

# LAS TECNOLOGÍAS DEL CONCRETO EN SU CICLO DE VIDA

Vitervo A. O'Reilly Díaz<sup>a</sup>, Rubén A. Bancrofft Hernández<sup>b</sup>, Lourdes Ruiz Gutiérrez<sup>c</sup>

## RESUMEN

El hombre ha logrado desarrollar gran parte de lo existente en el mundo mediante la industrialización, en la que, la industria de la construcción, ha sido parte importante de esa transformación. Pero estamos lejos de aplicar todos los conceptos fundamentales que exige el medio ambiente, de acuerdo al impacto ecológico que produce la incorrecta aplicación de las tecnologías usadas en la construcción. El concreto es el material fundamental de la construcción, sus tecnologías de aplicación, tienen una repercusión directa en la vida útil de la obra en la que se utilicen, así como una acción depredadora en el medio ambiente, en la que se empleen. Este artículo trata de articular la relación de las tecnologías del concreto en su ciclo de vida, en forma óptima, con los demás factores sobre los que ellas actúan, para el logro de una vida útil de las obras, que amorticen la inversión realizada.

**Palabras clave:** Tecnologías, concreto, medio ambiente, impactos ecológicos, ciclo de vida, vida útil.

## ABSTRACT

Men have achieved the development of the world by means of industrialization in which the construction industry has been an important part of this transformation. But yet, we are very far away from the implementation of all the fundamental concepts that the environment is requesting, according to the ecological impact that the inappropriate application of the use of technologies in construction is producing. Concrete is the basic material of construction, its application technologies have a direct impact on the useful lifetime of the building in which they are used. This paper tries to optimally join the relations of the concrete technologies in its life cycle with other factors over which they act, for the achievement of a building Useful Lifetime that amortize the investment.

**Keywords:** Technologies, concrete, environment, ecological impacts, life cycle, useful lifetime.

## RESUMO

O homem tem desenvolvido grande parte do mundo através da industrialização, e em ela, a indústria da construção tem sido parte importante dessa transformação. Mas ainda se está longe de aplicar todos os conceitos fundamentais que o meio ambiente exige, de acordo com o impacto ecológico que produz a incorreta aplicação das tecnologias na construção. O concreto é o material básico da construção. Suas tecnologias de aplicação têm um impacto direto sobre a vida de serviço da obra na qual se utilizam, bem como têm uma ação predatória no meio ambiente onde são usadas. Este artigo procura explicar a relação das tecnologias do concreto em seu ciclo de vida, do modo ótimo, com outros fatores sobre os quais elas atuam, para atingir uma vida útil das obras, para amortizar os investimentos.

**Palavras-chave:** Tecnologias, concreto, meio ambiente, impactos ecológicos, ciclo de vida, vida útil.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata de expresar que para lograr el manejo óptimo de las tecnologías del concreto en lo que se refiere a la vida útil de las obras que se construyan, es necesario considerar, además de los aspectos convencionales que han marcado su manejo hasta hoy, los aspectos que tienen que ver con el medio ambiente y los impactos ecológicos que se producen. Para ello las herramientas de la desmaterialización, uso de la superficie de la tierra y de la determinación del ciclo de vida de las obras a construir, en el marco de su vida útil son esenciales.

<sup>a</sup> Doctor en Ciencias y en Ciencias Técnicas. Investigador titular. Profesor y Académico de Merito. Especialista en Tecnologías del Concreto.

<sup>b</sup> Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular del ISPJAE. Especialista en estudio de Sustentabilidad.

<sup>c</sup> Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Titular del INSTEC. Especialista en Medio Ambiente.

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Se define como Tecnología al conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico de forma óptima mientras que las técnicas son el conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte. Se destaca el término “óptimo”, referido a una tecnología industrial, como la del concreto en el caso de análisis, aplicado al mejor uso posible de los correspondientes medios de producción durante un determinado tiempo: al seleccionado, luego de haber sido investigado y experimentado, y haberlo fijado en normas e índices de productividad, a partir del trabajo de expertos que trabajan colectivamente y emplean métodos científicos de observación, análisis y síntesis. Ejemplos de tecnologías con concreto son: la prefabricación, el pre y postensado, el molde deslizante, etcétera, las cuales usan modernas máquinas para la producción del concreto y de sus componentes, expresada en documentos, tales como normas, manuales, instrucciones etc. Cabe decir que en la producción del concreto participan los elementos componentes de cualquier proceso tecnológico, que es decir, productivo, a saber:

**Los objetos de trabajo:** utilizados en forma de materia prima, materiales, etc., como componentes materiales para lograr un objetivo productivo dado.

