



Fernando Córdova Canela  
Edna Cecilia López Elizalde .

## Evaluación Tecnológica de dispositivos integrados de naturación y captación pluvial en la vivienda de México

Technological assessment of integrated devices of rainwater harvesting and green roofs for housing in Mexico.

**RESUMEN:** El presente trabajo es un resultado parcial del proyecto de investigación y colaboración entre Cuerpos Académicos “Red de Vivienda”, financiado por el Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, y describe la construcción de un instrumento metodológico de evaluación tecnológica, a través de la aplicación de modelo IDEF0, el cual se integra por matrices de ponderación y asociación de conceptos, pretendiendo interrelacionar los conceptos de viabilidad tecnológica, impacto ambiental de la tecnología y valoración de atributos, para con los resultados de su aplicación, facilitar el rediseño y generación de soluciones integradas de naturación entendida esta como la recuperación coherentemente de la flora y fauna autóctonas en el medio construido, y de captación de agua de lluvia, de manera novedosa y adecuada a las particularidades que plantea la gestión del agua y las áreas verdes en la vivienda mexicana.

**PALABRAS CLAVE.** Evaluación tecnológica, vivienda, naturación, captación pluvial.

**ABSTRACT:** This paper is a partial result of the collaboration between Mexican Research Groups working in the project “Housing Network” funded by the Ministry of Public Education of Mexico, the project describes the construction of a tool for technology assessment, through the IDEF0 model and describes the conceptual relationship among the concepts of technological feasibility, environmental impact assessment and technologic attributes, through assessment instruments whose purpose is to foster the redesign and integration of green roof and rainwater catchment technologies with the specific needs of the Mexican housing.

**KEY WORDS:** Technological assessment, housing, green roof, rainwater harvesting.

## Introducción

El presente trabajo es un resultado parcial del proyecto de investigación y colaboración entre Cuerpos Académicos "Red de Vivienda", financiado por el Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, y pretende proponer un instrumento metodológico de evaluación tecnológica, que facilite mediante los resultados de su aplicación, el rediseño y generación de soluciones integradas de naturación y captación de agua de lluvia, de manera novedosa y adecuada a las particularidades que plantea la gestión del agua y de las áreas verdes en la vivienda mexicana.

Para 2010 el 77% de la población nacional vive en localidades urbanas, porcentaje de población superior al 71% registrado en 1990 [1], y la tendencia general es que las ciudades se conviertan cada vez más en centro de atracción y crecimiento de la población. Existen dos componentes significativos que afectan la disponibilidad del agua en las ciudades: por un lado, que el abastecimiento del agua no es universal y aunque con grandes avances, subsisten problemas de calidad, y por otro, en los últimos años han aumentado los desastres naturales vinculados con las inundaciones y las sequías [1].

Si bien se reconocen problemas de disponibilidad y de afectación por desastres naturales hidrometeorológicos, no existe a nivel nacional una política robusta y extensa para aumentar la oferta hídrica a nivel local en la vivienda. Un esfuerzo en ese sentido, es el que desarrolla la Comisión Nacional de Fomento de la Vivienda, que incluye dentro de su guía de uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales, a la captación pluvial como una alternativa válida de abastecimiento de agua en la vivienda. Un sistema de captación de agua de lluvia, incluye rasgos mínimos tales como los siguientes [2]: una superficie de captación, dispositivos de recolección y conducción del agua, un dispositivo interceptor de primeras aguas provenientes del lavado del techo durante el inicio del temporal de lluvias, que incluya un segundo filtro de sólidos suspendidos; un dispositivo de almacenamiento de agua de lluvia, que puede estar a la intemperie, tal como un tanque de ferrocemento o bien un tanque de almacenamiento subterráneo de polietileno de alta densidad, que sea impermeable y de superficie lisa en su interior, con una escotilla de entrada que facilite su limpieza y un sistema de bombeo y drenaje para su limpieza y mantenimiento; una estrategia de uso de agua, la cual definirá el sistema de aprovechamiento, ya sea dentro de la vivienda o en el paisaje, y en su caso, de purificación del agua recolectada para el consumo humano; todo esto apoyado por equipos de control de calidad del agua.

Por otra parte, si bien existen instrumentos para el diseño de áreas verdes aplicables a la viviendas, y estos contemplan una descripción de beneficios ambientales, regionalización y criterios de diseño paisajístico, no se incluye a los sistemas de naturación como alternativa de diseño de áreas verdes, y se limita a considerar que la vegetación en balcones y fachadas son difíciles de controlar [3] P.40, por lo que no tienen un uso extendido en la vivienda en México.

En contraposición a esta limitante conceptual, la naturación urbana es la acción de incorporar o fomentar la naturaleza en nuestro medio ambiente, mediante la recuperación de la flora y fauna autóctonas de una manera aceptable y coherente [4]. Implica la utilización de superficies construidas, ya sean fachadas, cercas, muros y/o techos, para la plantación de especies

1.COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento* [en línea]. México D. F: Comisión Nacional del Agua, 2011. [Consulta: 9 de febrero de 2012]. Disponible en: [http://www.pigoo.gob.mx/images/info\\_externa/conagua/2011/Subsector2011pdf](http://www.pigoo.gob.mx/images/info_externa/conagua/2011/Subsector2011pdf)

2.COMISIÓN NACIONAL DE FOMENTO A LA VIVIENDA. *Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales*. [en línea]. México D. F: Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, 2005. [Consulta: 10 de febrero de 2012]. Disponible en: [http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/guia\\_agua\\_final.pdf](http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/guia_agua_final.pdf)

3.COMISIÓN NACIONAL DE FOMENTO A LA VIVIENDA. *Guía para el diseño de áreas verdes en la vivienda*. [en línea]. México D. F: Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, 2005. [Consulta: 10 de febrero de 2012]. Disponible en: [http://www.conavi.gob.mx/consejo/trabajos\\_desarrollados/Guia\\_Disenio\\_de\\_areas\\_Verdes.pdf](http://www.conavi.gob.mx/consejo/trabajos_desarrollados/Guia_Disenio_de_areas_Verdes.pdf)

4.DE FUENTE, B. Isabel. "La naturación urbana en el ámbito internacional". En: BRIZ, Julian. *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental*. 2da ed. Madrid: Mundi-Prensa Libros, 2004. p.

vegetales locales, que estén adaptadas a las condiciones climáticas del entorno, además que tengan una buena retención de agua, capacidad de vivir en un sustrato mínimo, y que sean resistentes a las condiciones de contaminación del aire, agua y suelo, propias de la ciudad [5].

Existen diferentes niveles de naturación urbana [5], puede ser intensiva, que genera espacios con especies vegetales de gran tamaño, árboles enanos frondosos, especies florales, césped e incluso hortalizas; extensiva, constituida por especies resistentes al frío o calor extremo, de colores llamativos, en su mayoría carnosas, con un rango de altura de entre 25 centímetros hasta un metro de altura, no requieren de mantenimiento constante, ni grandes cantidades de agua para sobrevivir; indirecta a través de la implantación de macetas móviles, ya sea de barro o de plástico, que dan lugar a árboles enanos, arbustillos y otras especies que pueden componer, sin afectar o incidir directamente en la estructura de una edificación, interviniéndose por lo general, balcones, azoteas y muros. En este trabajo, el alcance del nivel de naturación urbana se centra en la naturación indirecta a través de cubiertas verdes.

