona urbana y otras viviendas vecinas</p>	<p>Contempla la relación del edificio con el transporte urbano</p> <p>No incluye nada referente a su interacción en la fase de construcción</p> <p>Busca aprovechar fuentes locales de materiales o energías</p>	<p>Orientación hacia conceptos de movilidad y transporte urbano</p> <p>Considerar la interacción del edificio con la zona urbana y otras viviendas vecinas</p> <p>Tener consideraciones especiales para la fase de construcción</p> <p>Influencia del concepto de transects (habitats naturales urbanas)</p>
	CALIDAD TÉCNICA	<p>Existe un buen grado de precisión, lo cual puede resultar beneficioso (uno ya sabe que debe de hacer) pero tambien perjudicial (requiere ceñirse a la certificación)</p> <p>Los estándares a las cuales están alineadas son de contexto norteamericano, lo cual no se acopla a la realidad de Perú</p> <p>(Grado de precisión, Herramientas certificadas, reglamentación de métodos, Sistema de gestión)</p>	<p>Los requerimientos técnicos son menores en aras de que sea accesible a un público menos especializado</p> <p>Esta certificación es para casas inglesas, por lo que usa otros estándares de construcción</p> <p>Enfatiza más en las consideraciones energéticas</p>	<p>Presenta criterios muy generales y no especifica como lograrlos</p> <p>Utiliza estándares normativos norteamericanos</p> <p>Enfatiza principalmente en el uso de materiales y emplazamiento mas no profundiza</p>	<p>Existe un buen grado de precisión, lo cual puede resultar beneficioso (uno ya sabe que debe de hacer) pero tambien perjudicial (requiere ceñirse a la certificación y sus consecuencias)</p> <p>Los estándares a las cuales están alineadas son de contexto norteamericano, lo cual no se acopla a la realidad de Perú</p> <p>Tiene como referencia más de 35 estándares a lo cual uno debe de conocer para cumplirlos</p>	<p>Respecto al grado de precisión, debe de tener lineamientos generales y ciertas pautas para cumplirlos mas no debe ser inflexible</p> <p>Los estándares a considerar deben ser nacionales o internacionales pero conocidos</p>
	CALIDAD DE PROCESOS	<p>No comenta nada sobre la fase de construcción o mantenimiento (aparte de algunas pruebas a realizar)</p> <p>No detalle sobre procesos que se desligan de la verificación de los estándares</p> <p>Da libertad a escoger el sistema de gestión, método constructivo, etc.</p> <p>(Criterios de calidad en construcción, Criterios para mantenimiento en la ocupación, Periodicidad)</p>	<p>No comenta nada sobre la fase de construcción o mantenimiento (aparte de algunas pruebas a realizar)</p> <p>No detalle sobre procesos que se desligan de la verificación de los estándares</p> <p>Da libertad a escoger el sistema de gestión, método constructivo, etc.</p>	<p>Le da importancia a la documentación de los procesos y procedimientos a ejecutar</p> <p>No detalle sobre procesos que se desligan de la verificación de los estándares</p> <p>Da libertad a escoger el sistema de gestión, método constructivo, etc. Incorpora el tema de reducción de residuos desde la construcción hasta la deconstrucción</p>	<p>Le da importancia a la documentación de los procesos, procedimientos prácticas verdes a ejecutar</p> <p>Promueve el LCA por cada material y por todo el edificio en general</p> <p>Presenta detalles sobre el proceso constructivo</p>	<p>Establecer y documentar los procedimientos importantes para cada fase del ciclo de vida</p> <p>Detallar sobre procesos que se desligan de la verificación de los estándares</p> <p>Promover el LCA por cada material y por todo el edificio en general</p> <p>Libertad a escoger el sistema de gestión, método constructivo, etc.</p>

Tabla 2: Comparación de las certificaciones en torno a los criterios de bioclimática

CUADRO COMPARATIVO		LEED	CSH	LBC	NGBS	IDEAL
CONSIDERACIONES SOBRE CRITERIOS DE BIOCLIMÁTICA OLGYAY (pg 16)	CLIMA	<p>No se adapta a las condiciones del clima pero busca no perturbar</p> <p>Lo único que busca LEED es ocupar un emplazamiento adecuado para mitigar impactos ambientales y aprovechar las aguas de escorrentías</p> <p>No incluye ningún otro criterio de aprovechamiento bioclimático</p>	<p>Se adapta a la ecología mas no tiene en cuenta los factores climáticos</p> <p>El único requerimiento del terreno es que no tenga probabilidad de inundación</p> <p>No incluye ningún otro criterio de aprovechamiento bioclimático</p>	<p>Se adapta a la ecología mas no tiene en cuenta los factores climáticos</p> <p>Esboza ligeramente ciertos patrones bioclimáticos (luz, espacio, naturaleza) mas no profundiza</p> <p>No incluye ningún otro criterio de aprovechamiento bioclimático</p>	<p>Busca adecuarse a la topografía natural del terreno</p> <p>Tiene en cuenta la orientación del edificio, sistemas de enfriamiento pasivo y uso de aguas de escorrentías en su diseño</p>	<p>Adecuarse a la topografía del terreno (generar la menor perturbación)</p> <p>Adaptarse a las condiciones bioclimáticas por cada estación del año</p> <p>Adaptarse a la ecología del emplazamiento y usarla a su favor Aprovechamiento de los recursos disponibles (sol, los recursos naturales, suelo, corrientes de aire, fuentes hidrológicas, etc.)</p>
	BIOLOGÍA (Elementos bióticos)	<p>Los estudios in situ se supeditan al cumplimiento de los estándares norteamericanos como la ASHRAE, ISO, etc.</p> <p>Se mantiene un monitoreo constante para temas de confort térmico y lumínico</p>	<p>Se realiza una valoración ecológica del sitio mas no exige otros estudios</p> <p>No presenta ningun tipo de monitoreo obligatorio</p>	<p>Se busca establecer la relación entre hombre y naturaleza (formas naturales, patrones y procesos naturales)</p> <p>No presenta ningun tipo de monitoreo obligatorio</p> <p>Se preocupa por la interacción del edificio con la comunidad en función de no evitar el uso de los recursos disponibles</p>	<p>Posee lineamientos que requieren varios estudios sobre el medio ambiente</p> <p>Se mantiene un monitoreo constante para temas de confort térmico, lumínico y la humedad</p>	<p>Realizar estudios sobre el medio ambiente (inventario ecológico, valoración económica)</p> <p>Establecer el equilibrio entre construcciones y naturaleza (formas naturales, patrones) para generar confort</p> <p>Monitoreo del confort dependiendo de las necesidades</p>
	TECNOLOGÍA	<p>Los requerimientos técnicos implican uso de alta tecnología</p> <p>La falta de adaptación al clima, hace que los edificios LEED dependen de la tecnología en mayor medida</p>	<p>Como es una certificación inglesa, presenta requerimientos técnicos diferentes</p> <p>Como certificación para casas, no exige un alto grado de tecnología: busca ser accesible para todos</p>	<p>No profundiza el tema de las necesidades tecnológicas para lograrlo</p> <p>Se enfoca principalmente a viviendas, por lo que no presenta muchos criterios técnicos</p>	<p>Los requerimientos técnicos implican uso de alta tecnología</p> <p>Busca adaptarse a la topografía, mas tiene en cuenta medidas para adaptarse sobre el terreno (para generar estabilidad)</p> <p>Especifica el tema de ductos, materiales, sellantes para asegurar confort térmico</p>	<p>La tecnología empleada debe permitir adaptamiento al entorno y generar confort</p> <p>Los estándares no deben restringir el uso de solo un tipo tecnología</p>
	ARQUITECTURA	<p>Entra a tallar bastante sobre el uso de materiales no contaminantes</p> <p>Impulsa el uso de materia prima local/regional</p> <p>Tiene referencias a la densidad mínima del lugar para construir</p>	<p>Los materiales deben ser extraídos de fuentes locales y certificados</p> <p>Fomenta el espacio abierto privado para las viviendas</p> <p>Tiene en alta consideración la accesibilidad de la vivienda para todo tipo de personas con discapacidades</p>	<p>Los materiales deben ser extraídos de fuentes locales y certificados</p> <p>Orientación hacia conceptos de movilidad</p> <p>Tiene en alta consideración la accesibilidad de la vivienda para todo tipo de personas con discapacidades</p> <p>Gran relevancia sobre la interacción del edificio con el entorno urbano</p> <p>Considera la belleza arquitectónica como un factor relevante</p>	<p>Tiene referencias a la densidad mínima del lugar para construir</p> <p>Entra a tallar bastante sobre el uso de materiales no contaminantes</p> <p>Impulsa el uso de materia prima local/regional</p>	<p>Los materiales deben ser no contaminantes, extraídos de fuentes locales (preferible) y certificados</p> <p>Considerar la accesibilidad de la vivienda para todo tipo de personas con discapacidades</p> <p>Gran relevancia sobre la interacción del edificio con el entorno urbano</p>