**Los medios de trabajo:** sirven para transformar los objetos de trabajo tales como equipos, herramientas y elementos productivos tales como edificios, instalaciones, etc.

**Los principios, formas y procedimientos:** los cuales, vinculados con los anteriores componentes permiten realizar los procesos de producción de construcciones.

Los anteriores componentes, en forma de tecnologías y técnicas son manejados por los seres humanos como elementos centrales del proceso productivo.

En el mundo actual las tecnologías de producción del concreto han alcanzado un alto nivel de desarrollo de su mecanización y automatización, siendo altas consumidoras de energía, agua y otros recursos materiales que tienen una determinante influencia en el medio ambiente de actuación. Uno de los objetivos del perfeccionamiento de las mencionadas tecnologías es lograr la mayor eficiencia energética, y el menor consumo de agua, minerales y otros materiales no renovables. La forma en que se manejen las tecnologías de construcción con concreto, tiene una significativa influencia en la durabilidad de las obras que con ella se realizan, así como en la calidad en sentido amplio, condicionada a las acciones agresivas que ejerce el medio ambiente, especialmente el clima circundante, y las condicionantes de su producción y explotación. Lo antes expuesto obliga hacer el estudio de la vida útil de la obra que con ella se ejecute, haciendo énfasis en su futura conservación, es decir explotación y mantenimiento. La consideración de la vida útil lleva al estudio del “Ciclo de Vida” de las tecnologías que empleamos, el que tendrá influencia del medio climático que circundará la construcción que se ejecute, así como los materiales, equipos y procedimientos con que trabajará, en función del tratamiento a todos los elementos incidentes de una manera óptima. Por las razones anteriores la selección de la tecnología a utilizar estará predeterminada por la disponibilidad de los medios para producir la construcción y su sostenibilidad durante la explotación de ésta.

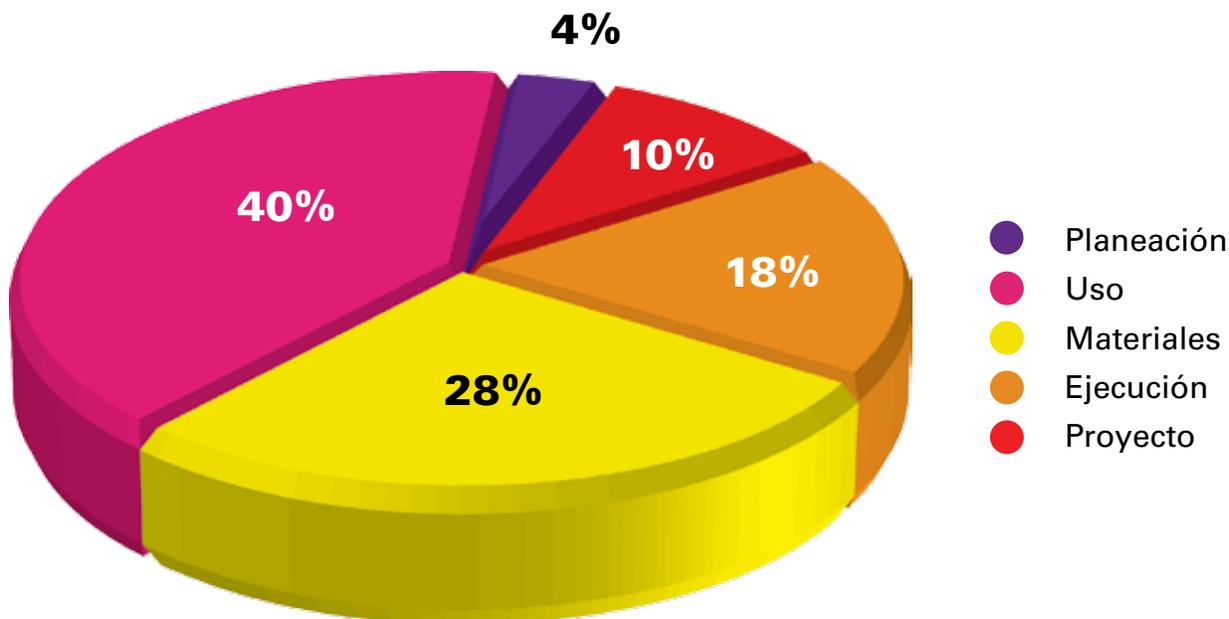
## RELACIÓN ENTRE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y VIDA ÚTIL DE LA CONSTRUCCIÓN

