

GESTIÓN DE LO MULTIDISCIPLINARIO EN LA PROYECTACIÓN SUSTENTABLE

Guillermo Canale

RESUMEN

Durante muchos años el tratamiento de las cuestiones ambientales y sociales en las Ingeniería, la Arquitectura y el Diseño, se ha caracterizado por una enorme diversidad conceptual y metodológica. Cuestiones similares y aún idénticas son tratadas en los distintos ámbitos de manera aislada, con escaso enfoque multidisciplinario.

Esta investigación busca los fundamentos teóricos para una gestión de la sustentabilidad en las disciplinas proyectuales que remita a las raíces conceptuales desde las cuales sea posible trazar enfoques comunes y campos de trabajo interdisciplinario.

Apoyándonos en los Principios de la Ingeniería Verde y la Gestión del Riesgo, se exploran aspectos comunes que propician el aprendizaje mutuo desde el Diseño Inherentemente más Seguro propuesto por Trevor Kletz hasta una variedad de propuestas de la Arquitectura Sustentable, el Ecodiseño y Diseño para la Sustentabilidad (D4S).

PALABRAS CLAVE

Sustentabilidad | Riesgo | Arquitectura | Diseño Industrial | Ingeniería Verde |

AGRADECIMIENTOS

A la D.I. María del Rosario Bernatene, por su apoyo, orientación y dedicada lectura crítica.

DATOS DEL AUTOR

Guillermo Canale. Ingeniero Químico, DIQ FI UNLP. Investigador asociado FADU-UBA. Durante su desarrollo profesional ha combinado la docencia (grado y posgrado), asesoramientos e investigación en cuestiones asociadas al ecodiseño, diseño para la sustentabilidad (D4S) y el vínculo entre cadenas globales de valor y la metodología para la aplicación del D4S. En el ámbito industrial, es consultor especializado en seguridad de procesos (prevención de accidentes mayores) en las industrias de petróleo, gas, petroquímica, minería, pulpa y papel y otras, dictando seminarios en Argentina, Chile, Perú, Colombia y otros países de América Latina. Contacto: williecan_2000@yahoo.com

Sobre este artículo

Recepción de original: septiembre 2018. Aceptación: noviembre 2018.

Canale, G. (2018). "Gestión de lo multidisciplinario en la proyectación sustentable". *Revista I+A, Investigación más Acción*, N° 21, p. 75-95.

Management of the multidisciplinary in the sustainable project

ABSTRACT

For many years, the treatment of environmental and social issues in Engineering, Architecture and Design has been characterized by an enormous conceptual and methodological diversity. Several, and even identical, issues are being treated in different areas in isolation, with little multidisciplinary approach. This research seeks the theoretical foundations for a management of sustainability in the Project disciplines that refers to the conceptual roots from which it is possible to draw common approaches and interdisciplinary fields of work. Based on the Principles of Green Engineering and Risk Management, our proposal is an exploration in common aspects that promote mutual learning, from the Inherently Safer Design proposed by Trevor Kletz to a variety of proposals of Sustainable Architecture, Ecodesign and Design for Sustainability.

KEYWORDS

Sustainability | Risk | Architecture | Industrial design | Green Engineering |

Gestão multidisciplinar no projeto sustentável

RESUMO

Por muitos anos, o tratamento de questões ambientais e sociais na Engenharia, Arquitetura e Design tem se caracterizado por uma enorme diversidade conceitual e metodológica. Questões semelhantes e até mesmo idênticas são tratadas em diferentes áreas de forma isolada, com pouca abordagem multidisciplinar.

Esta pesquisa busca os fundamentos teóricos para uma gestão da sustentabilidade nas disciplinas do projeto que se referem às raízes conceituais a partir das quais é possível traçar abordagens comuns e campos interdisciplinares de trabalho.

Com base nos Princípios de Engenharia Verde e Gestão de Riscos, aspectos comuns que promovem a aprendizagem mútua são explorados, desde o Inherently Safer Design proposto por Trevor Kletz até uma variedade de propostas para Arquitetura Sustentável, Ecodesign e Design para Sustentabilidade. (D4S)

PALAVRAS CHAVE

Sustentabilidade | Risco | Arquitetura | Desenho Industrial | Engenharia Verde |

GESTIÓN DE LO MULTIDISCIPLINARIO EN LA PROYECTACIÓN SUSTENTABLE

Guillermo Canale

RESUMEN

Durante muchos años el tratamiento de las cuestiones ambientales y sociales en las Ingeniería, la Arquitectura y el Diseño, se ha caracterizado por una enorme diversidad conceptual y metodológica. Cuestiones similares y aún idénticas son tratadas en los distintos ámbitos de manera aislada, con escaso enfoque multidisciplinario.

Esta investigación busca los fundamentos teóricos para una gestión de la sustentabilidad en las disciplinas proyectuales que remita a las raíces conceptuales desde las cuales sea posible trazar enfoques comunes y campos de trabajo interdisciplinario.

Apoyándonos en los Principios de la Ingeniería Verde y la Gestión del Riesgo, se exploran aspectos comunes que propician el aprendizaje mutuo desde el Diseño Inherentemente más Seguro propuesto por Trevor Kletz hasta una variedad de propuestas de la Arquitectura Sustentable, el Ecodiseño y Diseño para la Sustentabilidad (D4S).

PALABRAS CLAVE

Sustentabilidad | Riesgo | Arquitectura | Diseño Industrial | Ingeniería Verde |

AGRADECIMIENTOS

A la D.I. María del Rosario Bernatene, por su apoyo, orientación y dedicada lectura crítica.

INTRODUCCIÓN

Aunque sea improbable que haya existido alguna influencia de Trevor Kletz en el desarrollo y concepción de las teorías del ecodiseño, resulta evidente que la noción de “*Lo que no está, no pierde*” (Kletz, 1978) y luego el “*Diseño inherentemente más Seguro*” comparten con el Ecodiseño un abordaje similar. Podríamos sintetizarlo con el proverbio popular “*Mucho limpia el que no ensucia*”.

Esto es, en las primeras etapas de la definición de diseño es donde la filosofía de limpiar evitando el uso de ciertos materiales o procesos rinde su mejor resultado. Probablemente no sea casual que Dennis Hendershot caracterizara al “*Diseño Inherentemente más Seguro*” como un subconjunto de la *Ingeniería Verde* (Hendershot, 2004). Esto vuelve a aparecer en otra bibliografía: “*El diseño Inherentemente más Seguro puede considerarse un subconjunto de la Química verde y la Ingeniería verde¹, una filosofía más general que atiende un amplio rango de peligros ambientales*” (Phimister & Bier, 2004).

Dando por cierta la relación entre el diseño inherentemente más seguro y la ingeniería verde, resulta

inmediata la segunda vinculación entre ésta y el eco diseño en el artículo que relaciona Ingeniería verde y Diseño de la Cuna hasta la Cuna² (McDonough, Braungart, y Anastas, 2003). Con este desarrollo buscamos explorar las cuestiones comunes que permitirían enriquecer el Diseño para la Sustentabilidad y la Arquitectura Sustentable con aportes de otras ramas de la práctica proyectual, en particular, de la Ingeniería de Procesos.

Para esto, el trabajo se organiza en tres bloques de conceptos interrelacionados, necesarios para la proyectación: 1) Retroalimentación; 2) Peligro- Riesgo; y 3) Formulación de Principios.

El objetivo principal está dirigido a propiciar la incorporación de estos tres marcos conceptuales en las metodologías de las disciplinas proyectuales, a fin de achicar la brecha entre lo deseado y lo obtenido.

A partir de una perspectiva holística y sistémica, se combinan métodos comparativos, interpretativos e hipotético-deductivos, sin dejar de lado la visión de la complejidad.