Tabla 3: Comparación de las certificaciones en torno al ciclo de vida de los edificios

CUADRO COMPARATIVO		LEED	CSH	LBC	NGBS	IDEAL
CONSIDERACIONES SOBRE CICLO DE VIDA DE EDIFICIOS	FASE DE PRE USO	<p>Énfasis en el uso de materia prima local</p> <p>Posee un plan de gestión de residuos para la construcción</p> <p>No existe ninguna sección sobre prácticas verdes durante la preparación del sitio y la construcción</p>	<p>Énfasis en el uso de materia prima local</p> <p>Exige un plan de gestión de residuos</p> <p>No existe ninguna sección sobre prácticas verdes durante la preparación del sitio y la construcción</p>	<p>Énfasis en el uso de materia prima local</p> <p>Exige un plan de gestión de residuos a lo largo de todo el ciclo de vida</p> <p>Tiene en consideración la huella total de carbono de la construcción del edificio</p>	<p>Énfasis en el uso de materia prima local</p> <p>Se tiene en cuenta procesos y materiales para la construcción del edificio</p> <p>Busca reducir los impactos ambientales de la construcción o al menos restaurarlos</p>	<p>Énfasis en el uso de materia prima local (preferiblemente)</p> <p>Exigir un plan de gestión de residuos a lo largo de todo el ciclo de vida</p> <p>Considerar la huella de carbono y minimización de impactos ambientales durante la construcción</p>
	FASE DE USO	<p>Cuenta con medidas que promueven el reciclaje</p> <p>Cuenta con sistemas de monitoreo de confort de aire, luz y calor</p> <p>No hace mención sobre prácticas verdes para la vida diaria: todo depende de los equipos</p> <p>Eficiencia energética ligada al uso de energía local sustentable (de fuentes renovables)</p>	<p>Cuenta con medidas que promueven el reciclaje</p> <p>No cuenta con sistemas de monitoreo</p> <p>Presenta una guía básica para la implementación de prácticas verdes por parte de los inquilinos</p> <p>Presenta requisitos técnicos para los equipos domésticos</p>	<p>Cuenta con medidas que promueven el reciclaje</p> <p>No cuenta con sistemas de monitoreo</p> <p>Tiene en cuenta materiales educativos tanto para los que viven de la vivienda como para el público en general</p> <p>Escasea de requisitos técnicos para validar las buenas prácticas</p>	<p>Cuenta con medidas que promueven el reciclaje</p> <p>Cuenta con sistemas de monitoreo de confort de aire, luz y calor</p> <p>Presenta manuales para la construcción, fase de operación y mantenimiento del edificios</p> <p>Eficiencia enegética ligada al uso de energía local sustentable (de fuentes renovables)</p>	<p>Promover el reciclaje y prácticas verdes</p> <p>Monitoreo del confort dependiendo de las necesidades</p> <p>Presentar manuales para la construcción, fase de operación y mantenimiento del edificios</p> <p>Presentar materiales educativos tanto para los que viven de la vivienda como para el público en general</p>
	FASE DE FIN DE VIDA	<p>Los materiales de construcción no necesariamente deben ser reciclables</p> <p>No toma consideraciones de la fase de deconstrucción</p>	<p>Los materiales de construcción no necesariamente deben ser reciclables</p> <p>No toma consideraciones de la fase de deconstrucción</p>	<p>Existe un plan de gestión de residuos para la deconstrucción</p>	<p>Los materiales de construcción no necesariamente deben ser reciclables</p> <p>No toma consideraciones de la fase de deconstrucción</p> <p>El LCA por producto y por edificio podría considerar la fase dedeconstrucción mas no hace referencia a ello</p>	<p>El LCA por producto y por edificio podría considerarse en la fase de deconstrucción</p> <p>Existe un plan de gestión de residuos para la deconstrucción</p>

2. GENERALIDADES DE LA HERRAMIENTA

Conocida la estructura y composición de la herramienta (FIGURA 2) y la metodología de creación de esta (FIGURA 3), pasaremos a describir algunos detalles. A continuación, mostramos las 3 dimensiones con los criterios (subdivisiones) que las conforman. Estos fueron obtenidos a través del análisis y síntesis de las certificaciones (presentado en la tabla 4). Teniendo en cuenta los indicadores de cada certificación internacional, se agruparon y clasificaron para definir los subcriterios y alineándolos a la primera parte de este trabajo de investigación.

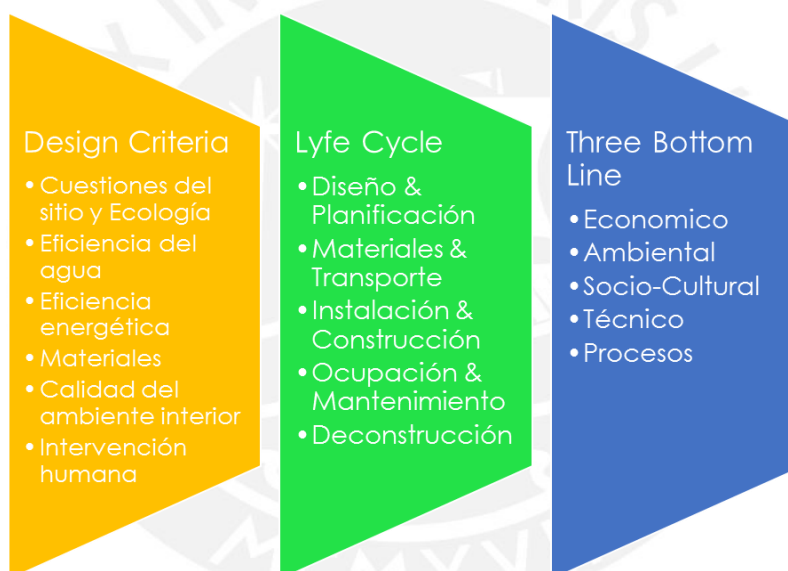


Figura 4: Las 3 dimensiones de análisis y sus criterios de evaluación

La dimensión a profundizar es la de *Design Criteria*, debido a que todas las certificaciones internacionales exponen su impacto no entorno a la triple línea base o al ciclo de vida del edificio, sino a los criterios de diseño de un edificio (eficiencia eléctrica, eficiencia de agua, etc.). Los criterios de esta dimensión se subdividen en subcriterios en base al primer análisis. Estos no serán la versión final, puesto que luego del método Dephli y entrevistas, se depurarán las menos relevantes.

Tabla 4: La dimensión *Design Criteria* dividida en los 6 criterios y sus subcriterios.