No obstante las limitaciones conceptuales presentes en el caso mexicano, las tecnologías tanto de naturación como las de captación de agua en la vivienda son reconocidas internacionalmente como alternativas tanto para la ampliación y beneficios de las áreas verdes en superficies impermeabilizadas urbanas [6- 9], ya sea a nivel urbano y/o de edificación, además de ser una alternativa tecnológica para aumentar la oferta hídrica a nivel local respectivamente [10- 14].

### Evaluación Tecnológica en un entorno ecológicamente racional

Las tecnologías ecológicamente racionales se conceptualizan como sistemas tecnológicos que incluyen conocimientos técnicos, procedimientos, bienes y servicios y equipo, al igual que procedimientos de organización y gestión, estos últimos, en términos de fomento de sistemas de cooperación tecnológica, formación de recursos humanos, y de aumento de las capacidades económicas, tecnológicas y administrativas para la operación eficiente y el desarrollo eficaz de la tecnología [15]. Esencialmente son un macrosistema tecnológico [16] integrado por objetos, dispositivos y sistemas técnicos, que interactúan y conviven con sujetos cuyos fines pragmáticos tratan de integrar fines vitales relacionados con el concepto de sustentabilidad.

Centran su fin pragmático en dos esferas: la primera, en la protección ambiental mediante la minimización de emisiones contaminantes reciclando la mayor parte de sus desechos y productos; la segunda, promoviendo la utilización de los recursos de manera sostenible –en términos de la preservación y mejoramiento de la salud, minimización de la pobreza y de promoción de valores sociales y culturales–; de costos de operación y mantenimiento bajos, y de una productividad de largo plazo; y por último de protección de ecosistemas y recursos naturales [15]. Puede decirse que su ventaja competitiva puede identificarse en fines pragmáticos mejorados desde la perspectiva sustentable, que se expresa por medio del aumento, por un lado, de su eficacia ambiental, social y económica en el aprovechamiento de los recursos que transforma, a través de la promoción del sustento de la economía mundial, la protección del medio ambiente y la mitigación de la pobreza, teniendo como objetivo principal a los países en desarrollo [15]; y por otro, de la eficiencia ambiental de los medios

5. LOPEZ ELIZALDE, Edna Cecilia. "Gestión integrada del agua pluvial a través de la naturación en la vivienda: evaluación y rediseño de las aplicaciones tecnológicas". Director: Fernando Córdova Canela. Maestría en Diseño y Desarrollo de Nuevos Productos. Universidad de Guadalajara, 2012.

6. DUNNETT, Nigel y Noel KINGSBUR. *Planting Green Roofs and Living Walls*. 2nd ed. Portland: Timber Press, 2005. p.250. ISBN 0-88192-640-X.

7. EARTH PLEDGE FOUNDATION. "Green Roofs: Ecological Design and Construction". Atglen (Pa.): Schiffer Publication, 2005. p. 254. ISBN 0764321897

8. MENTENS, Jeroen et al. "Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?". *Planning and Design Landscape and Urban Planning*. 2006, Vol. 77, Issue 3, p. 217-226.

9. OBERNDORFER, Erica et al. "Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services". *BioScience*, Vol. 57, No. 10, 2007, p. 823-833

10. CORDOVA CANELA, Fernando. "Gestión tecnológica de recursos hídricos en áreas urbanas: tendencias actuales". En DEL TORO GAYTAN, M. R.. *Edificación Sustentable en Jalisco*. Guadalajara: Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable, 2009. p. 208-221.

11. HAN, M. "Promotion of Rain Cities for Climate Change Adaptation". En: Conferencia Magistral en Seminario Taller, Agua, Ciudad y Cambio Climático. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 2011.

12. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. [en línea]. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004. [Consulta: 30 de agosto de 2012]. p.15. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>

13. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. "Every Drop Counts. Environmentally Sound Technologies for Urban and Domestic Water Use Efficiency". Osaka: United Nations Environment Programme, 2008. p. 197. ISBN 978-92-807-2861-3.

14. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. "Rainwater harvesting: A lifeline for human well-being" Nairobi: United Nations Environment Programme, 2009. p. 69. ISBN 978 - 92 - 807 - 3019 - 7.

15. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, DIVISIÓN DE DESARROLLO SOSTENIBLE. *Conferencia de Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo*. [en línea]. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas. División de Desarrollo Sostenible, 1992. [Consulta: 30 de julio de 2012]. "Programa 21". Disponible en: <http://www.un.org/>

utilizados durante el proceso, mediante la minimización de contaminantes emitidos en el ambiente, haciendo más “aceptables” los impactos globales en las esferas socioculturales, económicas y ambientales, respecto a los que tendrían las tecnologías convencionales.

Operativamente las tecnologías ecológicamente racionales manifiestan su eficiencia gracias a dos modalidades, ya sea como sistemas, dispositivos, procesos y/o productos con un nivel mejorado o neutro de generación de desechos y/o consumo de recursos, o bien como sistemas, dispositivos, procesos y/o productos que en términos del ciclo de vida de un producto tratan, recuperan y/o reciclan sus desechos generados por su proceso de transformación [15].

En estos casos, es crítica la correcta valoración de los criterios y factores que intervengan en la aplicación de una tecnología, así como la correcta estimación de los costos e impactos necesarios para materializa un enfoque de este tipo. En este análisis, se ve más allá de una evaluación o valoración de las implicaciones de un desarrollo tecnológico, más que sólo la mera determinación de la factibilidad técnica y la rentabilidad, de modo que se maximicen las oportunidades y se minimicen los riesgos; se enfoca también en la necesidad de desarrollar y acordar mecanismos de valoración que establezcan, la viabilidad tecnológica respecto a las necesidades del mercado y de los usuarios, los impactos ambientales social y económico congruente con un enfoque sustentable, además de la correcta selección de atributos de los artefactos, que permitan la minimización de los impactos indeseables. La valoración dependerá de varios factores, incluyendo al menos [17]:

- La naturaleza de la tecnología.
- Su fase de desarrollo.
- La fase de desarrollo de las tecnologías equivalentes.
- Su alcance.
- La fortaleza de la patente o know-how (cómo hacerlo).
- El poder de negociación de las partes que intervengan en su aplicación, entre otros factores.