Allí donde reinan los conflictos por competencias entre áreas, disciplinas, técnicas, políticas, valores y metodologías, se trata de establecer bases éticas³ para generar consensos que faciliten la gestión de los proyectos a través del diálogo interdisciplinar. (Habermas, 1985).

Retroalimentación

Si miramos el conjunto de Indicadores⁴ de Desarrollo Sustentable contenidos en el libro de la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sustentable (United Nations, 1996) a veinte años de distancia, resulta que muchos de los sugeridos entonces siguen vigentes y otros han sido refinados en gran medida.

Si, en cambio, vemos el estado del mundo, globalmente, como se puede percibir desde el llano en la simple lectura de los diarios, resulta que los factores del cambio climático, guerras sordas, intereses sectoriales agudizados hasta los extremos, atentan gravemente contra la sustentabilidad global. Los indicadores estaban allí, sólo que hay dudas sobre si los pilotos los tuvieron en cuenta a la hora de conducir la nave.

La pregunta trascendente sobre los indicadores es, en primer lugar, entonces ¿Para qué medimos? Podemos graduar las respuestas. (Canale, 2012):

- *Si no puedes medirlo, no puedes mejorarlo.* Lord Kelvin (1824-1907)
- Medir mal no sirve (¿qué, dónde, cómo y con qué medir?)
- Los datos sin interpretación no sirven.
- La medición adecuada y fehaciente, si no llega a los niveles de decisión adecuados no sirve.
- Un dato a destiempo tampoco.
- Saber qué pasa y no tomar ninguna acción es la negación del gerenciamiento y la mejora.

La última viñeta es la más incómoda. Tenemos experiencia del uso de Indicadores como pantalla para disimular la inacción o, peor aún, para mostrar progresos ilusorios. Se entiende y es ampliamente aceptado que los indicadores deben estar sólidamente estructurados sobre bases consensuadas por todos los actores, eventuales usuarios con los fundamentos científicos y estadísticos que los validen. Pero no deberíamos perder de vista que es la voluntad política de medir para poder gestionar y en última instancia modificar algún aspecto de la realidad lo que condiciona el proceso

en su conjunto. Esta reflexión, creemos, es válida tanto para la pequeña escala de una empresa como para cuestiones locales, sectoriales y nacionales. En esencia los indicadores son ayudas de gestión, gobierno o administración, cualquiera que sea el término que gustemos emplear para traducir la palabra *management* del idioma inglés.

Siguiendo con la metáfora anterior, podemos decir que gestionar algo es similar a conducir una nave, una referencia poco original. Los Indicadores serían las variables que los pilotos atienden para tomar decisiones, mientras que el Plan de Vuelo equivale a las decisiones estratégicas y rumbo político de Estados y Empresas.

Para asegurar decisiones optimizadas y eficaces hacia la sustentabilidad, se deben medir y hacer seguimiento de los avances y las deficiencias. Los datos no deben mezclarse con las herramientas y conceptos, ya que no dan ayuda directa al trabajo real hacia el Diseño Sustentable, sino que definen el marco y operan como métricas y retroalimentación para el proceso. (Singh, 2012).

De alguna manera debemos mantenernos firmes en el Pensamiento de Ciclo de Vida, tanto en lo específico de la *proyección* (¿Qué impactos tendríamos a lo largo de la vida de producto, hábitat, proceso?), como en la *retroalimentación* resultante una vez que el objeto del diseño se ha concretado. Esto es, ¿cuál fue el desempeño efectivo del producto de nuestra labor de diseño (objeto, sistema, proceso) durante su vida útil? La respuesta la encontraremos en la medición de los resultados de las acciones de control sobre el proceso, tanto sea de producción, uso o fin de vida. Tomemos prestado aquí un esquema común en el área de Control Automáticos de Procesos, válido para operar un termo tanque como un proceso más complejo. (Figura 1).

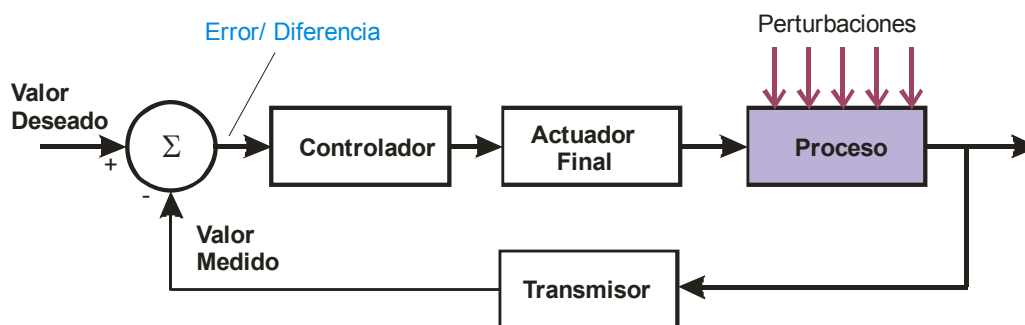


Figura 1. Esquema de lazo de control automático

El esquema es un diagrama en bloques de un lazo de control automático retroalimentado negativamente (*negative feedback*). Es el tipo más común de lazos de control⁵ y precisamente la línea inferior es la clave de su popularidad y extenso uso. Si en función de determinada decisión política se establece para una variable un valor deseado (VD), compara ese valor con el medido y de su diferencia (el error entre lo deseado y lo medido) se desprende si corresponde hacer una acción de control (corrección) para incidir sobre el proceso⁶ a través de los elementos finales. Sólo si medimos adecuadamente los efectos de nuestra acción de control podremos saber si la magnitud y dinámica de nuestra gestión sirvió y en qué medida el valor (indicador) medido se acerca al objetivo propuesto (Valor Deseado - VD). Si no existiera la comparación continua entre lo deseado y lo obtenido (lazo cerrado), simplemente estaríamos haciendo acciones de control a ciegas respecto de su resultado (lazo abierto).

Trayendo este esquema al campo de lo proyectual, podemos decir que en el planeamiento y objetivos de sustentabilidad para un objeto, producto o construcción en general, el Valor Deseado es el desempeño esperado durante su vida útil, cuanto menos. En el primer recorrido del lazo, ejercemos acciones de control y articulamos medidas en la expectativa que “*la cosa*” funcione y

se desempeñe acorde con lo propuesto. Pero sería iluso esperar que por el sólo hecho de estar proponiéndolo, todo habrá de ser tal y como lo planeamos. El mensaje de este esquema es que, a menos que midamos el desempeño real de manera continua, no podremos saber si nuestra propuesta de diseño fue exitosa.

Considerando que una vivienda unifamiliar, por tomar un caso, se plantea en términos de una vida útil mínima de 50 años, la expectativa de cambios en el entorno, desgaste o rotura de elementos, etc. configuran un escenario que demanda gestión sostenida, después que el proyecto ha sido corporizado y está en funcionamiento.

Resaltando el rol de las metas (Valor deseado) Lancker y Nijkamp señalan que *“un indicador dado no dice nada acerca de la sustentabilidad, a menos que se le asigne un valor de referencia tal como un umbral”* (Lancker, 2000). De manera sostenida, *“la parábola de un lazo de control automático se asimila al gerenciamiento”*.

Todavía conviene quedarnos un poco más en este punto. Siendo que el propio término *proyecto* remite inmediatamente al futuro⁷, resulta comprensible pero inconveniente, que el grueso de la arquitectura y sus discursos remitan a lo que está por construirse y tengan menos prensa, presupuesto ni relevancia la intervención correctiva *sobre lo ya hecho*, desandando caminos de extravío y despilfarro energético, por ejemplo.