SITE ISSUES & ECOLOGY / CUESTIONES DEL SITIO & ECOLOGÍA	
A	Aumentar el valor ecológico de la zona (huella ecológica, reducción de impactos ecológicos)
B	Adaptabilidad al relieve topográfico del terreno
C	Control y Aprovechamiento de fuentes hidrológicas (RRHH, aguas tratadas, Gestión de aguas pluviales, etc.)
D	Control de la erosión del suelo y aumento de calidad (sedimentación, estabilización)
E	Aprovechamiento solar (Orientación del edificio a construir)
F	Uso de la ecología para beneficio del ambiente (sombra, barreras naturales,)
G	Preservación, conservación y mejora de la ecología (incluye agricultura urbana)
H	Los campos de reurbanización (Aprovechamiento de greyfields, brownfields o rellenos, zonas industriales)
I	Conectividad Comunitaria/Interacción (Cercanía a transporte masivo, edificios de necesidad básicas, interacción con la comunidad)
J	Zonificación & Densidad: minimización de espacio construido, max. espacios abiertos
WATER EFFICIENCY / EFICIENCIA DEL AGUA	
A	Calidad del agua
B	Línea base del gasto de agua - Reducción del consumo de agua - Agua cero
C	Tratamiento de aguas residuales
D	Gestión de aguas pluviales
E	Aprovechamiento de humedad natural
F	Optimización del sistema de riego
G	Optimización del sistema de agua potable y alcantarillado
ENERGY EFFICIENCY / EFICIENCIA ENERGÉTICA	
A	Calidad de la energía
B	Línea base del gasto energético - Reducción del consumo eléctrico - energía cero
C	Sistema de control de energía (monitoreo, medición y verificación)
D	Eficiencia en el sistema de calefacción, enfriamiento (acondicionado) y calentadores (de agua)
E	Eficiencia en el cableado e iluminación general
F	Eficiencia en equipos
G	Evitar el uso de dispositivos innecesarios (secadores, aire acondicionado, lavaplatos, luces, etc)
H	Correcta instalación de los equipos, ductos y aislamientos
I	Aprovechamiento de la energía solar (incluye orientación)
J	Implementación Energías renovables (generarlas o contratarlas)
MATERIALS / MATERIALES	
A	Calidad de los materiales / correcta instalación
B	Análisis del Ciclo de Vida (LCA) de los materiales (medición de impacto ambiental, huella ecológica)
C	Los diseños reducen/protegen la cantidad de material a emplear (diseño inteligente/ optimización de material)
D	Reuso de edificio existente o materiales reusables (pa construcción)
E	Plan de gestión de residuos/reciclaje (instalaciones, facilidades, accesibilidad etc)
F	Facilidades para compostaje
G	Uso correcto de materiales fácilmente renovables (certificación, / ej. maderA)
H	Extracción sostenible de recursos
I	No usar materiales contaminantes
INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY / CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR	
A	Favorecer fuentes naturales que artificiales
B	Equipos eficientes e instalados correctamente
C	Sistema inteligente de control y calibración automática de iluminación
D	Iluminación solar y eléctrica mínima
E	Sistema de ventilación inteligente (monitoreo, air testing, capturadores de polvos, etc)
F	Mínimo de calidad del aire interior: ventilación natural y artificial
G	Control de sustancias tóxicas, CO ₂ , NO ₂ , cigarro, refrigerantes
H	Protección y Limpieza de materiales expuestos (revestimientos, alfombras, acabados)
I	Comfort térmico
J	Sistema de control/monitoreo de comfort térmico
K	Sistema de monitoreo de humedad
L	Comfort acústico
HUMAN INVOLVEMENT/ INTERVENCIÓN HUMANA	
A	Centro humanista (diseño a humano, preocupación por discapacitados, conceptos de movilidad)
B	Gestión general de impactos
C	Limpieza, orden y delimitación
D	Equipo de proyecto, declaración de la misión y las metas
E	Educación: Informe final y Manuales
F	Educación: Training y capacitaciones
G	Conectividad Comunitaria/Interacción (Cercanía a transporte masivo, edificios de necesidad básicas, interacción con la comunidad)
H	Sostenibilidad, innovación y visión a futuro (tecnología, prácticas verdes, certificaciones, auditorías)
I	Cultura, belleza e inspiración (difusión)

3. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA

A partir de la herramienta preliminar, se procede a diseñar la herramienta mediante las conclusiones obtenidas por el método Delphi (diseño cuantitativo) y a través de entrevistas (diseño cualitativo). Se ha realizado una prueba Delphi para medir la calidad de los parámetros recolectados a través de la integración de las 4 certificaciones. Se establecerá una escala Likert del 1 al 4 y se aplicará el método Delphi a expertos para poder ponderar cada uno de los parámetros de la herramienta. Se han elegido un total de 16 expertos que evaluarán en torno a cada fase de proyecto de la herramienta. De los 16, 6 analizarán la fase de diseño y planeamiento, 3 la de materiales y transporte, 3 para instalación y construcción, 2 para la fase operacional, y 2 más para la deconstrucción. El número de panelistas se ha elegido en torno a la cantidad de parámetros en cada fase y a la disponibilidad de ellos.

En el ANEXO 3, se presentan los extractos más relevantes de las entrevistas realizadas a los expertos y las consideraciones que se recalcan de cada uno de ellos para cada fase del ciclo de vida. La nomenclatura de referencia (ej. Sección/ Subcriterio I.B o VI.A) hacen referencia a las encuestas (ANEXO 2: ENCUESTA PARA ESPECIALISTAS). Si aparece el término "I.B" se refiere al primer criterio "I" (Cuestiones de Sitio y Ecología) y al subcriterio "B" (Adaptabilidad al relieve topográfico del terreno). Un resumen de esta subdivisión se puede visualizar en la TABLA 4.

De todas las secciones, se registró entrevistas para 3 fases: la de diseño integral y planificación, materiales y deconstrucción. Las demás tenían criterios muy similares. Por cada profesional entrevistado, se presenta una breve acotación que discute algún punto

sobre la herramienta y luego en negrita, una(s) consideración(es), la cual representa(n) la decisión tomada a partir de dicha discusión.

Terminado el proceso de encuestas y entrevistas a los especialistas, se ha obtenido la data para poder modificar la herramienta en cada fase. Establecida una escala Likert del 1 al 4, se ha obtenido la media (promedio aritmético) y la mediana. Se tendrá como prioridad la mediana dado que es una mejor medida para saber la tendencia central, y la media sólo como referencia. Para poder hacer un primer filtro, se considerará como aprobatorio haber obtenido 3 o más. Los números que no cumplan serán eliminados. Paso siguiente, usando los comentarios de los especialistas, se harán las modificaciones relacionadas. Por último, se tendrá la herramienta para cada fase y la sustentación de porqué han quedado los criterios, subcriterios y parámetros seleccionados.

3.1. PRIMERA PARTE: DISEÑO CUANTITATIVO (MÉTODO DELPHI)

Modificaciones realizadas a través de la clasificación por Escala Licker:

Tabla(s) 5: Parámetros modificados a través de la clasificación por Escala Licker

Fase: DISEÑO INTEGRAL Y PLANIFICACIÓN	
1. Sitio y Ecología	
Uso de estacionamiento subterráneo aprovechando pendiente natural del terreno	Eliminado
Implementación de un plan de gestión de las aguas pluviales que prevenga el pico de descarga (inundaciones)	Eliminado
Plan de sedimentación y control (p.e. siembra de temporal y permanente, el acolchado, diques de tierra, vallado sedimentos, trampas de sedimentos y las cuencas sedimentarias) (eliminado)	Eliminado
El proyecto debe integrar oportunidades para la agricultura urbana adecuadas a su escala y densidad utilizando el ratio de superficie (FAR) como base para el cálculo.	Eliminado
Construcción en zonas donde el riesgo de contaminación ha sido determinado (zonas abandonadas, zonas contaminadas, zona industrial abandonada, sitio de relleno)	Eliminado
Construcción/Renovación del edificio a menos de 800m de área residencial	Eliminado
2. Eficiencia del agua	
El agua no se tratará con productos químicos.	Eliminado
Las aguas pluviales deben ser gestionada in situ para alimentar la demanda interna de agua, irrigación y riego.	Eliminado
Los puntos de atenuación cubren superficies duras y techos.	Eliminado
Uso de recolectores de humedad ambiental para acumular propiciar una humedad adecuada al ambiente y recolectar agua	Eliminado
No se instalan sistemas de irrigación debido a las condiciones del terreno	Eliminado
Las salidas de agua caliente en la cocina y baños deben estar a menos de 12m del calentador de agua	Eliminado
3. Eficiencia energética	
Adaptación del ASHRAE Advanced Energy Design Guide a las condiciones locales (ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers).	Eliminado
Adaptación del Advanced Buildings™ Core Performance™ Guide a las condiciones locales	Eliminado
Para edificios de múltiples unidades, instalar un sistema de monitoreo eléctrico y de consumo de combustibles fósiles	Eliminado
La calefacción y sistema de enfriamiento son diseñados de acuerdo al ACCA Manual	Eliminado
Diseño de un sistema de enfriamiento pasivo	Eliminado
Las cavidades de los edificios no son usados como ductos auxiliares	Eliminado
El 100% de la energía debe ser suministrada por fuentes de energías renovables in situ.	Eliminado
Otros tipos de energías renovables son instaladas (p.e. eólica, mini hidroeléctrica, etc.)	Eliminado
4. Materiales	
Elementos prefabricados, preensamblados o panelizados son usados en el 90% de pisos, paredes, techos, módulos de construcción o en la casa entera.	Eliminado
Los procesos, operaciones y prácticas están condicionadas por el ISO 14001 o algún equivalente	Eliminado
Disposición de instalaciones de compostaje doméstico o servicio comunitario para residuos compostables.	Eliminado
5. Calidad del ambiente interior	
No se instalan chimeneas, estufas, calentadores.	Observado
Conocimiento de los mínimos requerimientos de la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning).	Eliminado
Conocimiento de los mínimos del CEN (CEN: European Committee for Standardization)	Eliminado
Aumenta la tasa de respiración de la zona en 30% respecto a los mínimos de la ASHRAE.	Eliminado
Se instalan alarmas de CO cerca a los dormitorios	Eliminado
Diseño para ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Comfort Conditions for Human Occupancy.	Eliminado
Existe un contenido adecuado de humedad en el subsuelo	Eliminado
Sistema de monitoreo de humedad: lectura de temperatura, humedad relativa en diferentes lugares	Eliminado
6. Intervención humana	
Cumplimiento del 'Secured by Design – New Homes' (Section 2: Physical Security)	Eliminado
Formación de equipos de trabajo con especialistas en gestión, bioclimática, ingeniería, etc.	Eliminado
Información sobre los paisajes y requerimientos de agua	Eliminado
El proyecto no debe bloquear o disminuir la calidad del aire, luz solar o recursos hídricos de cualquier miembro de la sociedad adyacente.	Eliminado
Compromiso de ir más allá de los principios de mejoras prácticas de gestión del sitio	Eliminado
Características de diseño destinadas exclusivamente para el deleite humano y la celebración de la cultura, el espíritu y el lugar apropiado para su función.	Eliminado