Al seleccionar una tecnología del concreto para realizar una construcción, es determinante que ésta, además de la resistencia, módulo elástico, estabilidad dimensional, etc. de la estructura de concreto, asegure su durabilidad como garantía de su vida útil. La durabilidad del concreto está íntimamente relacionada con su compacidad, su porosidad y su permeabilidad. De estas tres propiedades depende en gran medida la vida útil de una estructura de concreto armado. Por esta razón desde el proyecto de la obra y la selección de la tecnología del concreto para ejecutarlo, se debe dedicar gran atención a su dosificación, producción, transporte, colocación, vibrado, curado así como a todas las demás atenciones, que son etapas del ciclo de vida de la obra, para garantizar las cualidades exigidas al concreto.

El concreto tiene una estructura altamente heterogénea y compleja, por lo que resulta muy difícil predecir con exactitud y seguridad su comportamiento futuro, conociendo que esta estructura no se mantiene estable, debido a que la pasta de cemento y la zona de transición evolucionan con el tiempo, la humedad y la temperatura que le rodean. Los procesos que pueden generar una durabilidad insuficiente son diversos y complejos y están en dependencia, tanto de la concepción de los elementos estructurales, realizada durante el proyecto, de la calidad de los materiales componentes y de otros factores ya mencionados.

Se conoce por las investigaciones científicas realizadas, cuales son las acciones agresivas a la masa del concreto, las cuales deben ser tenidas en cuenta cuidadosamente desde que se concibe el proyecto estructural, el cual tiene un peso

del 40% en los factores que generan los problemas patológicos. Las características de la ejecución de la obra influyen en un 28% en los orígenes de dichas patologías. El peso de las demás etapas del proceso en la generación de los problemas patológicos pueden observarse en el gráfico siguiente:



## ORIGEN DE LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS CON RELACIÓN A LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN

### Aspectos ambientales de las tecnologías del concreto

Como elemento de la esfera tecnológica y material del quehacer humano, la producción y uso del concreto tiene no solo implicaciones técnicas y económicas, sino sanitarias, culturales y ecológicas, entre otras, todas las cuales se expresan en el marco de los ciclos de vida del producto y sus componentes. Históricamente, el manejo interrelacionado de los aspectos tecnológicos y económicos de producción de concreto, han sido los instrumentos fundamentales para considerar y evaluar el producto. No han sido tenidos suficientemente en cuenta los aspectos ecológicos, siendo las industrias del cemento y el concreto altamente consumidoras de recursos naturales y emisoras de contaminantes al medio natural. Para contribuir a la solución de este problema de las tecnologías industriales en general han aparecido en los últimos años nuevos enfoques aun muy poco difundidos, y menos considerados en la educación y en las profesiones de ingeniería, que revolucionan los paradigmas a partir de los cuales utilizar las tecnologías para la creación, en este caso de ambiente construido, en la búsqueda de una integralidad existente con anterioridad a la aparición de los materiales modernos.

Siempre ha existido una tendencia a reducir los consumos de recursos en las producciones materiales a partir de los costos directos, pero solo recientemente la problemática ha incluido las externalidades ambientales y el valor social de los recursos naturales. La reducción de energía fue la primera gran acción de búsqueda de soluciones iniciada en los años setentas debido a los altos precios del petróleo y es un aspecto bien desarrollado en el campo tecnológico y económico actual.

Los nuevos conceptos de mejora se basan en la reducción de los consumos de recursos naturales, o de naturaleza, que producen impactos de extracción en los procesos sociales, o sea, una desmaterialización de la actividad socioeconómica, así como en la reducción de los impactos de emisión, producidos por los residuos y emanaciones de los procesos productivos. Dos instrumentos significativos para el manejo de los impactos ambientales, aplicables totalmente al concreto en sus diversas manifestaciones son los análisis de desmaterialización y la llamada huella ecológica.