¿Qué proporción de lo construido en viviendas y oficinas en nuestras principales ciudades es anterior a, digamos 1990? No tenemos una información exacta al respecto, pero podemos decir, sin temor a equivocarnos, que es abrumadora mayoría. Si esto es así, la siguiente pregunta es, entonces, ¿Qué rinde más, como mejora: trabajar sobre los proyectos nuevos para que sean más eficientes en el uso de la energía y el agua o tener iniciativas de intervención sobre lo ya construido (lo *“viejo”*) para reducir sus impactos? Sin desmerecer en absoluto la necesidad de hacer correctamente lo nuevo y aunque hiciéramos milagrosamente que todas las construcciones nuevas fueran completamente autosuficientes, por décadas el peso de todo lo viejo va a ser la mayoría de nuestra *“factura”* colectiva de energía, agua y efluentes en lo ambiental. Sólo habremos de mejorar nuestros desequilibrios actuando enérgicamente sobre la porción mayoritaria, que es lo que ya está en uso, concebido y operando bajo patrones y normativas no sustentables.

Una vuelta más de tuerca la aporta la diferencia entre una predicción de ahorros y eficiencia si un proyecto cumple con determinados requisitos de certificación tipo LEED, y el *desempeño*⁸ efectivo y sostenido de tal proyecto cuando está ya en uso.

A los puntajes de premio-castigo con que calificamos un proyecto, deberíamos agregarle la medición sostenida de su desempeño real, una vez que ya ha sido completado y esté operativo, a lo largo de toda su vida útil. Incluyendo niveles de alarma sobre indicadores clave que disparen una acción correctiva consiguiente.

Dado que la formación académica de las disciplinas proyectuales se realiza mayoritariamente sobre casos hipotéticos, el control de los resultados en el tiempo, tanto de los productos, procesos o construcciones diseñados, no figura en los programas educativos. Son escasos los estudios con simuladores y Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en la currícula de talleres, lo que representa una falla que luego se traslada a la práctica profesional. Por lo que debiera incorporarse la retroalimentación sobre si se cumplen las metas deseadas, como parte de la ejercitación formativa.

Evaluación, Gestión y Control de Riesgo

Vamos a desarrollar más la noción de Gestión, a como definiéramos anteriormente.

Disciplinas profesionales tan dispares como la Medicina y la Ingeniería tienen entre sí otras cosas en común: la exposición legal por malas prácticas. Como hipótesis, incluir las nociones de Peligro y Riesgo en las disciplinas proyectuales, y aún en el proyecto mismo resultaría un avance, porque enfrenta al proyectista / diseñador con la obligación de considerar los potenciales efectos/consecuencias indeseables de sus decisiones. Diseñar implica riesgos, no necesariamente para el propio diseñador, sino para el entorno, los usuarios y aún gentes que nunca van a consumir sus productos, pero habrán de recibir las consecuencias de sus componentes en la obtención de materias primas, efluentes durante su uso o al descarte de los mismos.

Al momento de hablar de Gestión de Riesgos, resulta imperativo acordar algunas categorías básicas, ya que no hay un consenso universal sobre ciertos términos.

Se puede objetar el propio uso de la categoría de Riesgo. En cuestiones de desastres y catástrofes, así como en la llamada Ecología Social están más familiarizados con los conceptos de *vulnerabilidad* y *resiliencia*. Discutir sobre ambos excede el alcance de este artículo, pero vale alguna reflexión breve al respecto. Aunque podríamos pensarlos como especulares inversos, vulnerabilidad y resiliencia parecen ser entidades autónomas, respecto de las cuales, hay innumerables matices de definición y concepto. Así, Jörn Birkmann refiere a más de 25 definiciones, conceptos y métodos diferentes para sistematizar la Vulnerabilidad (Birkmann, 2006) y refiere:

En lugar de definir los desastres primariamente como ocurrencias físicas, que requieren en gran medida soluciones tecnológicas, los desastres son más bien vistos como el resultado de complejas interacciones entre un evento físico potencialmente dañino (por ejemplo inundaciones, sequías, incendios, terremotos y tormentas) y la vulnerabilidad de una sociedad, su infraestructura, economía y ambiente, que están determinados por el comportamiento humano. Desde este punto de vista, los desastres naturales pueden y deben ser comprendidos como “desastres no-naturales”⁹.

Debemos resaltar aquí que el foco está centrado sobre los peligros resultantes de eventos de la naturaleza (a como detalla Birkmann en la cita más arriba). Esto se desprende también del texto empleado a menudo por los especialistas en desastres

“naturales” como ser “Reducir los riesgos de peligros de origen natural es un gran desafío actualmente y en el futuro respecto del cambio climático global. Se reconoce cada vez más que los riesgos y amenazas a la seguridad humana asociados a peligros naturales no pueden reducirse enfocándose solamente en los peligros. Las sociedades tendrán que vivir con condiciones ambientales cambiantes y por lo tanto necesitan construir resiliencia mediante la reducción de las vulnerabilidades a los peligros naturales¹⁰”. (Birkmann, Cardona, & Carreño, 2013).

Debemos resaltar que las consideraciones de *vulnerabilidad* implican directamente lo social, y obligan a ponerlo en la agenda del diseño ya que requiere pensar infinidad de iniciativas y demandas de proyecto. El tema es extenso, pero se sugieren algunas lecturas complementarias importantes en Beccari (2016), Cardona (2004, 2012) y Gallopín (2006). En los entornos industriales y donde los peligros son a menudo el resultado de escapes o derrames catastróficos de sustancias peligrosas en procesos o transporte de las mismas, y por ende *antrópicos* y *no naturales*, la concepción clásica de Peligro - Riesgo resulta, a nuestro entender, más sencilla de aplicar y comprender.

La noción fundamental es la de Peligro.

Peligro es la condición *potencial* de causar daño a cosas que valoramos: la Salud (incluyendo en extremo la propia vida humana), la propiedad, el ambiente, la calidad y/o la imagen de la empresa.

Hay peligros que son inherentes a las sustancias, independientemente de la condición de proceso, como la toxicidad (cianuro de potasio), la posibilidad que forme mezclas explosivas con el aire (gas Natural, propano), que pueda prenderse fuego (maderas), la condición de explosivo por sí mismo (pólvora, fertilizantes nitrogenados) o la emisión de radiación.

Riesgo¹¹ es la combinación entre la probabilidad de la ocurrencia y la gravedad de las consecuencias de un evento peligroso. El riesgo significa una evaluación del potencial de daño o pérdida.

Un peligro puede ser serio, pero el riesgo puede ser pequeño.

En una forma más sintética, podemos decir que el Riesgo es la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un daño y la severidad de ese daño. [ISO 12100-1:2003, definición 3.11].

Una de las primeras conclusiones que podemos sacar de esta cuestión es que no hay posibilidad cierta de manejar un riesgo que resulte de un peligro desconocido. A menudo los Arquitectos y Diseñadores usaban acolchados mullidos que genéricamente llamamos “*goma espuma*”. Que resulta ser espuma de Poliuretano. Y ocurre que esas espumas, en caso de incendio, desprenden cianuros y cianatos, tóxicos agudos colectivamente descritos en Argentina como “*Gases de efecto Cromañón*” en referencia al infame siniestro de la discoteca que costó la vida a 194 personas la noche del 30/12/2004.

Si ignoramos el efecto de estos materiales en caso de fuego, no podremos protegernos del daño consecuente.

De lo anterior se desprende que el primer paso en cualquier gestión del Riesgo (cualquiera sea la naturaleza en cuestión) reside en una cuidadosa y detallada identificación de los peligros presentes (sea en el entorno, la fase de Construcción, uso o descarte).

“Cuando diseñamos u operamos cualquier sistema, desarrollado por la ingeniería, sea una planta química, un producto de consumo, una máquina o cualquier otro sistema, el diseñador debe primero identificar los peligros específicos asociados a la operación. Como parte del proceso de diseño, es preferible el uso de técnicas formales para la identificación de los peligros”. (Hendershot, 2004).