FASE: MATERIALES & TRANSPORTE	
1. Sitios y Ecología	
Los árboles deben estar bajo certificación	Eliminado
2. Eficiencia energética	
Lavadoras y lavavajillas tienen una calificación A y / o secadores de lavadora y secadoras tienen una calificación B.	Eliminado
3. Materiales	
Existe un sello de la autoridad local que evidencia el reciclaje de los materiales	Eliminado
La madera debe estar certificado por el Forest Stewardship Council (FSC) al 100%	Eliminado
Empleo de al menos 2 maderas certificadas para elementos estructurales (paredes, techo) o menores (tabiquería, acabado)	Eliminado

FASE: INSTALACIÓN & CONSTRUCCIÓN	
1. Sitios y Ecología	
Áreas perturbadas son estabilizadas con el método EPA de 14 días (EPA: Environmental Protection Agency)	Eliminado
Como mínimo el 75% del techo debe ser vegetal	Eliminado
2. Eficiencia energética	
Inclusión de los costos energéticos de la construcción/instalación.	Eliminado

FASE DECONSTRUCCIÓN	
1. Sitios y Ecología	
Los impactos ambientales durante la deconstrucción son evitados o mitigados	Eliminado
Se deben tomar medidas para preservar la fauna del hábitat	Eliminado
2. Intervención humana	
Limpieza, orden y buenas prácticas son implementadas en un marco de desarrollo de estrategias verdes	Eliminado

3.2. SEGUNDA PARTE: DISEÑO CUALITATIVO (ENTREVISTAS)

Modificaciones realizadas por las entrevistas realizadas. Para esta parte se tendrá consideración una herramienta general para todo el Perú, sin embargo, se realizarán aclaraciones para un caso especial de la ciudad de Lima.

Tabla 6: Modificaciones realizadas por las entrevistas realizada

FASE: DISEÑO INTEGRAL / PLANIFICACIÓN	
1. Sitio y Ecología	
	<ul style="list-style-type: none"> Una modificación a realizar será eliminar la mayor parte de parámetros de los subcriterios I.G, I.H, I.I e I.J, debido a que como se evidenció en la entrevista con el Arquitecto Shariff Kahhat, estos parámetros están ligados a lo que debería de estar incluido dentro de una reglamentación o un Plan de Desarrollo Urbano de la Municipalidad. Existen dentro de ellos también parámetros muy obvios como la construcción dentro de hábitats sensibles o la construcción en el lugar donde se reduce el impacto ambiental (tópicos que se encuentran ya en la reglamentación actual o de los que se tiene consideraciones sobre ellos) o criterios muy difíciles de implementar como una nueva zonificación o ubicar el edificio. Juntando los parámetros restantes, se consideraría el alineamiento al Plan Urbano Local, cuestiones ecológicas y de espacio. Para el caso de Lima, el subcriterio I.C no se consideraría dado que no existe una gran cantidad de descargas pluviales o fuentes hidrológicas para que sea un factor beneficioso su aprovechamiento. Sobre el subcriterio I.B, el de adaptabilidad a la superficie del terreno, se resalta el comentario de la ingeniera Karin Bartl sobre que este no tiene mucha relevancia ambiental, sino más económica, y en parte también es obvia, dado que en el mundo de la construcción siempre se ha buscado reducir las partidas de excavación de tierras. Además, se recalca el comentario que, se construye donde existe más necesidad, independiente si se aprovechan las pendientes o no. Por lo tanto, se eliminaría este parámetro. Sobre el subcriterio I.A., el tema de medición de impactos ambientales y consideraciones de la huella de carbono, representan tópicos relevantes mas no importantes dado que la aplicación de un EIA o huella de carbono demoran tiempo y dinero. Sin embargo, debería hacerse obligatorio el EIA solo si el terreno en el cual aún no se ha construido no posee habilitación urbana. Para los demás casos, hacerlo no representaría mucha diferencia dado que los criterios considerados en esta herramienta asegurarían un buen control sobre los impactos medioambientales. Sobre el parámetro en relación a diseñar las características ecológicas del emplazamiento, en Lima quizá no es tan necesario pero sí en el interior del país.
2. Eficiencia de agua	
	<ul style="list-style-type: none"> Sobre el tema de Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles (SUDS), representan sistemas de ciudad y no de un solo edificio, por lo que al igual que casos anteriores, escapan de la jurisdicción a la cual estamos analizando. Por lo tanto, se eliminaría ese parámetro del subcriterio II.D y se estaría eliminando dicha sección debido a que no cuenta con más aspectos a analizar (los otros fueron descartados por el primer filtro). Este punto es interesante dado que, más que intentar obtener agua de todas las vías posibles, lo que se destaca es la optimización del uso de esta. Uno de los parámetros que se rescata es que el 100% de las aguas debe ser suministrado por vías alternas. Habiendo eliminado los parámetros sobre gestión de aguas pluviales y captación de agua de la humedad natural, debe de hacerse hincapié en la reducción del uso y de reciclaje de aguas, principalmente para el caso de la ciudad de Lima o toda la costa. Para áreas donde existe una mayor cantidad de precipitaciones, podría considerarse el tema de gestión de aguas pluviales dado que es un recurso hídrico de mayor abundancia y debería gestionarse.
3. Eficiencia energética	
	<ul style="list-style-type: none"> El primer punto en el que debe de hacerse hincapié es a alinearnos a una normativa nacional o local. Justo los criterios de calidad energética son evaluados por normas internacionales, mas como hemos podido ver hasta el momento, no son lo más adecuado para nuestro entorno. Por lo tanto, pese a que no existen, debe de ser indicadas referencias normativas peruanas por si en el futuro de se desarrollan. Como se había reportado en la entrevista con la Dra. Karin Bartl, es preciso remover lo referido a sistemas de gestión energética dado que el monitoreo energético más que nada nos diría el gasto generado por los habitantes del edificio, mas no podrían tomarse medidas para reducirlo sin ir en contra de sus derechos. Claro está, que el monitoreo también sirve para detectar tendencias erróneas del mal funcionamiento de dispositivos, pero ese tema puede preverse comprando equipos certificados de calidad y bajo un mantenimiento periódico. Revisión general de la eficiencia energética también puede realizarse cada cierto tiempo y no requiere un sistema tan complejo que analice en todo momento el flujo energético. Más que buscar la eficiencia de sistemas de calefacción e enfriamiento, es preciso evitarlos. Este aspecto es compartido por todos los especialistas dado que el mismo hogar debe de estar acondicionado para satisfacer el confort térmico internet sin necesidad de gasto energético. La implementación de sistemas de enfriamiento y calefacción no solo representan un gasto a nivel del costo de los aparatos, sino también por la energía que deben emplear y también gastos de manutención o renovación. Por lo tanto, debe de agregarse un subcriterio dentro del criterio III que trate el tema de cómo el diseño óptimo acorde a los factores climáticos representa un ahorro energético. Es en este apartado donde se incluiría los conceptos conversados con el arquitecto Shariff Kahhat sobre Passivhaus (passive housing o modelo de casa pasiva) o del sistema de construcción de Neufert (aunque este también esté involucrado a los aspectos de confort espacial). Descrito ello, se pasarán a modificar los últimos 3 subcriterios del criterio de eficiencia energética para amoldarlos a lo referente a edificios con diseño energético eficiente. Sobre el tema de la certificación verde en equipos, es un tema controversial dado que representa un costo mayor inicial, pero a la larga, representan un ahorro de gastos. Como observamos en toda la sección, si se busca generar una casa con bajo ahorro energético y no existen fuentes de generación de energía (como las de energías renovables) entonces debe de buscarse reducir el consumo lo más que se pueda. Por lo tanto, teniendo una visión a largo plazo, podría decirse que los equipos con certificación verdes son una inversión que propicia esta reducción del consumo. Sobre el tema de la energía solar, para el caso de Lima está no sería tan productivo dado que no existe mucho resplandor. Para provincia, el tema sería diferente, sin embargo, tenemos que analizar si es verdaderamente importante que el edificio cuente con paneles fotovoltaicos. Como la comenta el ingeniero Ian Vásquez, la energía eléctrica en Perú es barata debido y proviene de fuentes no tan contaminantes (hidroeléctrica y gas natural), por lo que el costo beneficio de implementar paneles solares puede que incline la balanza al no uso de estos. Una posible opción sería que la red eléctrica local cuente con este tipo de fuente para generación de energía pero promover el uso individual para cada edificio multifamiliar, no es la solución más idónea.
4. Materiales	