El Wuppertal Institute, de Alemania trabaja desde 1992, en la problemática de la medición de los flujos materiales, vinculándolos a un cambio estructural en la economía mundial, con el objetivo de fortalecer ésta en el marco del orden establecido. Conciben la desmaterialización de la economía como el más importante objetivo para la protección del medio ambiente. Ellos han establecido los conceptos de carga o mochila ecológica, para cada material y el Índice de consumo material por unidad de servicio MIPS ó IMPS. En la carga o mochila ecológica de los materiales se incluyen todos los elementos naturales utilizados directa e indirectamente para la producción del mismo. Estos elementos se han clasificado en energía, materias primas orgánicas e inorgánicas, agua, aire, movimientos de tierras y suelos generados para obtener los anteriores recursos. El Índice de eficiencia ecológica establecido para cada material relaciona el peso propio del producto con el de la masa de naturaleza o carga ecológica que ése mueve para su producción. Mientras menor sea la carga ecológica necesaria para crear una unidad de producto o brindar un servicio mayor será la eficiencia (ecológica) de éste, o su productividad, en el uso de los recursos naturales. Cabe decir que los anteriores instrumentos permiten avanzar significativamente en el manejo integral del concreto armado desde una perspectiva ambiental sostenible, considerando integradamente los componentes socio-culturales, incluidos los tecnológicos y económicos, y los naturales, en el marco del ciclo de vida del producto. La consideración adecuada, en el espacio y tiempo correspondientes, de estos aspectos en las relaciones entre los elementos incidentes en el proceso de producción, montaje y utilización de las estructuras de concreto armado es clave para un óptimo manejo del mismo.

### **ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS TECNOLOGÍAS DEL CONCRETO**

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), es uno de los métodos más precisos de evaluación ambiental enfocada a la sustentabilidad de los productos, procesos y servicios. La evaluación de los impactos ambientales de las tecnologías del concreto es un proceso complejo ya que en el mismo intervienen muchos elementos de los antes mencionados, combinados en diferentes operaciones y etapas a lo largo de su vida útil. Una versión de las mencionadas etapas puede verse en la Tabla 1, en la cual se muestra el desglose previo de cada una de las posibles etapas del Ciclo de Vida del material, divididas de manera convencional en ocho para facilitar su análisis. El procedimiento requiere realizar el inventario de todos los elementos consumidos, tales como el cemento, los áridos, el agua y la energía durante el proceso dentro de las entradas y de los residuos, efluentes y emisiones generados en las salidas de dichos procesos productivos. Con ello es posible establecer un plan de manejo de los impactos negativos al ambiente y maximizar los positivos. Este inventario aporta datos útiles para realizar un posterior análisis económico de costo-beneficio de las tecnologías empleadas en los procesos productivos, lo cual contribuye al ahorro de recursos naturales y económicos.

Existen varios métodos para determinar el ACV y es muy conveniente definir diferentes categorías de impactos ambientales adversos. Unos pueden ser de importancia media, denominados impactos de punto intermedio y otros de importancia elevada o impactos de punto final, que se consideran como daños ambientales. Dichos impactos pueden ocurrir a escala global, regional o local de acuerdo a la magnitud e importancia de los mismos. Éstos deben ser previamente evaluados por diferentes métodos cuantitativos, semicuantitativos y/o cualitativos de forma independiente o combinada. Si se toman en consideración los análisis de ciclo de vida, las tecnologías del concreto deben prevenir los impactos ambientales desde el primer ciclo o etapa de extracción de materias primas. Otras etapas o ciclos se refieren a la transportación de los productos hacia las plantas productoras de elementos de concreto y/o durante el propio proceso de ejecución de las obras, la posterior puesta en marcha, y el mantenimiento necesario durante la fase de uso de las edificaciones y estructuras de concreto para la infraestructura. Especial consideración merece la adecuada gestión de residuos de la construcción durante la etapa o ciclo de demolición, desmontaje y/o reciclado de los elementos componentes de las estructuras de concreto o de la rehabilitación de las edificaciones. En la mencionada Tabla 1 también se muestran algunos de los principales impactos ambientales en el ciclo de vida de las tecnologías del concreto y se identifican los impactos ambientales y acciones que traen como consecuencia efectos adversos o cambios en la calidad de los componentes del entorno. En síntesis, al profundizar en los aspectos de la evaluación de impacto ambiental de las tecnologías del concreto, en su ciclo de vida, y establecerlos como un sistema integrado, se facilita y precisa las acciones a acometer para incidir sobre el desarrollo de las tecnologías y construcciones con enfoques sostenibles: el ahorro de materiales, mano de obra, energía y tiempo anticipando el manejo ecológico de las implicaciones del uso del material a través de las herramientas que proveen las evaluaciones de impacto ambiental y los análisis del ciclo de vida mediante la adopción de medidas ambientales preventivas en vez de retroactivas.