Hinojosa [18] refiere la idea de Porter respecto a que una evaluación pertinente y bien aplicada es el principio de la innovación tecnológica, la cual no debe presentarse y aplicarse de manera azarosa o caprichosa ante dificultades o necesidades apremiantes del mercado o por una idea genial de alguien con la capacidad de tomar dicha decisión; en cambio, debe plantearse como parte de una estrategia y plasmarse en un plan que garantice coherencia y continuidad en dicha innovación. Del mismo modo, Hinojosa [18] indica que para Porter la innovación desde la perspectiva estratégica incluye nuevas tecnologías, así como nuevos métodos y formas de hacer las cosas, aún cuando pudieran parecer irrelevantes. El éxito de una estrategia tecnológica debe considerar para su formulación, los siguientes hechos [5]:

- Identificar las tecnologías que son empleadas en el contexto en el que se quiere plantear una estrategia de innovación.
- Identificar tecnologías potencialmente relevantes en otros sectores o entornos que puedan implicar una adopción y aplicación.
- Realizar un esfuerzo de determinación de rutas tecnológicas que nos permitan prever posibles reemplazos o modificaciones en las tecnologías clave.
- Considerar el impacto de los cambios tecnológicos en la ventaja competitiva del mercado.

spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm

16.LINARES, Jorge Enrique. *Ética y mundo tecnológico*. México D.F: Fondo de Cultura Económica, 2008. p. 517. ISBN978-968-168609-3

17.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Emerging Technologies for Wastewater Treatment and In-Plant Wet Weather Management [en línea]*. Washington D.C. Office of Wastewater Management,. 2008. [Consulta: 10 de febrero de 2012] p. 190. Disponible en: [http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2008\\_03\\_13\\_mtb\\_emerging\\_technologies.pdf](http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2008_03_13_mtb_emerging_technologies.pdf)

18.HINOJOSA MARTINEZ, A. *Cuadernos de Innovación. Innovación de procesos*. [en línea]. México, D. F: Premio Nacional de Tecnología, 2006. [Consulta: 15 de enero de 2012] p. 55. Disponible en: <http://pnt>.

- Reconocer cuáles son las competencias tecnológicas propias y considerar las posibilidades de seguimiento del cambio tecnológico.
- Reforzar la estrategia tecnológica en todas las unidades funcionales del contexto planteado.

El proceso de innovación tecnológica confluye con la evaluación tecnológica de acuerdo a Hinojosa [18], en tanto se relacionen tres elementos entre sí: la detección de necesidades, el análisis de posibles oportunidades tecnológicas y la capacidad de satisfacer o de adaptarse a dichas necesidades. Uno de los potenciales beneficios de la evaluación tecnológica, es la comprensión de las limitantes técnicas de un artefacto, y con esto orientar el desarrollo de aplicaciones más adecuadas a la solución de los problemas tecnológicos propuestos por el mercado y el usuario objetivo [18].

## Métodos e instrumentos

La estructura metodológica que se propone, parte de la consideración de cuatro etapas de desarrollo de los sistemas tecnológicos concurrentes de agua de lluvia y naturación indirecta, en este caso se describen de la siguiente manera: análisis, donde se califica la viabilidad tecnológica y el impacto ambiental para seleccionar los sistemas tecnológicos más adecuados; síntesis, que incluye la identificación de atributos generales y de componentes de los sistemas tecnológicos seleccionados en la etapa de análisis; transformación, referido al rediseño y adaptación de los sistemas tecnológicos en un nuevo sistema tecnológico, cuyas mejoras técnicas exceden las mejoras técnicas propuestas por los sistemas tecnológicos

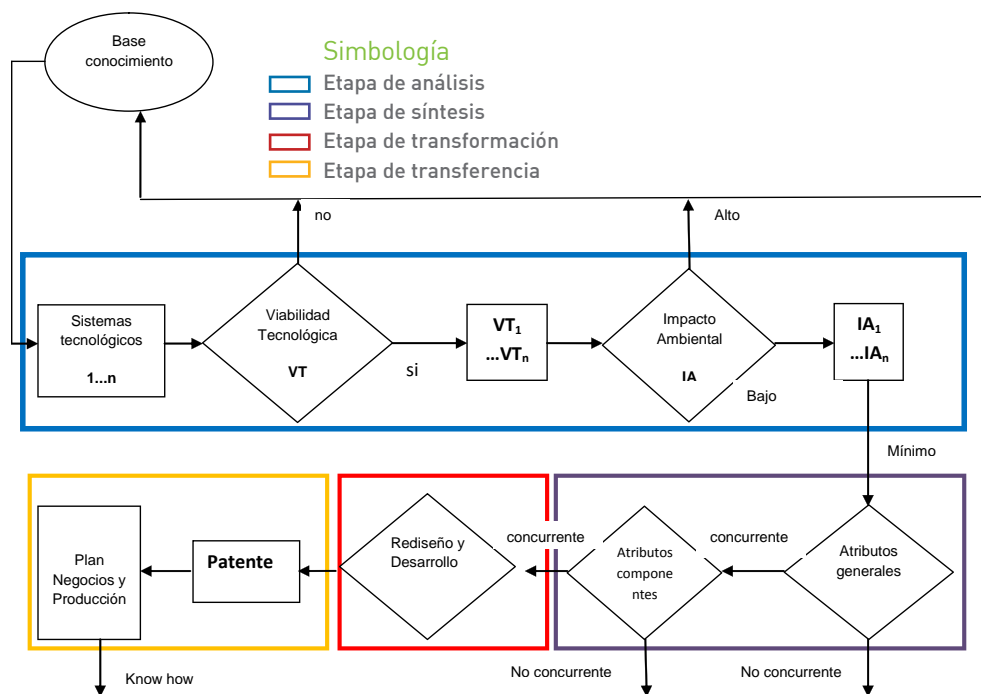


Figura 1. Diagrama metodológico general propuesto.

iniciales considerados por separado; transferencia, que incluye el registro de patente y su estrategia de uso, además del plan de negocios y el plan de producción, tal como se expone en la figura 1.

El alcance específico del proceso aquí desarrollado pretende relacionar los conceptos de viabilidad tecnológica, impacto ambiental de la tecnología y valoración de atributos, con el fin de evaluar tecnologías de captación

pluvial y de cubiertas verdes, a fin de integrarlas en soluciones novedosas, a través del rediseño y/o adaptación de las mejoras técnicas previstas en los sistemas originales. Se propone la utilización de la metodología IDEF0, la cual es utilizada para producir una función modelo, mediante la representación estructurada de las funciones de un sistema, de la trayectoria del flujo de información, y de los objetos que se interrelacionan, con las funciones de dicho sistema. Las etapas generales que el actual trabajo abordará de manera extensa, son las siguientes:

1. Viabilidad tecnológica que integra instrumentos que permiten elegir la tecnología con mejor desempeño en términos de impacto y aplicabilidad.

2. Impacto ambiental de la tecnología, en términos de la identificación de los impactos ambientales en el ciclo de vida de la tecnología, y de la calificación de dichos impactos.

3. Valoración de atributos, que permite, por una parte, la correlación de atributos generales que le son comunes a los sistemas y/o tecnologías identificadas, y por otra, relacionar los atributos de los componentes de manera más específica, con el fin de rediseñar o adaptar un sistema nuevo.

De acuerdo a Wu [19], el enfoque de IDEF0 permite fragmentar nivel por nivel, definiendo los subsistemas dentro del sistema. El elemento básico de un modelo IDEF0 es la función bloque, estos bloques están conectados entre sí, a través de entradas, salidas, mecanismos y controles. La naturaleza de cada una de las conexiones puede ser especificada, cuando una entrada es utilizada para crear una salida, una función será puesta en acción, el desempeño de la función, es movido por un mecanismo bajo la guía de un control.