4. Materiales
<ul style="list-style-type: none"> · Acerca de los materiales existen 3 puntos importantes: la reducción de materia prima nueva, la buena instalación, la calidad de estos. En torno a estos criterios, se han modificado ciertos parámetros en relación a los comentarios de los especialistas. · El tema de un LCA por materiales es un tema muy complicado, y requiere mucha información. Sin embargo el tema de todo el edificio, podría empezar a realizarse a través de una consultora externa. Y el punto a favor es que permitirá tener una visión más holística de todos los procesos y ámbitos que involucra el edificio. · Para el subcriterio IV.E, como dice la Dra. Karin Bartl, más que eliminación debemos buscar reducción dado que sería un gran avance en el campo de la gestión de los residuos de construcción.
5. Calidad del ambiente interior
<ul style="list-style-type: none"> · Debido a que se busca que la casa tenga un confort interno que no dependa de energía extra (apoyado en el diseño arquitectónico que hablamos en el criterio de eficiencia energética), ya no sería necesario los sistemas de monitoreo (ventilación, confort térmico, humedad, etc.). · Sobre el uso de chimeneas, estufas y calentadores, en muchas partes del Perú (principalmente en la zona donde el friaje es un problema serio), estos son las únicas fuentes de donde conseguir calor. El principal problema es que estos artefactos exigen la quema de madera (recurso más recurrido) y ello genera impactos ambientales (pérdida de vegetación, estabilidad de tierras, deforestación, contaminación, etc.) Ya que la no implementación de chimeneas puede que no sea tan fácil de establecer, más que nada dependerá del contexto, y si tuviera que realizarse, lo ideal es la quema de biomasa que no genere tantos contaminantes. · El tema de la humedad es una particularidad en las ciudades costeras dado que genera que las sensaciones de temperaturas sean mayores. Más que extraer la humedad interior, la cuestión es minimizar su impacto evitando su generación al establecer espacios cerrados o donde no existan “fugas”. En otras palabras, el concepto de <i>No leaks</i>, el cual está incorporado en la construcción de casas pasivas.
6. Intervención humana
<ul style="list-style-type: none"> · Para la sección VI.A, el parámetro que tiene como referencias al Americans with Disabilities Act (ADA) y al Architectural Barriers Act (ABA) Accessibility Guidelines, es más idóneo tener usar el reglamento de INDECI, el de la Municipalidad y el de los bomberos · Otro punto a analizar es que para la sección VI.A, se observan muchos parámetros que no dependen del edificio, sino de la reglamentación de la Municipalidad, por lo que resultaría un parámetro difícil de medir. El primer parámetro hace referencia al 2do, 3ro y 5to, los cuales no son tan claro así que se eliminarían.

Para las siguientes 4 fases del ciclo de vida, se hicieron modificaciones basados en la misma tendencia de la primera fase. Los cambios realizados principalmente se basaron en terminologías o cambios muy parecidos a los realizados en la primera fase. Un punto a recalcar es que en parámetros parecidos/iguales evaluados por especialistas en una fase, se obtuvieron resultados también congruentes en otra fase, lo que da coherencia a los resultados de la herramienta.

V. CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN COMPLEJOS MULTIFAMILIARES

La versión final de la herramienta multicriterio se encuentra en el ANEXO 4. La herramienta diseñada ha pasado por todo un proceso para adaptarla al contexto nacional y de Lima (como caso particular). Para poder distinguir ambos escenarios, solo las que no son aplicables para Lima están en letras rojas.

A continuación, se va explayar la dimensión de Design Criteria que ha sido la más compleja y desarrollada en este trabajo (puesto que es nace del análisis de las certificaciones internacionales).

A nivel del primer criterio, sitios y ecología, se observa que delimita muy bien su interrelación con el terreno y su valor ecológico, aprovechamiento solar y alineamiento a la legislación, reglamentación y normativa del entorno. Para el segundo criterio, se resalta el tema que más que conseguir nuevas fuentes hidrológicas para suplir la demanda, la idea es reducir el consumo optimizando los sistemas y reciclando hasta cierto límite. Para el caso de la eficiencia energética (tercer criterio) ocurre muy similar: la idea no es conseguir nuevas fuentes, sino diseñar el edificio de tal manera que genere confort sin gastos energéticos y usando equipos (solo los necesarios) con bajo consumo.

Con respecto a los materiales (criterio 4), más que apostar por el reciclaje (no lo descartamos sino que no es prioridad) lo ideal es reducir la cantidad de material por utilizar y la buena instalación de estos. Para el tema de calidad del ambiente interior, se puede decir que es uno de los criterios más complejos dado que es producto del efecto y causa de los anteriores: si se diseña el edificio acorde a los factores bioclimáticos, con un diseño energéticamente eficiente usando materiales de calidad, entonces se asegura un buen confort dentro del edificio en todas las dimensiones de este criterio. Y respecto al último, el relacionado a la intervención humana, este es un criterio transversal que aboga por un edificio antropocéntrico en todas las concepciones que podría tener.

En la siguiente tabla (TABLA 7), se presenta la versión final de la dimensión Design Criteria dividida en sus criterios y subcriterios. Si se compara con la TABLA 4, que se refiere a la misma dimensión pero antes de las modificaciones, se observa la clara disminución de subcriterios viéndose a simple vista que la herramienta ha sido ajustada. Un análisis más profundo puede evidenciarse revisando la herramienta base (todos los parámetros previos a las modificaciones presentes en el ANEXO 2) y la mejorada (todos los parámetros posteriores a las modificaciones presentes en el ANEXO 4).

Tabla 7: Versión final de la dimensión *Design Criteria* dividida en los 6 criterios y sus subcriterios.