En diversas ramas de la ingeniería, pero más notablemente en la ingeniería química, el enfoque de cómo tratar con los riesgos se sintetiza con la figura de las capas de cebolla, llamada así por la similitud gráfica. Así, los riesgos se ponderan “*desnudos*” (centro de la “*cebolla*”) y luego vamos adicionándoles distintas capas de protección, anidadas, para que, como resultado, el riesgo residual termine siendo aceptable (baja probabilidad de ocurrencia).



Figura 2. Gestión de Riesgos - Capas de Protección.

Debemos resaltar que cada “Capa” tiene implícita una cierta probabilidad de falla, por lo que la probabilidad total de ocurrencia de un evento peligroso resultará del producto de las probabilidades individuales de falla de cada una de las capas (CCPS , 2001).

Es aquí donde aparece un concepto simple, pero de extraordinaria aplicabilidad práctica. En el centro de la “cebolla” está presente el *Diseño Inherentemente más Seguro* (ISD en su sigla en inglés). Antes que una manera de *controlar* un riesgo determinado, el ISD apunta a *eliminar por completo el peligro*, por lo que, como consecuencia, no hay riesgo que gestionar.

Producir productos, procesos y sistemas más benignos en general sigue uno de los dos siguientes abordajes básicos: cambiando la naturaleza inherente del sistema o cambiando las circunstancias/condiciones del sistema. “*Lo inherente es preferible por varios motivos, el más importante de los cuales es que soslaya la posibilidad de falla*”. (Anastas, 2003:96^a).

El concepto de Diseño Inherentemente más Seguro fue originalmente acuñado por Trevor Kletz en 1978 (Kletz, 1978)¹² y ha sido desarrollado enormemente desde entonces (CCPS, 2008) (Kletz, 2010).

El Diseño Inherentemente más Seguro puede considerarse un subconjunto de la “*Química verde*” y la “*Ingeniería Verde*”, una filosofía más general que atiende a un amplio rango de peligros ambientales.

“En años recientes, la industria de los procesos químicos se ha enfocado crecientemente en eliminar los peligros de los procesos y plantas químicas antes que aceptando su existencia y diseñando sistemas para manejarlos (...) Dado que las estrategias del Diseño Inherentemente más Seguro no son específicas de ninguna industria, el ejemplo de la industria química puede ser útil para un amplio rango de tecnologías”. (Hendershot, 2004:104).

La mejor manera de tratar un peligro es no tenerlo en absoluto. Encontrar la forma de controlar los peligros es, por lejos, la segunda mejor opción. (Kletz, 1978).

Fuera del alcance de este trabajo el desarrollar en extensión los detalles del abordaje del Diseño

Inherentemente más Seguro¹³, pero sintéticamente listamos los principios básicos que estableciera Kletz, que posteriormente fueron condensados de la siguiente manera: (CCPS, 2008).

- **Sustitución:** uso de materiales, química y procesos menos peligrosos;
- **Minimización:** uso de pequeñas cantidades de materiales peligrosos; reduce el tamaño de equipo que opera bajo condiciones peligrosas tales como altas presiones o temperaturas;
- **Moderar:** reduce los peligros mediante dilución, refrigeración, o alternativas de procesos que operan en condiciones menos peligrosas; y
- **Simplificación:** elimina complejidad innecesaria

Debe subrayarse que el ISD es más una filosofía y manera de pensar los problemas que un conjunto específico de métodos y herramientas. Resulta recomendable establecer un puente entre este enfoque, el EcoDiseño y la Arquitectura Sustentable, tarea que no se ha encarado de manera sistemática hasta donde sabemos y que aquí intentaremos desarrollar.

La “*Arquitectura verde*” ha venido a representar la preocupación holística de una gama de cuestiones ambientales, desde la eficiencia energética y la calidad de aire interior hasta la conservación de recursos y la planificación del uso del suelo, y desde la contabilidad de los impactos ambientales en la obtención de materias primas hasta la vida de un edificio y más allá.

“Formulado de una manera amplia, la arquitectura verde busca diseñar para la salud tanto del individuo como del planeta. Esta matriz sugiere la estrecha identificación de las agendas de seguridad y verde. (...) Todo esto sugiere que las preocupaciones por los seguro y verde no deben ser confundidas, pero pueden y deben ser reconciliadas”. (Wasley, 2005).

La propuesta siguiente es que, desde otras disciplinas del Proyecto, podamos mirar algunos principios y abordajes, ya decantados por años de práctica, para adoptarlos de manera creativa y en beneficio tanto del ambiente como la seguridad, en síntesis, mejorando la gestión de los riesgos.

Volteando tabiques: La Ingeniería Verde y sus retoños

Si bien algunos autores aseguran que el punto exacto en el tiempo en que las profesiones de Diseño que abrazaron los principios verdes, cambiaron de una prestación deseable a una expectativa de integración plena en el Diseño probablemente se perdió en la historia (Vallero, 2008) sí hay un cierto consenso en que hacia mediados de los '80 la comunidad de Ingeniería Química comenzó a explorar soluciones para minimizar la producción de residuos y subproductos indeseables. A fines de los '80 y principio de los '90 este concepto fue desarrollándose hacia una noción más amplia de Prevención de la Contaminación¹⁴. Por otra parte, en el artículo sobre la relación entre Ingeniería verde y el Diseño de la Cuna hasta la Cuna o C2C - *Cradle-to-Cradle*. (McDonough, Braungart, y Anastas, 2003) se menciona:

Hacer bien las cosas correctas. No es tan fácil como parece. Trabajar de manera inteligente podría ser así, pero trabajar inteligentemente sin la perspectiva o principios guía puede en última instancia volverse una persecución eficiente de los objetivos equivocados. Considérese los abordajes históricos a la solución de problemas industriales: aplicar

estrategias de ingeniería para hacer que un proceso con muchos residuos o peligroso resulte más sustentable podría parecer una línea de acción benéfica, hay muchos de tales ejemplos, pero ¿es hacer un ajuste fino de un sistema fundamentalmente fallido el objetivo que queremos lograr? A la inversa, los ingenieros pueden enfocarse hacia objetivos positivos y resultar paralizados por herramientas que nunca los llevarán adonde quieren ir. Por ejemplo, en las primeras aproximaciones a la fabricación de celdas fotovoltaicas, a menudo se consumía más energía en su construcción que la que nunca podría ser recuperada a lo largo de la vida útil de los sistemas. Debe notarse que los avances en la reciente generación de fotovoltaicos han atendido esta cuestión con cierto éxito. Entonces, ¿cuáles son los objetivos correctos? ¿Cuáles las herramientas adecuadas?. (McDonough, Braungart, y Anastas, 2003: 434)

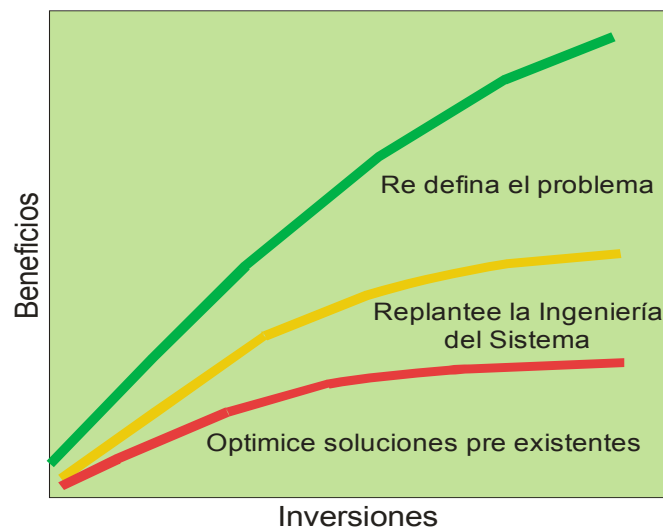


Figura 3. Beneficios en tiempo, dinero y recursos para decisiones a diferentes niveles de diseño. Según este esquema, el mayor beneficio resulta de redefinir el problema (McDonough, Braungart, y Anastas, 2003).