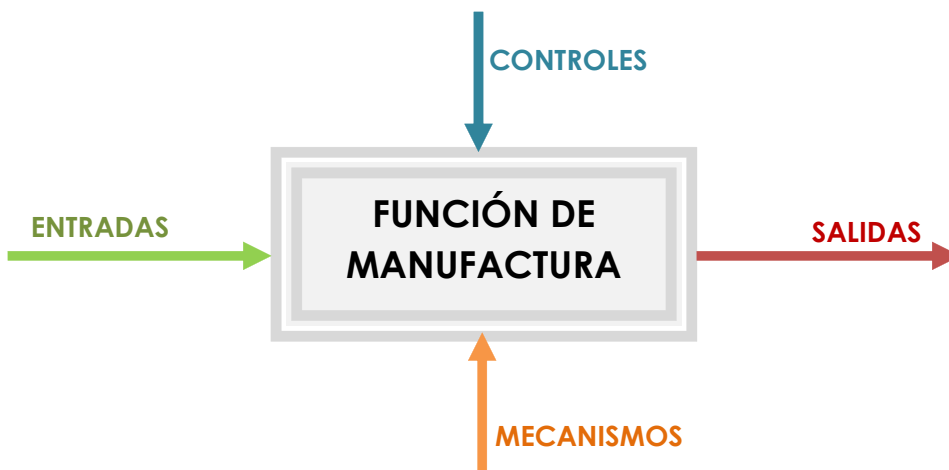


Figura 2. Bloque básico de construcción de un modelo IDEF0, adaptado de Wu [19, p.79].

En este esquema (figura 2) se muestra la dinámica entre los factores que intervienen en el modelo, las entradas son consumidas para producir las salidas, por ejemplo la extracción de materia prima es el mecanismo, indica los recursos que se requieren para poner en acción el proceso de transformación, como herramientas, equipos y procesos. Todos los recursos son utilizados para lograr una función, y sólo llega a convertirse en salida, cuando han pasado por la función para apoyar otras funciones. Y finalmente los controles sólo intervienen en el proceso de transformación y no serán consumidos o procesados.

Algunos procesos se han establecido desde hace años, pero han evolucionado. En algunos casos, una tecnología establecida puede haber sido modificada o adaptada como resultado de alguna tecnología emergente, en cualquier caso, toda aplicación es desarrollada para alcanzar un

19. Bin Wu *Manufacturing Systems Design and Analysis*. Londres: Chapman & Hall, 1992, p. 421. ISBN 0-412-40840-6.

objetivo. Durante la operación de estas tecnologías en cualquier nivel de desarrollo, los ingenieros, diseñadores y profesionales interesados seguirán trabajando en alterar y mejorar su eficiencia y rendimiento. En esta parte de la evaluación se pueden incluir tecnologías establecidas que han sufrido modificaciones recientemente, que se utilizan en aplicaciones nuevas o que se percibe que pueden tener algún impacto en la implementación de sistemas de naturación y de captación de agua de lluvia en la vivienda.

Otro aspecto importante respecto a cualquier modelo IDEF0, es que es una representación estática de cualquier sistema, que indica sólo relaciones funcionales, y no necesariamente secuencias o fases que involucran tiempos. Cada etapa prevista por el diagrama IDEF0 con el fin para hacer operativo su análisis y arrojar los resultados deseados, se integrará por Matrices de Ponderación (MDP), basándose en calificar el nivel de eficiencia o eficacia de la aplicación, esto implica definir parámetros y criterios que tendrán un valor y un peso, para lo cual se permita establecer un rango de desempeño, para con eso jerarquizar las alternativas de acuerdo a las calificaciones resultantes. Lo usual es que en la MDP, en su forma general, la primera columna presente las alternativas a ser evaluadas y en las siguientes los factores que determinarán su valor, dejando la primera fila para identificar los criterios y su peso. Se estima que una alternativa cumplirá un resultado si alcanza cierto valor en cada criterio o bien se obtiene un SI en el resultado obligatorio, en caso contrario se anotara un NO y la alternativa será descartada, dependiendo de la exactitud de los factores. Al término de cada etapa se obtiene el conjunto de alternativas que se estima cumplirá con los criterios necesarios según los resultados deseables por cada etapa.

Así mismo se implantarán, en la etapa de valoración de atributos, matrices cualitativas que asocien a los atributos en función del conocimiento de las mejoras técnicas que presentan los sistemas por separado, de tal manera que los atributos de los dos sistemas tecnológicos configuren uno que proponga una mejora técnica que puede ser común a ambos.

### Propuesta del Modelo de Evaluación de Viabilidad Tecnológica, Ambiental y de desempeño deseado (VITAD)

Al resultado de esta metodología aplicada para el análisis y evaluación tecnológica se le llamó Modelo de Evaluación de Viabilidad Tecnológica, Ambiental y de Desempeño Deseado (VITAD), y para su desarrollo, se realizan una serie de etapas de construcción, a través del desarrollo de

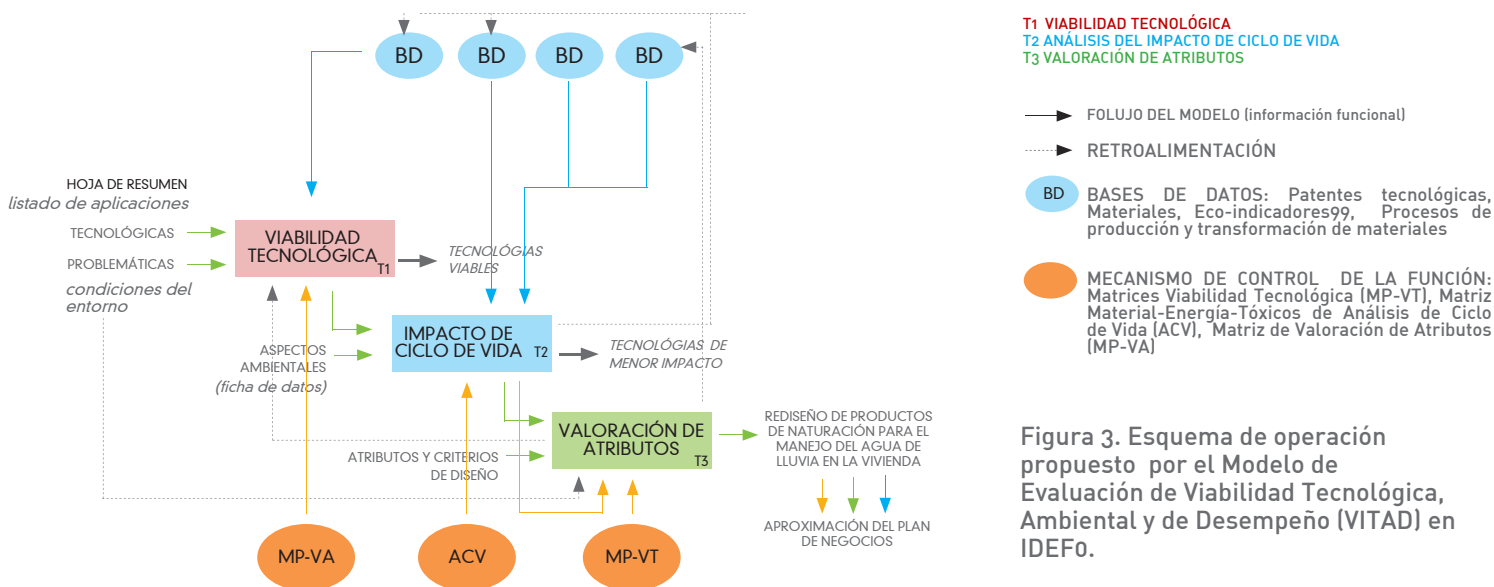


Figura 3. Esquema de operación propuesto por el Modelo de Evaluación de Viabilidad Tecnológica, Ambiental y de Desempeño (VITAD) en IDEF0.

unas hojas de resumen y llenado de algunas matrices de ponderación que componen el modelo (figura 3).