**Tabla 1. Principales impactos ambientales en el ciclo de vida de las tecnologías industrializadas del concreto**

<b>Ciclo</b>	<b>Aspectos ambientales y acciones</b>	<b>Impactos negativos más comunes</b>
<b>Ciclo I</b> Extracción de materias primas.	Extracción de áridos y otras materias primas. Extracción y procesamiento de minerales. Consumo de energía.	Emisiones atmosféricas de polvo y gases. Ruidos. Contaminación y compactación de suelos Cambio de uso de suelos. Afectaciones a la calidad edáfica y a la biodiversidad.
<b>Ciclo II</b> Transportación de materias primas.	Transportación de materias primas y materiales. Consumo de energía.	Emisiones atmosféricas de polvo y gases. Ruidos. Contaminación por aceites y lubricantes.
<b>Ciclo III</b> Producción de componentes del concreto.	Fabricación de cemento y aditivos. Fabricación del acero. Prefabricación en planta, Vibrado del concreto. Consumo de agua. Consumo de energía.	Emisiones atmosféricas de polvo y gases. Ruidos. Contaminación del suelo por residuos sólidos de la producción. Contaminación del suelo por residuos líquidos.
<b>Ciclo IV</b> Distribución de componentes a plantas y obras.	Distribución de cemento, acero, aditivos, áridos y otros productos Consumo de energía.	Emisiones atmosféricas de polvo y gases. Ruidos. Contaminación por aceites y lubricantes.
<b>Ciclo V</b> Diseño o proyección.	Proyectos estructurales, arquitectónicos y otros. Consumo de energía. Consumo de papel y otros materiales.	Incremento de la generación de residuos sólidos de papel y otros materiales.
<b>Ciclo VI</b> Construcción y puesta en marcha.	Construcción. Izaje de elementos. Consumo de agua. Consumo de energía. Ocupación de suelos.	Emisiones atmosféricas de polvo y gases. Ruidos. Contaminación del suelo por residuos sólidos de la producción. Contaminación del suelo por residuos líquidos. Cambio de uso de suelos. Afectaciones a la calidad edáfica, a la biodiversidad y el paisaje.
<b>Ciclo VII</b> Uso.	Uso de la edificación. Mantenimiento. Reparación de las patologías del concreto. Reparación de terminaciones, redes técnicas, y otros. Consumo de agua. Consumo de energía.	Contaminación por residuos sólidos. Contaminación por residuos líquidos. Ruidos.
<b>Ciclo VIII</b> Demolición. Re-uso. Rehabilitación.	Abandono y demolición. Rehabilitación. Gestión de residuos.	Emisiones atmosféricas de polvo y gases. Ruidos. Contaminación por residuos sólidos. Contaminación por residuos líquidos. Afectaciones al paisaje y personas.

## REFERENCIAS

- Meta K.; Monteiro, P., *Concreto. estructura, propiedades y materiales*, IMCYC, 1998.
- Fernández Canovas, M, *Patología y terapéutica del hormigón armado*, Colegios de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, España, 1994.
- Helene, Paulo, *et.al.*, *Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón*, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Sub-Programa 15 CYTED.
- Schmidt-Bleek, Friedrich, *Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch-Mehr lebensqualitaet durch Faktor 10*, (El concepto MIPS. Menor consumo de naturaleza y mayor calidad de vida mediante el Factor 10), Droemer Verlag. Munich, 1998.
- Weizsaecker, Lovins, “FACTOR 4. Duplicar el bienestar con la mitad de los recursos naturales”, Informe al Club de Roma. Galaxia Gutenberg/Circulo de Lectores, Barcelona, 1997.
- Fernández Alcalá, JM, Conferencias de Ecodiseño aplicado a las Edificaciones en el País Vasco, España, en el Primer Seminario de la Red Latinoamericana Universitaria de Ecodiseño, Sociedad Publica del País Vasco IHOBE-PNUMA, Universidad de Panamá. Ciudad Panamá, 2007.
- ISO 14040 (2005). Norma Internacional. Gestión Ambiental-Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco de Referencia ISO 14040: 1997 (Traducción certificada, IDT).
- ISO 14042 (2000). Norma Internacional. Gestión Ambiental-Análisis de Ciclo de Vida. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (IDT).
- Ruiz, Lourdes, Conferencia sobre ecodiseño y edificaciones sostenibles, en Primer Seminario de la Red Cubana de Ecodiseño, Grupo Nacional de Producción Mas Limpia, CIGEA, INSTEC, La Habana, 2007.
- Mathis, W; Rees, W., *The ecological Footprint. Reducing human impact on the Earth*, The New Catalyst Bioregional Series, New Society Publishers, Columbia Británica, 1996.