Para intentar articular estas áreas y a estas preguntas, comenzaremos por la descripción de los 12 Principios de la Ingeniería Verde, como una suerte de punto inicial a partir del cual se desarrollaron otros enfoques: Los Principios de Hannover, los 5 Principios del Diseño Ecológico y las 10 Reglas de Oro del Ecodiseño.

La Ingeniería Verde

Los 12 Principios de la Ingeniería Verde proveen una guía para implementar esta visión (Figura 3).

<p>Principio 1</p> <p>Los diseñadores deben esforzarse para asegurar que todas las entradas y salidas de materiales y energía sean tan inherentemente no peligrosas a como sea posible.</p>	<p>Principio 7</p> <p>La durabilidad como objetivo, no la inmortalidad, debe ser una meta de diseño.</p>
<p>Principio 2</p> <p>Es mejor prevenir la ocurrencia de residuos que tratarlos o limpiarlos luego que se han formado.</p>	<p>Principio 8</p> <p>Las soluciones de diseño para capacidad o prestaciones innecesarias (por ej. “un tamaño que se acomoda a todos”) deben ser consideradas una falla del diseño.</p>
<p>Principio 3</p> <p>Las operaciones de separación y purificación deben diseñarse para minimizar los consumos de energía y el uso de materiales.</p>	<p>Principio 9</p> <p>En productos multicomponente la diversidad de materiales debe minimizarse para promover el desarmado y la retención de valor.</p>
<p>Principio 4</p> <p>Los productos, procesos y sistemas deben diseñarse para maximizar la eficiencia en uso de masa, energía, espacio y tiempo.</p>	<p>Principio 10</p> <p>El diseño de productos, procesos y sistemas debe incluir la integración e interconexión con los flujos disponibles de materiales y energía.</p>
<p>Principio 5</p> <p>Los productos, procesos y sistemas deben ser “traccionados desde la salida” antes que “empujados en la entrada” mediante el uso de energía y materiales.</p>	<p>Principio 11</p> <p>Los productos, procesos y sistemas deben ser diseñados para desempeñarse en una “vida después de la muerte (afterlife)” comercial.</p>
<p>Principio 6</p> <p>La entropía y complejidad embebida deben ser vistas como una inversión cuando se toman decisiones sobre reciclado, reuso o disposición beneficiosa.</p>	<p>Principio 12</p> <p>Las entradas de materiales y energía deben ser renovables antes que extractivas (depleting).</p>

Figura 4. Los 12 principios de la ingeniería verde.

Algunas aclaraciones ayudan a su comprensión:

En el Principio 3, un ejemplo de Diseño es la evolución de la fijación de las pilas para la ROM de las computadoras. Originalmente soldadas al circuito impreso, eran difíciles de remover. Ahora se colocan de manera que se pueden sacar con la mano

En el Principio 5, otra forma de enunciarlo es: La producción debería ser “a demanda”, minimizando el desperdicio de materiales y energía, en lugar de fabricar una cantidad (con un margen de exceso) a la espera que el consumo lo use (caso libros a demanda vs tiradas grandes).

Respecto del Principio 7, en el Ciclo de vida (duración de su utilidad, no inmortalidad de sus materiales desechados): considerar la durabilidad del producto desde su concepción y diseño (evitar la obsolescencia programada).

Aclarando el Principio 8, usar la cantidad exacta (frugalidad, minimalismo, sentido común): minimizar

el exceso, diseñar para la capacidad adecuada, adaptándose a las necesidades concretas de cada situación. Evitar el “*diseño universal*” (un tamaño para todos).

Aunque reformulados en su enunciación, los 12 Principios de la Ingeniería Verde, a como explican Anastas y Zimmerman, resultan una excelente introducción a los elementos comunes entre Ingeniería, Arquitectura y Diseño Industrial. Y son una anticipación de las bases que sustentan el Ecodiseño y el Diseño para la Sustentabilidad (D4S). Los Ingenieros pueden usar estos principios como lineamientos para ayudarlos a asegurar que el diseño de productos, procesos o sistemas tienen los componentes, condiciones y circunstancias fundamentales para ser más sustentables y menos riesgosos. (Anastas, 2003).

En el artículo se define de modo taxativo que se trata de *Principios* y, por tanto, no resulta una herramienta específica. Esto es muy interesante, ya que intenta establecer un común denominador con base científica-tecnológica, incluyendo desde una molécula a un producto o un sistema como resultado de una actividad de Diseño. Este término, se usa de una manera tal que abarca desde la Ingeniería Química, la Arquitectura hasta el Diseño Industrial en la acepción amplia que desarrollan Vezzoli y Manzini en la Introducción a su libro *Design for Environmental Sustainability*. (Vezzoli, 2010).

La definición de Ingeniería Verde preparada durante la Conferencia de Sandestin fue:

“La Ingeniería Verde transforma las disciplinas y prácticas de ingeniería hacia aquellas que promueven la sustentabilidad. La Ingeniería Verde incorpora el desarrollo e implementación de productos, procesos y sistemas tecnológica y económicamente viables que promueven el bienestar humano a la vez que protegen la salud humana y elevan la protección de la biosfera como un criterio en las soluciones de ingeniería”. (Abraham & Nguyen, 2003).

De una manera no lineal, todas las disciplinas se vinculan con la Ingeniería Verde. Es posible rastrear su influencia, no siempre reconocida, en el Análisis del Ciclo de Vida, el Diseño para la Sustentabilidad (D4S) que propician el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Universidad Tecnológica de Delft, diversas normativas de la Unión Europea, el Diseño Inherentemente más Seguro de Plantas y el conjunto de iniciativas de Diseño norteamericanas genéricamente bautizadas como DfX (Diseño para el Ambiente - DfE, el Desarmado - DfD, el Fin de Vida -DfEoL, etc.).

La Ingeniería Verde¹⁵ involucra cuatro abordajes básicos para mejorar procesos y productos para hacerlos más eficientes desde el punto de vista ambiental. (Vallero, 2008):

- Reducción de Residuos
- Manejo de Materiales¹⁶;
- Prevención de la Contaminación; y
- Mejora del Producto.

En la medida que aborda el Diseño desde una perspectiva sistémica, supone la concurrencia de múltiples disciplinas. Es otro tabique a remover. Este abordaje más integral, requiere ir en contra de los siglos transcurridos desde la Revolución Industrial, época en la que la entidad artista, diseñador, arquitecto, constructor que había primado hasta entonces se disgregó abriendo paso a las especializaciones. Valero y Brasier hacen una encendida defensa de este nuevo enfoque para la Arquitectura:

“Nuestra visión es que el diseño se está moviendo hacia soluciones más sustentables mediante el aumento del rol del trabajo en equipo para encontrar sinergias mediante síntesis e innovación. Llamamos a esto sintovación: síntesis, como fusión o integración de dos o más elementos resultantes en

una nueva creación, e innovación, la introducción de algo nuevo – una idea, método o dispositivo”. (Vallero, 2008:14-15).

Otros desarrollos que confluyen con la Ingeniería Verde

¿Qué hay de bueno en tener una linda casa sin un planeta decente donde ponerla?
Henry David Thoreau¹⁷

Relacionados con los Principios de Ingeniería Verde, existe una gran diversidad de derivados, no siempre herederos reconocidos, otras veces confluencia objetiva. Listamos los más relevantes al Diseño y la Arquitectura.

Los principios de Hannover¹⁸

Fueron desarrollados por el Estudio de Arquitectura de William McDonough¹⁹ en ocasión de la Expo 2000, la Feria Mundial de Hannover, Alemania, convocada bajo el lema *Humanidad, Naturaleza y Tecnología* (Figura 5).

Los principios fueron concebidos “*para informar a la comunidad internacional de Diseño de las cuestiones inherentes en la consideración del diseño sustentable, antes que brindar una lista de verificación ecológica para la construcción*”. (McDonough, *The Hannover Principles: Design for Sustainability*, 1992).