Cada etapa prevista en el VITAD, incluye una serie de instrumentos de análisis que permiten hacer operativa cada una de las etapas. En el caso de la viabilidad tecnológica, el instrumento previsto arroja resultados que permiten elegir la tecnología con mejor desempeño en términos de impacto y aplicabilidad. El impacto ambiental se analiza con dos instrumentos: el primero que permite la identificación de los impactos ambientales en el ciclo de vida de la tecnología, y el segundo que califica dichos impactos.

La etapa final de valoración de atributos inicia con una matriz de síntesis y correlación de atributos generales que le son comunes a los sistemas y/o tecnologías analizadas, para después calificar atributos de los componentes de manera más específica, con el fin de rediseñar o adaptar un sistema nuevo, el cual derivaría posteriormente en una primera aproximación a un plan de negocios. Estas dos últimas actividades no se contemplan en el presente trabajo, pero son parte de las actividades de investigación y desarrollo de aplicaciones y prototipos de naturaleza aplicados a la vivienda y que se vinculan con procesos de innovación.

En la etapa de viabilidad tecnológica, se busca seleccionar la aplicación (tecnología o material) con mayor impacto y con la mejor condición para hacer posible la implementación de sistemas de naturaleza o captación de agua pluvial en la vivienda, atendiendo a sus características y criterios involucrados. Esto a través de la construcción de una matriz de viabilidad tecnológica [20].

El instrumento permite que cada aplicación tecnológica se valore con respecto a dos criterios descriptivos y comparativos, midiendo el impacto y la aplicabilidad, cada uno de ellos se divide en factores, a los cuales les corresponde un peso cuantitativo y un nivel de desarrollo. Las variables que permiten la identificación de la viabilidad tecnológica son las siguientes:

1. Impacto. Describe si la tecnología requiere la participación de amplios cambios en el diseño, y el grado en que las instalaciones existentes se verán afectadas. Este criterio toma en cuenta tres factores, cada uno con su respectivo valor, incluye su estado de desarrollo en términos de si es embrionaria, aplicación piloto o madura; alcance, que valora la extensión territorial de sus efectos sociales y económicos, a nivel local, regional y nacional; y disponibilidad que valora el grado de protección industrial, en términos de si es restringido o libre su uso.

2. Aplicabilidad. Considera la instalación, puesta en marcha, y los métodos de cierre de la tecnología, tomando en cuenta, por un lado, su nivel de utilización que valora la extensión del uso y aplicación del producto respecto a las particularidades del mercado; y por otro, la confiabilidad, referida a la consistencia de los resultados de la tecnología en el mercado estudiado.

El indicador obtenido como resultado en la primera etapa, es el grado de viabilidad de la tecnología, el cual puede ser bajo, medio o alto, tal como se desglosa en la tabla 1.

20. AVELLAR, M. Ana Paula. *Manual de Políticas Públicas*. [en línea]. Santiago de Chile: CEPAL, 2007. [Consulta: 10 de febrero de 2012]. "Metodologías de evaluación de políticas tecnológicas: reseña de prácticas internacionales", p. 43. Disponible en: <http://www.eclac.cl/iyd/noticias/paginas/0/31430/metdeevalua.pdf>

Tabla 1. Propuesta de Matriz de Viabilidad Tecnológica.

	CRITERIO	FACTOR	PESO PRESUPUESTO %	NIVELES	CLASIFICACIÓN
CONCEPTO MEDIO	IMPACTO	ESTADO DE DESARROLLO	50	PROTOTIPO PILOTO	
		ALCANCE	20	LOCAL, REGIONAL, NACIONAL	
		DISPONIBILIDAD	30	RESTRINGIDO, NO RESTRINGIDO	
	APLICABILIDAD	NIVEL DE UTILIZACIÓN	50	BAJO, MEDIO, ELEVADO	
		CONFIABILIDAD	50	BAJA, MEDIA, ELEVADA	

*Criterio de calificación.*

*Puntaje global tabla= 0.5 (Impacto)+ 0.5 (Aplicabilidad)*

*Puntaje tabla desglosado=*

*0.5 (0.5xEdo.Desarrollo+0.2xAlcance+0.3xDisponibilidad) + 0.5 (0.5xNivel de Utilizacion+0.5xConfiabilidad)*



La etapa de impacto ambiental adapta aspectos del Análisis de Ciclo de Vida, planteando un análisis de los aspectos ambientales que intervienen en el ciclo de vida de los productos o aplicaciones tecnológicas, que pueden intervenir en los sistemas de naturación y/o captación de agua de lluvia. Existen varios métodos para analizar su perfil y sus prioridades ambientales; todos estos se basan en el Análisis de Ciclo de Vida, lo que significa que analizan todas las fases del ciclo de vida de este producto o aplicación; la utilización de estos métodos tiene como objetivo obtener una perspectiva general de los aspectos ambientales de la aplicación e identificar las prioridades de cambio en su proceso de diseño y en su implementación; y aunque todos están dirigidos al cumplimiento de estos objetivos, varían en complejidad y en los criterios que abordan. En este caso, la herramienta de evaluación estará basada en los principios para la elaboración de una matriz de materiales, energía y emisiones tóxicas (MET) [21]. La matriz MET es un método semi-cualitativo que parte de la valoración de información cuantitativa confiable, originada por investigación propia o de bases de datos internacionales compatibles con la situación nacional de cada país, que ayuda a obtener una visión global de las entradas y salidas en cada etapa del ciclo de vida de un producto o aplicación tecnológica respecto a: la entrada de Materiales; la utilización de Energía; y por último a las emisiones Tóxicas, que son producidas [21]. De cualquier manera, la matriz MET depende en gran medida de la calidad y cantidad de la información relacionada con el ciclo de vida de una tecnología, la cual en países como México está todavía en pleno desarrollo, por lo que la experiencia del equipo de diseño puede ser un elemento significativo que determine el valor de sus resultados, por lo que para el presente trabajo conociendo de las limitaciones para homologar la información y la falta de la misma en nuestro país, se optó por adaptar la matriz MET a un entorno más cercano a nuestras capacidades actuales de procesamiento, obtención y valoración de la información disponible, tal como se indica en la tabla 2.

21. IHOBE S.A. Manual Práctico de Ecodiseño. Operativa de Implantación en 7 pasos. [en línea]. Bilbao: IHOBE S.A, 2000. [Consulta: 10 de febrero de 2012]. Disponible en: <http://www.ihobe.net/Publicaciones/Listado.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&DesdeFicha=2>

Tabla 2. Adaptación de la matriz MET para la identificación del impacto ambiental de la tecnología

		Uso de MATERIALES (Entradas)	Uso de ENERGIA (Entradas)	EMISIONES TÓXICAS (Salidas)
ASPECTOS DE MATERIALES	Obtención de Materia Prima (MP)	Toda la materia prima, piezas y componentes necesarios.	Consumo de energía para la obtención en bruto de la MP. Energía para la transformación de la MP. (laminados, extruidos...)	Residuos tóxicos generados en la obtención y transformación de la MP.
	Producción	Materiales auxiliares, para su fabricación. Sustancias usadas en el proceso de fabricación. (Soldadura, pintado...)	Consumo de energía en los procesos de fabricación.	Residuos tóxicos producidos en fábrica. Restos de materiales: recortes, desechos.
ASPECTOS DE USO	Uso/ Mantenimiento	Consumibles. Piezas de repuesto.	Energía consumida a lo largo de su vida útil.	Residuos de consumibles. Residuos de piezas de repuesto.
	Fin de vida	Consumo de materia prima y auxiliar para tratamiento de fin de vida.	Energía utilizada en el proceso de fin de vida. (incineración, desmontaje, reciclado...)	Residuos tóxicos. Materiales de vertedero. Reciclaje de materiales. Residuos de combustión.