SITE ISSUES & ECOLOGY / CUESTIONES DEL SITIO & ECOLOGÍA	
A	Aumento del valor ecológico de la zona (huella ecológica, reducción de impactos ecológicos)
B	Adaptabilidad al relieve topográfico del terreno
C	Control y aprovechamiento de fuentes hidrológicas (recursos hídricos, aguas tratadas, etc.)
D	Control de la erosión del suelo y aumento de calidad (sedimentación, estabilización)
E	Aprovechamiento solar (Orientación del edificio a construir)
F	Uso de la ecología para beneficio del ambiente (sombras, barreras naturales, etc.)
G	Alineamiento al Plan Urbano Local, Reglamentación y criterios ecológicos
WATER EFFICIENCY / EFICIENCIA DEL AGUA	
A	Calidad del agua
B	Línea base del gasto de agua: Reducción del consumo de agua - Agua cero
C	Tratamiento de aguas residuales
D	Gestión de aguas pluviales
E	Optimización del sistema de riego
F	Optimización del sistema de agua potable y alcantarillado
ENERGY EFFICIENCY / EFICIENCIA ENERGÉTICA	
A	Línea base del gasto energético - Reducción del consumo eléctrico - energía cero
B	Eficiencia en el cableado e iluminación general
C	Eficiencia en equipos
D	Evitar el uso de dispositivos innecesarios (p.e. secadores, aire acondicionado, lavaplatos, luces, etc)
E	Implementación de un diseño arquitectónico para promover la eficiencia energética
MATERIALS / MATERIALES	
A	Calidad de los materiales y correcta instalación
B	Análisis del Ciclo de Vida (LCA) de los materiales (medición de impacto ambiental, huella ecológica)
C	Los diseños reducen/protegen la cantidad de material a emplear (diseño inteligente/ optimización de material)
D	Reuso de edificio existente o uso de materiales reusables
E	Plan de gestión de residuos/reciclaje (instalaciones, facilidades, accesibilidad etc)
F	Uso correcto de materiales fácilmente renovables (certificación, / ej. maderA)
G	Extracción sostenible de recursos
H	No usar materiales contaminantes
INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY / CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR	
A	Favorecer fuentes naturales que artificiales
B	Equipos eficientes e instalados correctamente
C	Sistema inteligente de control y calibración automática de iluminación
D	Iluminación solar y eléctrica mínima
E	Sistema de ventilación inteligente (monitoreo, air testing, capturadores de polvos, etc)
F	Mínimos de calidad del aire interior: ventilación natural y artificial
G	Control de sustancias tóxicas, CO2, NO2, cigarro, refrigerantes
H	Protección y limpieza de materiales expuestos (p.e. revestimientos, alfombras, acabados)
I	Comfort térmico
J	Comfort acústico
HUMAN INVOLVEMENT/ INTERVENCIÓN HUMANA	
A	Centro humanista (diseño orientado a las personas, preocupación por discapacitados, conceptos de movilidad)
B	Gestión general de impactos
C	Limpieza, orden y delimitación
D	Equipo de proyecto, declaración de la misión y las metas
E	Educación: Informe final y Manuales
F	Educación: Training y capacitaciones
G	Conectividad Comunitaria/Interacción (Cercanía a transporte masivo, edificios de necesidad básicas, interacción con la comunidad)
H	Sostenibilidad, innovación y visión a futuro (tecnología, prácticas verdes, certificaciones, auditorías)
I	Cultura, belleza e inspiración (difusión)

En otras palabras, la herramienta nos deja como enseñanza, que más que querer innovar y buscar nuevas rutas, solo debemos hacer las cosas bien. No existe necesidad de gastar en grandes equipos si solo nos adaptáramos al contexto donde nos encontramos. También, nos explica que el tema de edificios sostenibles es un concepto que a pesar de verse utópico, es posible generar algo muy cercano a ello. La sostenibilidad no es un concepto donde se va lograr lo máximo de cada aspecto, sino que representa sacrificar un poco de cada uno para el máximo beneficio. Quizá no se tenga el hogar más acondicionado para cada época del año, pero si uno muy bueno. Quizá no sea económicamente rentable pero si al alcance de las personas. Quizá no tenga un impacto positivo sobre el medio ambiente pero si se preocupa por armonizar con este.

Es en esta sección donde queremos hacer algunas comparaciones entre la herramienta base (la que se usó previo al método Delphi y las entrevistas) con la herramienta obtenida al final (después del diseño). Al juntar todas las certificaciones en un solo documento, se tuvieron un total de 355 parámetros, las cuales a través de los procesos mencionados, disminuyen. En las siguientes tablas presentamos un análisis de esto.

Tabla 8 (A y B): Cantidad de parámetros entre la herramienta base y la herramienta mejorada en función de las dimensiones “Design Criteria” y “Life Cycle”

Tabla A

Cantidad de parámetros de la herramienta base		LIFE CYCLE						
		Diseño Integral & Planificación	Materiales & Transporte	Instalación & Construcción	Ocupación & Mantenimiento	Deconstrucción		
DESIGN CRITERIA	Cuestiones de Sitio y Ecología	35	6	15	8	6	70	19.72%
	Eficiencia de Agua	25	0	3	12	0	40	11.27%
	Eficiencia Energética	31	4	8	13	0	56	15.77%
	Materiales	14	19	4	2	2	41	11.55%
	Calidad del Ambiente Interior	28	10	15	15	3	71	20.00%
	Intervención Humana	44	5	10	13	5	77	21.69%
		177	44	55	63	16	# Parámetros	355
		49.86%	12.39%	15.49%	17.75%	4.51%	355	

Tabla B

Cantidad de parámetros de la herramienta mejorada		LIFE CYCLE						
		Diseño Integral & Planificación	Materiales & Transporte	Instalación & Construcción	Ocupación & Mantenimiento	Deconstrucción		
DESIGN CRITERIA	Cuestiones de Sitio y Ecología	19	5	13	7	4	48	18.46%
	Eficiencia de Agua	19	0	1	8	0	28	10.77%
	Eficiencia Energética	18	3	7	4	0	32	12.31%
	Materiales	12	15	3	1	2	33	12.69%
	Calidad del Ambiente Interior	17	10	15	7	3	52	20.00%
	Intervención Humana	35	5	10	13	4	67	25.77%
		120	38	49	40	13	# Parámetros	260
		46.15%	14.62%	18.85%	15.38%	5.00%	260	

En este primer par de cuadros, tenemos en las columnas las fases del proyecto (diseño y planificación, materiales y transporte, etc.) y en las filas los criterios (sitios y ecología, eficiencia energética, etc.). Observamos en general, que la cantidad de parámetros se redujo en un 25% aproximadamente, pero las proporciones no variaron mucho. Observamos que las fases con mayor cantidad de parámetros son las de planificación y la de construcción, por lo que debe tenerse un mayor detenimiento en su evaluación. Los

criterios de calidad de aire interior y participación humana, son los que tienen una mayor cantidad de parámetros, y por ende, más grado de detalle, y ello se debe a que son criterios transversales (participación humana) o que cuyo resultado dependen de los demás criterios (calidad del ambiente interior).

Las otras dos gráficas por analizar son las siguientes:

Tabla 9 (C y D): Cantidad de parámetros entre la herramienta base y la herramienta mejorada en función de la dimensión “Life Cycle” y las certificaciones internacionales

Tabla C

Cantidad de parámetros de la herramienta base		LIFE CYCLE						
		Diseño Integral & Planificación	Materiales & Transporte	Instalación & Construcción	Ocupación & Mantenimiento	Deconstrucción		
CERTIFICACIONES INTERNACIONALES	LEED	40	8	13	18	3	82	23.10%
	CSH	20	6	3	9	3	41	11.55%
	LBC	20	3	1	6	0	30	8.45%
	NGBS	85	24	36	25	4	174	49.01%
	EXTRA	12	3	2	5	6	28	7.89%
		177	44	55	63	16	# Parámetros	355
		49.86%	12.39%	15.49%	17.75%	4.51%		

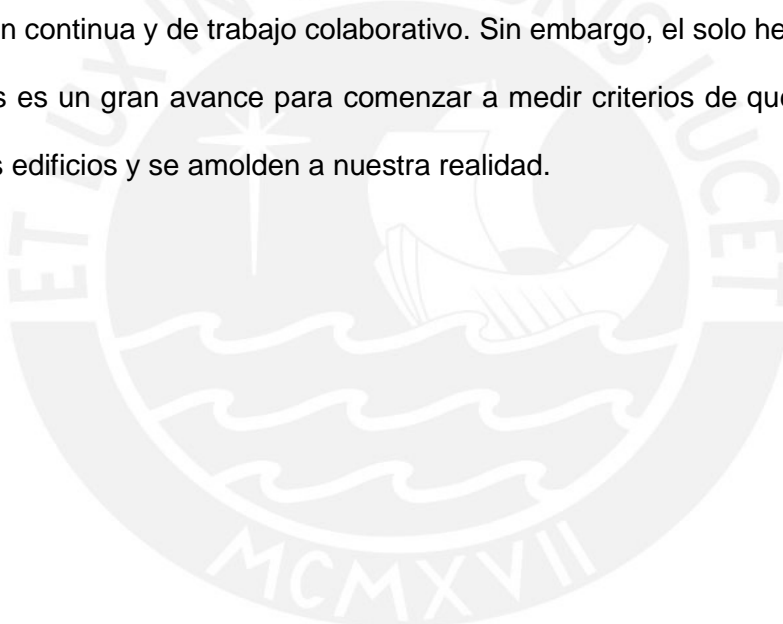
Tabla D

Cantidad de parámetros de la herramienta mejorada		LIFE CYCLE						
		Diseño Integral & Planificación	Materiales & Transporte	Instalación & Construcción	Ocupación & Mantenimiento	Deconstrucción		
CERTIFICACIONES INTERNACIONALES	LEED	21	8	11	12	3	55	21.15%
	CSH	15	4	3	6	3	31	11.92%
	LBC	12	2	0	4	0	18	6.92%
	NGBS	58	21	34	17	2	132	50.77%
	EXTRA	14	3	1	1	5	24	9.23%
		120	38	49	40	13	# Parámetros	260
		46.15%	14.62%	18.85%	15.38%	5.00%		

Para este segundo par de cuadros, tenemos en las columnas las fases del proyecto (diseño y planificación, materiales y transporte, etc.) y en las filas las certificaciones (LEED, CSH, LBC, NGBS). Observamos en general, que al igual que el caso anterior, las proporciones se mantienen y no sufren grandes cambios. Podemos decir que la mitad de

la herramienta se basa del National Green Building Standard (NGBS), la quinta parte tiene influencia de la certificación LEED y los demás valores son muy parecidos. Actualmente en el país predomina la certificación LEED, lo cual nos da a entender que no se están construyendo edificios contextualizados a nuestro ambiente. Otro dato a recalcar es que cerca del 10% de los parámetros son añadidos fuera de las certificaciones.