1. **Defiende el derecho de la humanidad y la naturaleza a coexistir** en una condición saludable, de apoyo mutuo, variada y sustentable.
2. **Reconoce la interdependencia.** Los elementos del diseño humano interactúan con el mundo natural a la vez que dependen de él, con amplias y diversas implicaciones a todas las escalas. Amplía tus consideraciones de diseño para reconocer incluso efectos lejanos.
3. **Respetar las relaciones entre el espíritu y la materia.** Considera todos los aspectos de los asentamientos humanos, incluyendo la comunidad, la vivienda, la industria y el comercio, en términos de las conexiones existentes y cambiantes entre la conciencia espiritual y material.
4. **Acepta la responsabilidad por las consecuencias del diseño** sobre el bienestar humano, la viabilidad de los sistemas naturales y su derecho a coexistir.
5. **Crea objetos seguros con valor a largo plazo.** Evita cargar a las futuras generaciones con requisitos de gestionar el mantenimiento o la vigilancia sobre peligros potenciales derivados de la creación descuidada de productos, procesos o normas.
6. **Elimina el concepto de residuo.** Evalúa y optimiza el ciclo de vida completo de los productos y procesos, para aproximarte al estado de los sistemas naturales en los que no se producen residuos.
7. **Confía en los flujos naturales de energía.** Los diseños humanos deberían obtener su fuerza creativa del flujo perpetuo de la energía solar incidente, igual que hacen los sistemas vivos. Incorpora esta energía de manera eficiente y segura para que se haga de ella un uso responsable.
8. **Comprende las limitaciones del diseño.** Ninguna creación humana dura para siempre, y el diseño no resuelve todos los problemas. Aquellos que crean y planifican deberían practicar la humildad frente a la naturaleza. Trata la naturaleza como modelo y consejera, no como un inconveniente a eludir o controlar.
9. **Busca la mejora constante compartiendo el conocimiento.** Estimula una comunicación abierta y directa entre colegas, jefes, constructores y usuarios, para vincular las consideraciones de sustentabilidad a largo plazo con la responsabilidad ética, y re establecer la relación integral entre los procesos naturales y la actividad humana.

Figura 5. Los Principios de Hannover.

Los Cinco Principios del Diseño Ecológico (Ryn, 2007)

Explícitamente basados en conceptos de imitación de la naturaleza (Biomímesis) estos principios fueron desarrollados para la Arquitectura por Sim van der Ryn y Stuart Cowan en un libro pionero de 1995 y resultaron fundacionales para el Instituto Norteamericano de Diseño Ecológico (Ecological Design Institute) (Figura 6). A como expresan sus autores en el prólogo original *“Para poder integrar exitosamente la ecología y el diseño debemos copiar en espejo las profundas interconexiones de la naturaleza en nuestra propia epistemología del Diseño”*. (Ryn, 2007: 3).

1. **Las soluciones crecen desde el lugar.** El diseño ecológico comienza con el conocimiento íntimo de un lugar particular. Por lo tanto es de pequeña escala y directo, y capaz de responder tanto a las condiciones como a la gente local. Esto resulta en que las soluciones resultan de características únicas culturales y físicas, las que a menudo son ignoradas por el diseño estandarizado (...) El carácter ecológico, material y humano de un lugar siempre es el contexto de diseño, incluso cuando el mundo mecánico está ocupado creando lo que Howard Klunster llama *“la geografía de ningún lugar”* (Ryn, 2007)
2. **La Contabilidad Ecológica da información al Diseño.** Deben rastrearse todos los impactos ambientales (actuales o previstos) del diseño. Esta información nutre al Proyecto y le permite determinar las mejores opciones ambientales para la toma de decisiones.
3. **Diseño con la Naturaleza.** Cuando la basura se convierte en compost, se revela una estructura esencial dentro de la naturaleza. En la naturaleza, los materiales son continuamente descompuestos en sus componentes básicos y reconstituidos en nuevas formas de vida. (...) Trabajando con los patrones y procesos privilegiados por el mundo de lo viviente, podemos reducir drásticamente el impacto ecológico de nuestros diseños. Lo principal que hemos aprendido en nuestro intento de incorporar en el diseño de los procesos naturales es que todos los participantes, diseñadores, constructores, clientes y usuarios, parecen enriquecido y revitalizados por la experiencia. (78)
4. **Cualquiera es un Diseñador.** El diseño va desarrollándose a partir de escuchar a gente que tiene un problema. No hay roles cristalizados de Diseñador o Cliente. Un diseño va evolucionando y termina siendo adoptado porque se ajusta a las necesidades de una comunidad de personas con valores y circunstancias particulares. A menudo en estos casos se desdibujan las distinciones entre el diseñador, participante y usuario. Las mejores experiencias de diseño ocurren cuando nadie puede reclamar el crédito por la solución, cuando esta crece y evoluciona orgánicamente a partir de una situación, proceso y patrón de comunicación particulares. (73)
5. **Haga visible a la Naturaleza.** Los entornos desnaturalizados ignoran nuestras necesidades y potencial para el aprendizaje. Al hacer visibles los ciclos y procesos de la naturaleza estamos reponiendo el entorno diseñado en un contexto de vida. El diseño efectivo nos ayuda a informarnos de cuál es nuestro lugar en la naturaleza. (Edwards, 2005)

Figura 6. Los Cinco Principios del Diseño Ecológico.

Las 10 reglas de Oro del Ecodiseño

Esta es una herramienta que en algunas fuentes bibliográficas aparece recomendada muy efusivamente para aplicar en la enseñanza de grado del Diseño Industrial (Luttrupp & Lagerstedt, 2006). En esencia es una Lista de Verificación ampliada, y así se lo clasifica (Byggeth & Hochschoner, 2006). En el decir de sus promotores, desarrolla un abordaje tipo *“Navaja multiuso del Ejército suizo”*. Este listado no es un invento de los autores sino más bien un resumen pedagógico de una cantidad de lineamientos que se pueden encontrar en Guía de empresas y Manuales. Las Diez Reglas de Oro son genéricas y deberían ser adaptadas a medida para resultar directamente útiles en el desarrollo de un producto. (Luttrupp & Lagerstedt, 2006).

Las Diez Reglas están estructuradas en un enfoque de Ciclo de Vida, las primeras atienden a la fase previa al uso, otras atienden las cuestiones ambientales vinculadas al uso y finalmente otras refieren al Fin de Vida. Debe resaltarse que el orden en que están expresadas no supone una secuencia o jerarquía (Figura 7).

- Uno** No use sustancias tóxicas y en caso de ser necesarias, utilice ciclos cerrados.
- Dos** Minimice el consumo de energía y recursos en la fase de producción y transporte mediante mejoras en el orden y la limpieza (housekeeping).
- Tres** Use prestaciones estructurales y materiales de alta calidad para minimizar el peso... en los productos ... si tales opciones no interfieren con la necesaria flexibilidad, resistencia al impacto u otras prioridades funcionales.
- Cuatro** Minimice el consumo de energía y recursos en la fase de uso, en especial para productos con los aspectos más significativos durante esta fase.
- Cinco** Propicie la reparación y la mejora (Upgrading), especialmente para productos sistema-dependientes (por ejemplo teléfonos celulares, computadoras y reproductores de CD).
- Seis** Propicie una larga vida, especialmente para productos con aspectos ambientales significativos fuera de la fase de uso.
- Siete** Invierta en mejores materiales, tratamientos superficiales o arreglos estructurales para proteger a los productos de la suciedad, corrosión y el desgaste, asegurando así mantenimiento más reducido y una vida más larga para el producto.
- Ocho** Anticipe las mejoras (upgrade), reparación y el reciclado mediante facilidad de acceso, etiquetas, módulos, puntos de desarme y manuales.
- Nueve** Promueva la mejora, reparación y reciclado usando pocos materiales, simples, reciclados, no mezclados y sin aleaciones.
- Diez** Use la menor cantidad de elementos de unión que sean posibles y use tornillos, adhesivos, soldaduras, enganches tipo click (snap fits) trabas geométricas, etc. de acuerdo al escenario de ciclo de vida.