Para comprender mejor cómo se analizará el impacto ambiental de una tecnología en su ciclo de vida y su relación con la matriz MET, el tipo de información que se considera en cada apartado se basa en el análisis de los Aspectos Ambientales del producto y un desglose detallado de ellos; para lo cual se retoma la norma UNE-EN ISO 14001:1996, en cuanto a su definición de aspecto ambiental, el cual se define como aquel elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente, tomándose en cuenta en el presente trabajo sólo los aspectos ambientales de materiales y de uso [22].

La medición de estos aspectos ambientales se puede medir a través de Eco-indicadores, los cuales son una herramienta cuantitativa, esto es, un número que indica el impacto ambiental unitario de un material, desecho, medio de transporte o proceso; como base se utiliza el "punto Eco-indicador" (Pt), se emplea normalmente la unidad de milipuntos (mPt), es decir,  $700 \text{ mPt} = 0.7 \text{ Pt}$ , se miden en milipuntos/Kg para materiales; milipuntos/m para procesos; milipuntos/Km para transporte; milipuntos/ton para desecho [21]. Los valores de estos Eco-indicadores son comparables entre sí, es decir, si el Eco-indicador del acero es 24 y el del PVC es 240, sabemos que es mayor el impacto medioambiental unitario asociado al segundo material que al primero [21].

Se utiliza la evaluación con Eco-indicadores cuando existen herramientas para los aspectos identificados del producto. Estos Eco-indicadores se pueden obtener a través de las bases de datos de herramientas software, tales como EcoscanLife, Idemat o Ecoit, entre otros, o bien, en consultas al servicio de atención de IHOBE-line [21].

El análisis de los aspectos ambientales de un producto y su impacto a través del ciclo de vida de una tecnología se establecerá a través de la construcción de una primera tabla de identificación de impactos ambientales, que evidencie cada aspecto en cada una de las etapas de vida de la misma. Esto implica los aspectos ambientales más impactantes de la aplicación tecnológica, haciendo referencia a sólo 4 de las 5 etapas del ciclo de vida de un producto o aplicación tecnológica, las cuales son: obtención de materiales, producción, uso/mantenimiento y fin de vida; cada una de ellas enfocada en dos aspectos, entradas: el uso de materiales y uso de energía; y salidas, la generación de emisiones tóxicas. Es muy importante conocer la mayor cantidad de datos técnicos, de producción y de uso sobre la aplicación o producto que se va a evaluar, como materiales, logística, procesos y su vida útil [22].

Una vez establecido el estudio de aspectos ambientales del producto o aplicación tecnológica a evaluar, el siguiente paso es identificar en base a estos datos, aquellas que cubran los requisitos de viabilidad de aplicación en base a sus materiales, gasto energético, uso y su emisión de desechos [21]. En este caso se propone la adaptación de la información MET disponible, a una matriz de calificación de Impacto en el Ciclo de Vida de la tecnología tal como se describe en la tabla 3.

Al momento de evaluar los aspectos ambientales, se deben establecer criterios para valorarlos, tal como se hace cuando se ha implantado un sistema de gestión ambiental. Se deben tener en cuenta los aspectos asociados, no solo el material como tal, sino su vida útil, los residuos generados por sus procesos, tanto en su producción como en su fin de vida. El segundo instrumento de la etapa de impacto ambiental considera el desarrollo de una matriz que valora aspectos ambientales del material y de uso en los siguientes términos [21]:

22. IHOBE S. A. Guía de evaluación de aspectos ambientales de producto. Desarrollo de la norma certificable de eco-diseño UNE150301. [en línea]. Bilbao: IHOBE S.A, 2004. [Consulta: 10 de febrero de 2012]. Disponible en: <http://www.ihobe.net/Publicaciones/ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod=e602e9c0-7264-4301-8c18-6b872b21a2a2&Tipo=>

Tabla 3. Matriz de calificación de Impacto en el Ciclo de Vida de tecnología a partir de información de la matriz MET

Variable	Factor		Niveles		Calificación
ASPECTOS AMBIENTALES DEL MATERIAL	Materia prima	40	Material	Vida útil	
			Energía de obtención		
			Emisiones	Agua Aire	
	Producción	60	Gasto de material		
			Energía de procesos		
			Emisiones	Agua Aire	
ASPECTOS AMBIENTALES DE USO	Uso y mantenimiento	30	Consumibles		
			Energía consumida		
	Fin de vida	70	Emisiones/ desechos	Sólidos Tóxicos	
			Reciclaje		
			Reutilizable		
			Desechable		

Criterio de calificación

Puntaje global= 0.5 (Aspectos ambientales de material)+ 0.5 (Aspectos ambientales de uso)

Puntaje desagregado= 0.5 (0.4xMateria prima+0.6xProduccion)+ + 0.5 (0.3xUso y mantenimiento+0.7xFin de vida)

**1.Aspectos Ambientales de Material.** Los aspectos materiales recogen información sobre lo que implica la utilización de un determinado material, dependiendo de sus características (peso, toxicidad), de sus procesos que hay que utilizar para su transformación y efecto sobre el medio ambiente que puede tener su desecho en su fin de vida. En el caso de utilizar eco-indicadores para la identificación-evaluación de aspectos ambientales no se identificarán las características de los residuos generados por los procesos asociados a un material, dado que los eco-indicadores de procesos ya tienen en cuenta en su desarrollo, los residuos generados por dichos procesos. Las variables independientes se dividen en materia prima y vida útil, valorándose de mejor manera aquellas que tengan una vida útil larga; energía de obtención, se refiere a la cantidad de energía necesaria para su transformación en la primera parte del ciclo de vida; emisiones, las cuáles se refieren a los restos y residuos que pueda originar la extracción del material, que pueden afectar en este caso a nivel de ambiente, el aire o el agua. Adicionalmente se valoran los aspectos de producción que incluyen todos los procesos y transformaciones a los que es sometida la materia prima para convertirse en un producto o un segundo material, y está dividido para fines de análisis en tres niveles, en este caso gasto de material, refiriéndose a la cantidad y la forma en la que se procesa la materia prima al ser transformada, se medirá según las unidades de material usadas para

un solo producto o pieza según el tipo de aplicación; energía de procesos, es decir, la cantidad de energía necesaria para su fabricación, durante la transformación de los materiales en el proceso de producción de la aplicación analizada. y por último emisiones, referida a los restos y residuos que pueda originar la extracción del material, que pueden afectar en este caso a nivel de ambiente, el aire o el agua [21].