Otro punto a resaltar es que los indicadores para cada parámetro han sido elaborados a grosso modo, dado que el detalle y buena elaboración de estos, es un proceso de construcción continua y de trabajo colaborativo. Sin embargo, el solo hecho de plantear los parámetros es un gran avance para comenzar a medir criterios de qué tan sostenible pueden ser los edificios y se amolden a nuestra realidad.



VI. CONCLUSIONES

La elaboración de una herramienta multicriterio es una tarea compleja e interdisciplinaria, más aun si se busca analizar todo el ciclo de vida de los edificios multifamiliares. Además, es una herramienta dinámica, dado que, a medida que se vaya usando en diferentes contextos, se van ir realizando modificaciones adaptándose al “contexto actual” que se viva en años venideros.

La fase más relevante para un edificio sostenible es la fase de planificación, porque es desde este punto en donde se pueden prever los efectos que desean generarse. Eso también se analiza por la mayor cantidad de parámetros presentes, y por la rigurosidad que exige al ser tan dependiente de normas y reglamentos locales, nacionales o internacionales. Por lo tanto, debe existir desde un inicio un equipo que tenga una visión holística del diseño, que integre las diferentes dimensiones, y que llegue a acuerdos. Ya se explicó que no es posible la máxima eficiencia, el mayor confort ni generar la menor cantidad de impactos: es necesario saber cuánto “sacrificar” de esta perfección idealizada para llegar a un balance. Es de este proceso de dar equilibrio donde podemos decir que se desarrolla la sostenibilidad.

El trabajo de investigación nos da a evidenciar la necesidad de una legislación y reglamentación más fuertes, y la necesidades de planes urbanos en los cuales se tenga delimitado los roles de cada uno. Y ese representa un punto interesante: la construcción no debe de promover agua o energía barata, no debe de acondicionar todo su entorno, etc.

Esas son cuestiones que la Municipalidad y las empresas deben de proveer. Y aquí entra también el requerimiento de definir el rol de cada entidad participante en el ciclo de vida.

Hay también que ser realistas y reconocer que la realización de una normativa en relación a todos los puntos puede demorar tiempo, por lo que hasta ese momento es bueno considerar certificaciones internacionales como una guía más que como un método de estandarización (a menos que desee certificarse internacionalmente).

Otro punto clave que se obtuvo de las entrevistas es el relacionado a la educación: de nada sirve tener el edificio perfectamente sostenible si las personas que viven dentro no saben aprovechar inteligentemente los recursos. Algunas de las normativas internacionales buscan incrementar la mayor cantidad de agua y electricidad para satisfacer lo que “necesitamos”, pero lo más adecuado es que de nosotros mismos depende el concepto de sostenibilidad. No puede existir edificio sostenible sin personas inmersas en la sostenibilidad, o si no sería solo una obra arquitectónica sin poder cumplir su función. El edificio solo es un reflejo de quienes lo habiten. La herramienta desarrollada sirve para que, si existe una verdadera educación de las personas en estos aspectos, se puedan magnificar los resultados y minimizar los impactos negativos.

Para concluir, nos repreguntamos ¿A qué nos referimos con sostenibilidad en la construcción? Puede decirse que el concepto de sostenibilidad está inmersos en la herramienta, ya que nos recalca la importancia de una buena gestión de los recursos actuales en lugar de conseguir nuevos recursos para suplir nuestras necesidades (gestión

de aguas pluviales o humedad para el caso de agua y energía renovables para electricidad). En otras palabras (como se mencionó con anterioridad), más que querer innovar, solo debemos hacer las cosas bien, lo cual requiere un sistema integrado que optimicen la gestión de los recursos teniendo en consideración la interdependencia de todos los factores involucrados. Sostenibilidad, es hacer hoy las cosas bien.



VII. PROYECCIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Del trabajo de investigación, podemos observar que la herramienta no solo servirá de evaluación en la fase inicial de proyecto de construcción, sino también para poder guiar su evaluación. Entre las principales funciones de la herramienta se distingue:

Guía de sostenibilidad: La herramienta presenta los lineamientos básicos de como ejercer la sostenibilidad en los edificios. La idea principal no es presentar la tecnología, materiales o criterios a usar, sino de qué manera es posible emplearlos para poder gestionar mejor los indicadores económicos, ambientales y sociales. De esta manera se dará flexibilidad a que tecnologías implementar. Permitirá que el proyectista tenga los indicios de cómo poder llevar a cabo todo: construyendo un equipo interdisciplinar, planeando hasta la deconstrucción, ubicando la zona. De todas maneras sería recomendable un pequeño manual basado en la herramienta que explique secuencialmente el proceso a seguir.

Herramienta de gestión de impactos: Como todo proyecto de construcción, se elabora una lista de posibles riesgos que podrían ocurrir, que generalmente se dan para evaluar la calidad de los procesos y materiales. La herramienta presentada permite incluir riesgos de otros tipos (ambientales y sociales), y generar un controlar más integral de la obra.

Evaluación continua: La herramienta permitirá evaluar la sostenibilidad no solo al inicio, sino a lo largo de su ciclo de vida y que sea un documento que permita registrar todo el desenvolvimiento de este. En otras palabras, será como la hoja de vida de un edificio, lo cual sería material de investigación no solo en su etapa final, sino para analizar en el

transcurso de cada etapa. Además, proyectando los valores iniciales, se podrá comparar lo esperado con lo real y observar los puntos de mejora.

Herramienta evolutiva: La herramienta debido a su flexibilidad, puede evolucionar y adaptarse para ser lo más precisa posible. Por lo tanto, es necesaria que sea aplicada en varios casos para ir mejorándola y pueda generar un mayor valor agregado. De esa manera cada vez que surjan nuevas tendencias, se presenten recomendaciones más adecuadas. Lo más ideal es que se genere un software que registre los datos y presenten de manera interactiva la data resultante.

Integrador de certificaciones: Al igual que se han usado 4 certificaciones para elaborar esta herramienta, podrían integrarse otras para enriquecer la herramienta, compararla y hacer un producto mejor. De esa manera, en el futuro podría adaptarse para otro tipo de edificios.

Es a través de las 3 dimensiones, criterios, subcriterios, parámetros e indicadores definidos, la manera como se define la sostenibilidad en complejos multifamiliares. Probablemente podría ser aplicado a otro tipo de edificaciones similares (por ejemplo, de oficinas) pero como se ha explicado, su eficiencia sería mayor en este tipo de proyectos.

Parte de este trabajo de investigación es plantear las interrogantes o posibles rutas de crecimiento en torno a la sostenibilidad de los edificios. Para ello se presentan las siguientes alternativas:

Elaboración de un edificio sostenible: La herramienta presenta criterios de sostenibilidad que podrían servir de apoyo a la generación de un edificio de este tipo.

Principalmente se usarían conceptos de diseño bioclimático y recopilando la data del emplazamiento a construir y programas de diseño que puedan usar esa información, se elaboren escenarios de edificios (parte de un proceso iterativo) que den como resultado el diseño integral.

Análisis de un edificio con la herramienta multicriterio: A partir de la herramienta generada, se analizarían los criterios de sostenibilidad en un edificio. De esta manera, se generará información para la mejora de la herramienta y se amolde con mayor precisión a próximas evaluaciones.