Figura 7. Las 10 Reglas de Oro del Ecodiseño.

PRINCIPIOS Y COMPLEJIDAD

Los problemas significativos que encaramos no pueden ser resueltos en el mismo nivel de pensamiento en que estábamos cuando los creamos.

Albert Einstein²⁰

Es posible establecer una conexión y referencia directa entre todos estos conjuntos de principios, aun cuando algunos sean más específicamente formulados para uso y filosofía de las prácticas proyectuales. Uno de los problemas que identificamos es que, al no establecer vínculos claros con algún común denominador, pueden confundir a alumnos y profesionales por la multiplicidad de “recetas” que significan.

Creemos que tener como referencia a los 12 Principios de la Ingeniería Verde es un abordaje que ofrece un común denominador sencillo y sólido, que provee una base fundacional. Los de Hannover, por su parte, son más drásticos en eliminar el concepto de residuo a la vez que incorporan el de seguridad, la necesaria visión de flujos de energía y admiten una demanda de espiritualidad y de lo humanitario no contemplada anteriormente.

Por último, los Cinco principios del Diseño Ecológico incorporan la necesaria relación cultural con lo local y sus comunidades, considerando a todas las personas como diseñadoras.

Es necesario resaltar que la adopción de un abordaje no significa descartar los demás. Cada entorno proyectual puede sugerir una opción o combinación de enfoques que sea comprensible y útil para el equipo.

A poco de tratar con las cuestiones de la Sustentabilidad en las disciplinas proyectuales, se evidencian esfuerzos por hacer simples cuestiones complejas.

El uso de Indicadores podría considerarse en cierto modo uno de esos esfuerzos. Una escala de indicadores a veces genera la ilusión de que todo el proceso se encuentra controlado. Por ejemplo, comparar huellas de carbono de dos productos distintos puede parecer que estamos dando un diagnóstico inequívoco, sin embargo, estaríamos soslayando que uno de ellos tenga componentes tóxicos.

Ensamblar principios, reglas prácticas e indicadores de desempeño, cada uno en la proporción adecuada, parece una de las indicaciones fáciles de enunciar y difíciles de implementar. Un tema que por su complejidad merece otro trabajo para él solo.

Podemos decir que estamos ante una crisis de complejidad. Al respecto Ryn y Cowan nos alertan:

Cuestiones políticas muy tangibles acerca de pesquerías, bosques, emisiones de gases de efecto invernadero y del estilo están impregnadas de tanta complejidad que no podemos esperar de modelizarlas con suficiente exactitud como para producir resultados precisos, certificables.

Cuando combinamos la capacidad intrínseca de un sistema para tener un comportamiento enormemente complejo con nuestros propios modelos inciertos, incompletos, nos quedamos, en el mejor de los casos, con una comprensión parcial. Tal vez podamos vincular una variable dentro de límites amplios o encontrar algunas correlaciones laxas, pero es improbable que seamos capaces de brindar respuestas rigurosas a preguntas clave de gestión. ¿Qué respuesta climática podemos esperar de un nivel de emisiones de dióxido de carbono tal y cual? ¿Es ésta una producción de madera verdaderamente sustentable? Las nuevas ciencias de la complejidad, lejos de aumentar nuestra confianza en responder tales preguntas, en realidad nos están diciendo que los sistemas son más delicados de lo que pensábamos que eran, y que serán difíciles de encontrar garantías de seguridad en nuestras intervenciones ambientales.

Los límites del conocimiento implícitos en los sistemas complejos sugieren que no podemos “gestionar” científicamente sistemas más allá de una cierta escala. (Ryn, 2007:87)

Si no buscamos formas más acabadas de pintar el escenario del Diseño y la Arquitectura para la Sustentabilidad, se empobrece la percepción de la complejidad y, sobre todo, resulta desdibujada la necesidad de integrar equipos multidisciplinarios. En la segunda década del siglo XXI, la toma de decisiones multivariable aparece como la regla inevitable en las disciplinas mencionadas.

A su vez, a estos principios e indicadores ambientales enunciados, debe sumársele un listado de principios e indicadores de los cambios sociales y económicos asociados, que aquí no se pueden desarrollar, pero requieren de su articulación. De lo contrario, no podremos avanzar en la triple dimensión de la sustentabilidad.

CONCLUSIONES. CERRANDO EL LAZO DE CONTROL CON LA GESTIÓN EFICIENTE

Hemos visto que los cuatro cuadros con Principios conllevan los conceptos de Riesgo y Peligro, con recomendaciones básicas para gestionarlos, aunque esto es más evidente en los Principios de la Ingeniería Verde.

Por otro lado, señalábamos al comienzo que, a pesar de los avances científicos y éticos en los principios e indicadores de la sustentabilidad, éstos no se correspondían con avances concretos en las mejoras esperadas, lo que implica necesaria y permanente retroalimentación sobre los efectos de lo producido.

Para achicar esta distancia entre “*lo deseable*” y lo realmente concretado sirve retomar la parábola de un lazo de control automático asimilándola a la gestión²¹. Para mejorar el desempeño en esa dirección, es necesario generalizar la filosofía que “*si algo está mal, alguien debe hacer algo para corregirlo*”. Ese es nuestro mayor desafío.

El camino para lograrlo incluye tanto decisiones estratégicas en las estructuras del Estado, como la socialización y apropiación de los datos por parte de todos los interesados, usuarios y comunidades, tanto sea para decidir como para reclamar las acciones correctivas. Una complejidad de esta naturaleza no puede dejarse sólo en manos de los expertos²².

NOTAS

1. El uso reiterado del calificativo “*verde*” debería acotarse solamente a una referencia genérica a lo ambientalmente adecuado o amistoso con el ambiente. Y a su vez, diferenciarse del mercadeo de falsas mejoras ambientales o de marketing de productos y servicios supuestamente ecológicos, conocidos globalmente como lavado verde (en inglés *greenwashing*).
2. Este abordaje es una de las opciones (no la más popular, por cierto) dentro de la frondosa disponibilidad de enfoques sobre cómo implementar esta inquietud por la atención de las cuestiones ambientales en el diseño.
3. Únicamente pueden aspirar a la validez aquellas normas que consiguen (o pueden conseguir) la aprobación de todos los participantes de un discurso práctico (Habermas, 1991: p. 73).
4. La literatura disponible sobre indicadores es conceptual y terminológicamente confusa. Usamos el término indicador como el de una medida observable que brinda información sobre un concepto (...) que es difícil de medir directamente (OECD, 2008).
5. Sobre el término “*control*” vale una aclaración. La transposición del significado que un vocablo tiene en una disciplina a otras lleva a confusiones y malinterpretaciones. En este caso, no corresponde trasladar el significado que el concepto de control tiene en el ámbito sociológico, al área de las disciplinas proyectuales. Desde Foucault y Deleuze en adelante, el concepto de control en la sociología ha sido usado en su connotación negativa cuando se refiere a situaciones de dominación y sometimiento de sociedades por parte de organismos represivos. En cambio, en el área de las disciplinas proyectuales, si los artefactos no fueran controlables, no serían funcionales ni podrían ser usados. Sin un control efectivo no podríamos subirnos a ningún vehículo, desde un automóvil a un avión, por ejemplo. Ni siquiera a un ascensor.
6. Que tiene su propia dinámica de comportamiento a la hora de responder a tal acción.
7. Del latín *pro* hacia delante, *iacere* arrojar.
8. Desafortunadamente el diccionario de la Real Academia Española no ayuda mucho aquí: acción y efecto de desempeñar o desempeñarse. Estamos planteando el término desempeño que amerita una definición: 1) lo que hace falta realizar para cumplir con un contrato, promesa u obligación (American Heritage Dictionary); 2) la medida en que un sistema (empresa, provincia, organización, equipamiento mecánico) cumple con prestaciones, expectativas, planes, previsiones deseables o