**2. Aspectos Ambientales de Uso.** Los aspectos de uso son los generados por los consumibles o energía que la aplicación utiliza para su funcionamiento y en algunos casos mantenimiento a lo largo de su vida útil, sus cantidades, los procesos de obtención de los consumibles, los residuos que generan, el consumo de energía y el desecho final de dichos consumibles. Para identificar estas características de los aspectos de uso se identifica previamente la vida útil del producto y esta servirá como base de cálculo. Se analizan su uso y mantenimiento en términos de consumibles, energía consumida en cuanto a la cantidad de energía necesaria para su uso a partir de su implementación, y emisiones/desechos, referidos a los restos y residuos que pueda originar la aplicación durante su uso, que pueden afectar en este caso a nivel de ambiente el aire o el agua. Subsidiariamente, se analiza el fin de vida, que se interpreta como la circunstancia en que pierde su valor original y que determina el término de su ciclo de vida, en este punto se valora la forma en que éste es depositado en el medio natural, o bien si se recicla, además de que se toman en cuenta los beneficios ambientales esperados en función de la hipótesis de mejora de desempeño ambiental que representa la tecnología [21].

Como primer objetivo en la valoración de atributos, se debe establecer la compatibilidad de componentes en el sistema de cubierta verde y el de captación pluvial, la cual se establece mediante las matrices de asociación de atributos generales y de los componentes. El resultado esperado es el establecimiento de las relaciones entre atributos generales y de componentes entre dos tecnologías, en este caso se ejemplifica su uso en la convergencia de un sistema de captación pluvial y una cubierta verde. Este instrumento obtiene su información básica de la observación del comportamiento del mercado ante este tipo de aplicaciones y de la experiencia de los negocios actuales para implementar este tipo de sistemas, tanto de cubiertas verdes como de captación pluvial, y no propone valorar activos, sino asociar sus atributos como fortaleza para la complementación de estos sistemas, tal como se muestra en la tabla 4.

Los atributos generales expuestos en la matriz de asociación de atributos generales, se refieren al objetivo y función de la tecnología, en términos del problema técnico que buscan resolver; los factores físico-geométricos críticos que deberían considerarse en su implantación; los requerimientos de mantenimiento que proponen; y los beneficios en términos de las mejoras técnicas que plantean. Los atributos de los componentes identifican las propiedades de soporte, protección y geometría más significativas en las tecnologías analizadas; los materiales típicos que las componen; los dispositivos de recolección y conducción de agua que incluyen; los dispositivos de filtración y vegetación en términos de las mejoras técnicas que introducen; y las soluciones vinculadas con el almacenamiento de agua. Un ejemplo de la aplicación de la matriz de asociación de atributos puede observarse en la tabla 5, la cual asocia los atributos típicos tanto de un sistema de captación pluvial, como de una cubierta verde.

El último instrumento de calificación en la etapa de valoración de atributos se propone a partir de la construcción de la matriz de valoración de atributos

CUBIERTAS VERDES	ATRIBUTOS CONCURRENTES	SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA
Sistema de techo/muro multicapa que permite la propagación de vegetación en una superficie expuesta. Debe garantizar la integridad de las capas inferiores y la estructura del edificio.	<b>OBJETIVO Y FUNCIÓN</b>	Sistema para la captación, almacenamiento y utilización del agua de lluvia para fines de consumo humano, uso doméstico y producción agrícola.
Genera espacios vegetados en áreas impermeabilizadas. Uso como huerto urbano o jardín. Propicia aislamiento térmico.		Cosechar el agua de lluvia para consumo humano.
Sensible a la pendiente, material y geometría de la superficie de la cubierta, para su instalación y fijación.	<b>FACTORES FISICO GEOMÉTRICOS CRÍTICOS</b>	Sensible al material y área de la cubierta, para su configuración y determinación de potencial de captación.
	<p>Dependencia directa del patrón de precipitación, y de temperaturas y asoleamiento para definición de componentes y materiales.</p> <p>Incide en la sobrecarga de la estructura del edificio, como carga muerta.</p> <p>Definición de geometría de superficie y pendiente para fijación de componentes. Necesidad de un sistema de drenaje de agua que se conecte con dispositivos de almacenamiento.</p>	
	<b>MANTENIMIENTO</b>	
<p>Chequeos periódicos de impermeabilización</p> <p>Poda de la vegetación y riego.</p> <p>Chequeo de plagas o falta de nutrientes de la planta</p>	Mantenimiento del sistema de irrigación y de conducción para drenaje.	Chequeos periódicos y limpieza de desagües, conexiones de tubería, filtros y tanques de almacenamiento
	<b>BENEFICIOS</b>	
<p>Aumento de áreas verdes en la vivienda.</p> <p>Filtrado del agua de lluvia por estructuras de naturación.</p> <p>Incidencia del ciclo hidrológico en las etapas de evapotranspiración y filtración</p>	<p>Utilización de áreas impermeabilizadas y/o residuales para aumento de oferta hídrica y áreas verdes.</p> <p>Tratamiento primario del agua de lluvia, así como captación y conducción hacia dispositivos de almacenamiento.</p> <p>Reducción de la velocidad del caudal para ser almacenado, por efecto de infiltración y evapotranspiración.</p>	<p>Propicia la gestión local del agua tanto a nivel de vivienda como comunitario.</p> <p>Disponibilidad de agua de lluvia con calidades de agua suficientes para uso humano, ya sea sanitario, para riego o lavado.</p> <p>Auxiliar en una estrategia de reducción de escorrentía de agua de lluvia a nivel urbano.</p>

Tabla 4. Matriz de asociación de atributos generales, ejemplificada con sistemas típicos de cubierta verde y de captación de agua de lluvia.

Tabla 5. Matriz de asociación de atributos de los componentes, ejemplificada con sistemas típicos de cubierta verde y de captación de agua de lluvia

CUBIERTAS VERDES	ATRIBUTOS CONCURRENTES SOPORTE, PROTECCIÓN Y GEOMETRIA	SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA
Especificar material y superficie de naturación.	El material determina si es un sistema por estanqueidad o modular, y la consistencia del suelo al Coeficiente de escorrentía.	Determinación de superficie y potencial de captación.
Pendiente 5%, no requiere capa especial de drenaje. Pendiente de 20-30% se requieren barreras especiales para evitar que el sustrato se deslice.	Identificación de inclinación de pendiente operativa.	Determinación de pendientes en cubierta para minimizar longitud de tubería del sistema de captación y conducción de agua.
Sensibilidad de las especies vegetales a la velocidad de viento conforme aumenta la altura o exposición a vientos dominantes del edificio.	Medidas de protección respecto a la velocidad del viento (zona).	Fijación y protección de dispositivos de captación y conducción a la cubierta y muros.
	MATERIALES TÍPICOS	
Poliéster cubierto de PVC : Uniones termosoldadas y resistencia mecánica y química a las raíces y los rayos UV.	Ni los materiales, ni su habilitación mediante un sistema constructivo, deben desprender olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua, ni afectar las especies vegetales.	Tubería, canaletas y tanques de PVC.
Fibra de vidrio cubierta polyolefin: juntas soldadas con aire caliente y sellado con plástico líquido, pero puede afectar crecimiento de raíz.		Tuberías y canaletas de PVC y tanques de almacenamiento de ferrocemento y/o metal.
PVC (0.8mm-1.00mm) Evita filtraciones, pero tiene alto impacto ambiental en su proceso de producción.		Tuberías y canaletas de bambú y tanques de almacenamiento de barro cocido.
Lana mineral micro perforada con fibras de polietileno.		
	RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA	
Fijación del sustrato para evitar taponeamientos en la capa de drenaje.	Interconexión que asocie la cubierta verde con el sistema de captación pluvial.	Guiar el agua recolectada hacia el tanque de almacenamiento o al área de tratamiento.
Diseño de estructuras de drenaje y aireación interconectables.		Canaletas adosadas a los bordes más bajos del techo.
Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración.		
	FILTRACIÓN Y VEGETACIÓN	
Implantación de sustrato necesario para crecimiento de planta.	Tratamiento primario del agua por decantación de sólidos suspendidos aprovechando capa de vegetación.	Implantación de filtros de sólidos suspendidos y de interceptor de primeras aguas.
	ALMACENAMIENTO	
Determinación de superficie de naturación respecto al área disponible de cubierta, y captación de agua en la vegetación.	Determinación de volumen de captación de agua de lluvia en función del área naturada en la cubierta	Determinación del volumen de agua necesaria para el consumo en un periodo específico, para diseño de tanque.