Comparación entre un edificio tradicional y uno sostenible: Después de ya haber diseñado un edificio sostenible, es de interés poder analizar este edificio y compararlo con uno tradicional en términos económicos, ambientales y sociales y proyectarlo a lo largo del ciclo de vida. De esta manera se podrá armar una discusión bajo criterios estandarizados y analizar los pros y contras de ambos tipos de edificio. Si los edificios sostenibles en verdad representan un ahorro tanto a corto y largo plazo, esta comparación mostraría tal evidencia y el grado en que se produce.

Para concluir, queda por resaltar que el trabajo realizado no termina aquí no solo por los posibles usos, sino porque el campo de la sostenibilidad en edificios es uno que recién está surgiendo y que es transversal a todas las áreas de desarrollo dentro de la ingeniería civil llámense diseño estructural, construcción de obras, geotecnia, etc. El “¿qué es ser sostenible en este mundo?” está pasando de ser una pregunta filosófica a un cuestionamiento de las actividades del día a día, por lo que es necesario adaptarnos en esta nueva manera de ver el panorama que ya conocemos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

AHMAR, Elías

2007 Elaboración del Plan Maestro para Proyectos de viviendas multifamiliares típicas desde el punto de vista de la Empresa promotora

Tesis especial de grado en gerencia de proyectos. Caracas: Universidad Católica

Andrés Bello - Área de Ciencias Administrativas y Gestión

[Citado: 27/11/2013]

<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ9492.pdf>

BERGMAN, David

2012 Sustainable design: A critical Guide

New York: Architecture Briefs

BOOZ, ALLEN, HAMILTON

2012 Green Jobs Study, USGBC

McLean, Virginia: Brandywine Reality Trust

[Citado: 27/11/2013]

<http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs6435.pdf>

BROWN, Tim

2013 Reflections on Davos 2013

[Citado: 27/11/2013]

<http://www.linkedin.com/today/post/article/20130206001505-10842349-reflections-on-davos-2013>

CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

2006 Three Gorges Dam

http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_de_las_Tres_Gargantas#cite_note-5

[Citado: 27/11/2013]

COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT (CALG)

2006 DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT

London [Citado: 27/11/2013]

http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code_for_sust_homes.pdf

DREXLER, Hans & EL KHOULI, Sebastian

2012 HOLISTIC HOUSING: Concepts, Design strategies and processes

1° Edición. Munich: Institut fur internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG

DISCOVERY CHANNEL

2013 Cómo las plantas influyen en tu conducta

[Citado: 27/11/2013]

<http://noticias.tudiscovery.com/cmo-las-plantas-afectan-tu-mente/>

EFEVERDE

2013 WordWatch Institute denuncia el uso abusivo del concepto de lo sostenible,

[Citado: 22/04/2013]

<http://www.efeverde.com/contenidos/noticias/worldwatch-institute-denuncia-el-uso-abusivo-del-concepto-de-lo-sostenible>

EL COMERCIO

- 2013** Inmobiliari construirá el edificio de viviendas más alto del Perú,
[Citado: 27/11/2013]
<http://elcomercio.pe/economia/1631973/noticia-edificio-viviendas-mas-alto-peru-se-construira-lince>
- 2013** Mercado de viviendas nuevas crecerá tan solo 5% este año [VIDEO]ano-video
[Citado: 27/11/2013]
<http://elcomercio.pe/economia/1662233/noticia-venta-viviendas-nuevas-crecera-solo-este->

GARCÍA, Margarita y SUÁREZ, Mario

- 2012** El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica
La Habana: Universidad de Ciencias Médicas de La Habana
[Citado: 10/10/2013]
http://bvs.sld.cu/revistas/spu/vol39_2_13/spu07213.htm

GERMAN SUSTAINABLE BUILDING COUNCIL (GSBC)

- 2013** Deutsche Gesellschaft Für Nachhaltiges Bauen (DGNB)
Stuttgart [Citado: 25/11/2013]
http://www.dgnb-system.de/en/system/dgnb-sustainability_concept/

INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE (ILFT)

- 2012** Living Building Challenge 2.1
[Citado: 27/11/2013]
<https://ilbi.org/lbc/LBC%20Documents/lbc-2.1>

JARAMILLO and STAUBLI

- 2009** Twenty Trends for Sustainability in 2009-1, Environmental Leader

KAHHAT, Ramzy y otros

2009 Environmental Impacts over the Life Cycle of Residential Buildings Using Different Exterior Wall Systems

JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS © ASCE / SEPTEMBER 2009

KEOLEIAN, Gregory; BLANCHARD, Steven; REPPE, Peter

2012 Life-Cycle Energy, Costs, and Strategies for Improving a Single-Family House

Volumen 4, Número 2. Journal of Industrial Ecology. [Citado: 08/10/2013]

<http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/75688/108819800569726.pdf>

LEEDHAM, Amy

2011 Beyond LEED and BREEAM: The Living Building Challenge - Part 1

[Citado: 08/10/2013]

<http://archinect.com/blog/article/23655771/beyond-leed-and-bream-the-living-building-challenge-part-1>

LÓPEZ-PUJOL, Jordi & PONSETI, Marta

2008 El proyecto de las tres gargantas de China: Su historia y sus consecuencias

Estudios de Asia y África, vol. XLIII, núm. 2, mayo-agosto, 2008, pp. 255-324

[Citado: 15/08/2014]

<http://www.redalyc.org/pdf/586/58611186001.pdf>

MAPP, CHAP & NOBE, ELLEN & DUNBAR, BRIAN

2011 The Cost of LEED – An analysis of the Construction Costs of LEED and Non-LEED Banks

[Citado: 09/04/2015]

http://www.iosre.org/wp-content/uploads/2012/09/Cost_of_LEED_Analysis_of_Construction_Costs-JOSRE_v3-131.pdf

NATIONAL ASSOCIATION OF HOME BUILDERS (NAHB)

2009 National Green Building Standard, ICC / NAHB 700 – 2008

NICOLOW, JIM

2008 Measuring the cost to become LEED certificated

[Citado: 09/04/2015]

<http://www.facilitiesnet.com/green/article/Measuring-The-Cost-To-Become-LEED-Certified-Facilities-Management-Green-Feature--10057>

OLGYAY, Victor

2002 Arquitectura y clima : manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanista
Editorial Gustavo Gili, S.L.

PINILLOS, Alberto & FERNÁNDEZ, José Luis

2011 De la RSC a la sostenibilidad corporativa: una evolución necesaria para la creación de valor

Harvard Deusto Business Review [Citado: 08/10/2013]

http://gaconsultores.com/novedades/FICHA_16032015154525.pdf

PNUMA

2009 Sustainable Building Construction Initiative

2011 Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza

[Citado: 08/10/2013]

http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER_synthesis_sp.pdf

PORTER, Michael & KRAMER, Mark

2006 Estrategia y sociedad, Harvard Business Review - América Latina

Harvard Business Review [Citado: 08/10/2013]

http://foretica.org/biblioteca/documentos-de-interes/global/doc_details/670-harvard-business-review-estrategia-y-sociedad?lang=es

RAMÍREZ, Fonseca

2009 Sostenibilidad: Postura. Proyectos, Colombia

Universidad de los Andes [Citado: 15/08/2014]

<https://mesavis.uniandes.edu.co/Presentaciones%202010/mesa%20vis%20msrzo%2025.pdf>

SCHMIDT, Anders

2012 Analysis of five approaches to environmental assessment of building components in a whole building context, Force Technology

Force Technology [Citado: 15/08/2014]

http://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Publications/88/Force_Study_Building_certification_systems_May_2012.pdf

SHEN, Chen

Mission impossible: archaeology of the Three Gorges Reservoir, China, en

2000 Steven Brandt y Hassan Fekri, Dams and Cultural Heritage Management, Cape Town, Sudáfrica, World Commission on Dams, 2000, pp. 53-58.

[Citado: 27/11/2013]

http://www.csee.net.cn/data/2006/0525/article_864.htm

UNITED NATIONS

1987 Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development

[Citado: 27/11/2013]

<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL

2008 LEED for Homes Rating System

[Citado: 27/11/2013]

<http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs3638.pdf>

2009 LEED 2009 for new construction and major renovations

[Citado: 27/11/2013]

<http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs5546.pdf>

2014 Why LEED certification matters

[Citado: 09/04/2015]

<http://www.usgbc.org/sites/default/files/Why%20LEED%20Certification%20Matters.pdf>

VALLEYS, François

2008 Cuadernos 8: Ética y Residencia (Dep. Arqui)

Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú - Departamento de Arquitectura

[Citado: 27/04/2014]

http://departamento.pucp.edu.pe/arquitectura/files/2012/06/cuaderno_08.pdf