- establecidas como parte de criterios aceptados económica, política, técnica y/o socialmente; y 3) grado de cumplimiento con la estrategia y visión definida para una empresa.
9. Coincide en esto con la numerosa producción de Omar Cardona y otros autores.
 10. Los resaltados son míos.
 11. Lo esencial del riesgo fue formulado ya en 1662 por Arnaud: “el temor al daño debe ser proporcional no solamente a la gravedad del daño sino también a la probabilidad del evento” citado en Meyer (2016:2). Por lo tanto, la esencia del riesgo reside en el aspecto de la probabilidad o la incertidumbre.
 12. Con el título “*lo que no está, no pierde*”.
 13. Nótese que en tanto ninguna planta de procesos puede ser absolutamente segura, se emplea el término “*safer*”, más seguro.
 14. De una asociación y confluencia de iniciativas entre la Sociedad Química Americana (ACS) y la agencia de Protección Ambiental Norteamericana (EPA) derivó una serie de materiales didácticos para instalar en la educación de ingeniería los conceptos de prevención mencionados. (Anastas, Wood-Black, Masciangioli, & McGowan, 2007).
 15. La iniciativa de “*producción limpia*” toma elementos de la ingeniería verde, pero se circunscribe a lo que ocurre en la fase de fabricación/producción, mientras que esta última refiere a todo el ciclo de vida del producto/ sistema.
 16. Elección de materias primas menos contaminantes, uso de menores cantidades, consideraciones de reciclabilidad, proveedores locales, etc.
 17. Citado por Edwards, Andres R. – *The Sustainability Revolution* (Edwards, 2005).
 18. Disponibles en internet – traducidos de http://www.mcdonough.com/wp-content/uploads/2013/03/hp-20_email_121023.pdf consultado 19/08/2016.
 19. Coautor del mencionado desde la cuna a la cuna (*from cradle to cradle*).
 20. Esta cita, atribuida a Einstein aparece en numerosas publicaciones sin una fuente de referencia.
 21. Siempre es conflictivo referir en castellano lo que en inglés se expresa con la palabra *management*. Es, a la vez, gerenciamiento, dirección, manejo, gestión y aún gobierno y conducción. A falta de la múltiple significación anglosajona, aplicamos una u otra palabra, teniendo en cuenta el espesor sociológico de las mismas, que siempre debieran incluir decisiones de consenso.
 22. Habermas preconiza una ética discursiva como orientadora de la acción guiada hacia el entendimiento, por actores interesados en la validez de la argumentación.
 23. “*El teórico puede participar en los conflictos, debates y proyectos como afectado y, en su caso, como experto, pero no puede dirigir por su cuenta tales discursos. Una teoría que se extiende a ámbitos de contenidos (...) debe entenderse como una aportación al discurso que se da entre ciudadanos*” (Habermas, 1991:118).

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, M., & Nguyen, M. (2003). Green Engineering: Defining the Principles. *Results from the Sandestin Conference* (233-236). *Environmental Progress* 22 (4).
- Anastas, P.T. (2003). Design through the 12 principles of Green Engineering. *Environmental Science and Technology*, 94.
- Anastas, P.Z. (2003). Design Through the 12 Principles of Green Engineering. *American Chemical Society - environmental science & technology - March 1, 2003*, 95-101.

Anastas, P., Wood-Black, F., Masciangioli, T., & McGowan, E.A.E. (2007). *Exploring Opportunities in Green Chemistry and Engineering Education: A Workshop Summary to the Chemical Sciences Roundtable*. NY: Chemical Sciences Roundtable - National Academies Press.

Beccari, B. (2016). A comparative Analysis of Disaster, Risk, Vulnerability and Resilience Composite Indicators. *PLOS Currents Disasters*, 1-58.

Birkmann, J. (2006). *Measuring Vulnerability to Natural Disasters - Towards Disaster-resilient societies*. Tokio: United Nations University Press.

Birkmann, J., Cardona, O., & Carreño, M.A. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards* 67, 193–211.

Byggeth, S.A. (2006). Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable product development and procurement. *Journal of Cleaner Production*, 1420-1430.

Byggeth, S., & Hochschorner, E. (2006). Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable development and procurement. *Journal of Cleaner Production* 14, 1420-1430.

Canale, G. (04 de 07 de 2012). Indicadores para el Desempeño en Seguridad de Procesos -Experiencia en Talleres de divulgación. *Primeras Jornadas Argentinas de Seguridad de Procesos - Ponencias*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Ingenieros Químicos.

Cardona, O.M. (2012). Determinants of risk: exposure and vulnerability. En C. V. Field, *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (págs. 65-108). Cambridge, UK, and New York, NY, USA,: Cambridge University Press, .

(2004). The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management. *Mapping vulnerability: Disasters, development and people*, 17.

Edwards, A.R. (2005). *The Sustainability Revolution. Portrait of a Paradigm shift*. Gabriola Island. Canada: New Society Publishers.

Gallopín, G. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 293-303.

Habermas, J. (1991). *Escritos sobre moralidad y eticidad. 1° Edición*. Barcelona: Paidós. Pensamiento contemporáneo 17.

(1985). *Ética del discurso. Notas sobre un programa de fundamentación*. 57-134. Conciencia moral y acción comunicativa, .

Hendershot, D. (2004). Section IV - Inherently Safer Design. In J. R. Phimister, & V. M. Bier, *Accident Precursor Analysis and Management - Reducing Technological Risk Through Dilligence* (pp. 103 - 117). Washington: National Academy Press.

Kletz, T. &. (2010). *Process Plants. A Handbook for Inherently Safer Design 2nd Ed*. New York: CRC Press.

Kletz, T.A. (1978). What you don't have, can't leak. *Chemistry and Industry*, 287-292.

Lancker, E.N. (2000). A policy scenario analysis of sustainable agricultural development options: a case study for Nepal. *Impact Assessment and Project*, 111 - 124.

Luttrupp, C., & Lagerstedt, J. (2006). EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, 1396-1408.

McDonough, W. (1992). *The Hannover Principles: Design for Sustainability*. New York: William McDonough Architects.

McDonough, W., Braungart, M., & Anastas, P.T. (2003). Applying the principles of Green Engineering to Cradle-to-Cradle Design. *Environmental Science & Technology* 37(23), 434A - 441A.

Meyer, T.A. (2016). *Engineering Risk Management*. 2nd. Edition. Berlin: Walter de Gruyter GMBH.

OECD (2008). *Guidance On Developing Safety Performance Indicators related to Chemical Accident Prevention*. Paris: OECD Environmental Directorate.

Phimister, J.R., & Bier, V.M. (2004). *Accident Precursor Analysis and Management. Reducing Technological Risk through Dilligence*. Washington: National Academy of Engineering.

Ryn, S.V. (2007). *Ecological Design. Tenth anniversary Edition*. Washington: Island Press.

Singh, R.K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15, 281-299.

United Nations DESA. (2001). *Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies - 3rd Edition*. New York: United Nations ISBN 978-92-1-104577-2.

United Nations (1996). *Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies*. New York: United Nations Dept. for Policy Coordination & Sustainable Development.

Vallero, D.A. (2008). *Sustainable Design: The Science of Sustainability and Green Engineering*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.

Vezzoli, C.A. (2010). *Design for Environmental Sustainability*. London: Springer - Verlag.

Wasley, J. (2005). Reflections on the lessons of the Chemically Sensitive. En S. & Guy, *Sustainable Architectures: Critical Explorations of Green Building Practices*. NY: Spon Press.