que se expone en la tabla 6. Su objetivo es calificar diferentes escenarios de mejoras técnicas, a partir de la selección de variables relacionadas con las matrices de atributos.

Tabla 6. Matriz de Valoración de Atributos.

Las variables que se califican son soporte y estructura en términos de la manera en que se sujeta a la estructura, al peso muerto con que contribuye, nivel de impermeabilidad evitando terminados puntiagudos y materiales que se adhieren, materiales libres de químicos que contaminen el agua y ataquen a la vegetación, nivel de mantenimiento a lo largo de su vida; captación de agua; filtrado, referido a la capacidad para captar agua pluvial, y que se expresa mediante el área de cubierta sujeta a naturación y que adicionalmente capta agua; materiales, que indica su ligereza,

Tabla 6. Matriz de Valoración de Atributos

CRITERIO	FACTOR	VALOR	NIVEL	
SOPORTE Y ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	10	Colocación	
			Carga	
		20	Impermeabilidad	
			Incoloro/Inodoro	
CAPTACIÓN DE AGUA	ÁREA DE NATURACION/ CAPTACIÓN	20	Área cubierta	
	MATERIAL		Liviano	
			Poroso	
FILTRO	MATERIAL	20	Permeable	
			Liviano	
			Estructurado	
RETENCION DE HUMEDAD	PESO	10	Carga agregada	
USO DEL AGUA	USOS DOMÉSTICOS	20	Riego	
			Sanitario	
			Lavado	
			Consumo humano	

*Criterio de calificación.*

*Puntaje global= 0.2 [Soporte Estructural]+ 0.2 [Percepción de Agua]+ 0.2 [Filtro]+ 0.2 [Retención de Humedad]+ 0.2 [Tratamiento]*

*Puntaje desagregado=0.2 (0.2xColocacion/Carga/Impermeabilidad) + (Material/ Mantenimiento) + 0.2(0.2xArea de Naturación /Material) + 0.2(0.2xMaterial/Nivel de PH) +0.2(Peso) +0.2 (0.2x Purificación de Agua)*

impermeabilidad y manejabilidad; retención de humedad en términos del peso agregado por el agua retenida por la saturación de la estructura de naturación y por la vegetación; uso del agua expresado por el uso final del agua captada, ya sea para lavado, riego, uso sanitario o consumo humano.

## Conclusiones.

El modelo planteado en IDEF0, vincula efectivamente los tres conceptos previstos inicialmente de viabilidad tecnológica, impacto ambiental y valoración de atributos, desde la perspectiva teórica pretende situarse dentro de lo previsto por las tecnologías ecológicamente racionales, reconociéndose a sí mismo como un componente de un proceso de desarrollo e innovación, sin embargo su utilización como herramienta que promueva el rediseño puede ser limitado si se conjuga la inexperiencia del equipo de diseño y la falta de información confiable en cuanto a tecnologías disponibles y sus impactos ambientales de su ciclo de vida.

La integración entre las tecnologías de captación de agua de lluvia y de naturación indirecta, a través de cubiertas verdes, se visualiza como posible mediante la lógica de calificación de las variables y asociación de atributos propuesta por los instrumentos de calificación y el proceso en sí mismo, posibilitando la interacción efectiva del nivel de viabilidad tecnológica y

sus probables impactos ambientales, con el fin de depurar y adaptar los atributos y la ruta de desarrollo de las tecnologías, cuestión que en nuestro país está en una fase de desarrollo inicial.

Si bien la discusión y resultados dan cuenta de la mecánica general de operación de los conceptos relacionados, la selección de variables y resultados que arroja cada matriz, lo hace desde la especificidad de la relación entre dos tecnologías y de sus dispositivos y objetos que las integran, en este caso la de cubiertas verdes y de captación pluvial en la vivienda. Un aspecto que debe ampliarse son los valores de los factores de calificación, que por la extensión del presente trabajo fueron omitidos, sin embargo, los valores deberían ser actualizados y contextualizados respecto al conocimiento disponible de las tecnologías., el cual aun es germinal en nuestro país.

Otro aspecto significativo del presente trabajo, es que los instrumentos de calificación y de asociación de conceptos son sensibles al conocimiento previo y disponible, tanto de los contextos de aplicación de las tecnologías, como de aquellos relacionados con el desarrollo mismo de las tecnologías, además sus resultados dependen de la experiencia del grupo o individuo con actividad inventiva, debido a que muchas de las ponderaciones se basan en la subjetividad de la interpretación del conocimiento previo y disponible, con el fin de prospectar escenarios deseables de desarrollo tecnológico.

De acuerdo con la reflexión anterior, es probable que la efectividad máxima del proceso propuesto, que se encuentra en una fase inicial de desarrollo en México, esté en función de su habilitación en un entorno social abierto de intercambio de conocimiento, en forma de red, que tenga disponible acceso amplio a información de rutas tecnológicas y bases de datos confiables, así como a mecanismos de intercambio de información y de interacción entre los participantes, tales como wikis, blogs o talleres, con el fin de complementar y subsanar las desviaciones posibles de la subjetividad de las interpretaciones que exige el proceso a lo largo de su construcción.



*Fernando Córdova Canela  
Arquitecto y Doctor en Arquitectura,  
Profesor Investigador Titular del Centro  
Universitario de Arte, Arquitectura y  
Diseño de la Universidad de Guadalajara,  
miembro del Sistema Nacional de  
Investigadores, del Cuerpo Académico de  
Gestión y Tecnología para la Arquitectura  
y Urbanismo Sustentable, y de las Redes  
de Agua CONACYT y de Vivienda del  
Consortio de Universidades Mexicanas,  
correo electrónico: fernando.cordova@  
cuaad.udg.mx*

*Edna Cecilia López Elizalde  
Diseñadora Industrial y Maestra  
en Diseño y Desarrollo de Nuevos  
Productos, Profesora Docente de  
Asignatura del Centro Universitario de  
Tonalá de la Universidad de Guadalajara,  
colaboradora del Cuerpo Académico de  
Gestión y Tecnología para la Arquitectura  
y Urbanismo Sustentable, correo  
electrónico: cecilia\_scj@hotmail.com*