

## FORMULACIÓN DE UNA DEFINICIÓN "DIALÉCTICA" DE LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y SUS IMPLICACIONES EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL

### FORMULATION OF A DEFINITION OF "DIALECTIC" OF THE STRUCTURAL ENGINEERING AND ITS IMPLICATION IN THE VOCATIONAL TRAINING

Benítez Reynoso Alberto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Civil, M.Sc., M.E., Ph.D. - Docente Departamento de Estructuras – Carrera de Ing. Civil Facultad de Ciencias y Tecnología - Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho"

**Correo electrónico:** al\_be\_rey@hotmail.com - benitez1@entelnet.bo

#### RESUMEN

Este trabajo de investigación constituye una pequeña parte de los resultados de la Tesis de Doctorado en Ciencias Mención Ingeniería Civil (Estructural) titulada Dialéctica de la Ingeniería Estructural (UNSXX, Convenio Andrés Bello, 2013). Se plantea el problema expresado en términos de rol de la Ingeniería Estructural en la sociedad, la formación actual del Ingeniero Civil y del Ingeniero de Estructuras en relación a su contribución al deterioro del medio ambiente y la calidad de los recursos naturales, se perfila una aproximación genealógica de la dialéctica hasta la propuesta por Hegel, se formula una nueva definición, una definición dialéctica de la Ingeniería Estructural en términos de la triada Tesis-Anfítesis-Síntesis, se precisan algunas de las implicaciones de esta nueva definición en la formación del Ingeniero Estructural y se formulan las conclusiones respectivas.

**Palabras clave:** Ingeniería Estructural, dialéctica, genealogía, formación profesional, currículum.

#### ABSTRACT

This research paper is a small part of the results of Doctoral Thesis in Sciences – Civil Engineering (Structural), titled Dialectics of Structural Engineering (UNSXX, "Convenio Andrés Bello", 2013). The problem is expressed in terms of role of Structural Engineering in the society, the formation of Civil and Structural Engineer related to his contribution to damage of environment and natural resources quality, a genealogy of dialectics is stated as an approximation to the proposed by Hegel, a new definition, a dialectic definition of Structural Engineering is formulated on the dialectics basis, some implications on formation of Structural Engineer are specified and the related conclusions are formulated.

**Key words:** Structural Engineering, dialectics, genealogy, professional formation, curriculum.

#### INTRODUCCIÓN

Las funciones principales de la Ingeniería Estructural y sus protagonista principal, el ingeniero de estructuras, consisten en el estudio, diseño, análisis, cálculo, dirección y construcción de todo tipo de estructuras y sistemas estructurales tales como puentes, edificios, presas, etc. (Benítez, 2008 y 2005).

Casi todos los perfiles profesionales del ingeniero de estructuras, definidos en las instituciones de educación superior, le asignan a este profesional las funciones de planificar, analizar, diseñar, dirigir y construir estructuras, las cuales, compuestas por unidades elementales, forman sistemas estructurales más complejos como los mencionados en el párrafo precedente.

Existe un acuerdo generalizado que las actividades fundamentales del ingeniero civil, dedicado a las estructuras (ingeniero de estructuras), son el análisis y diseño estructuras. Sin embargo, Norris y Wilbur (1982) consideran que el rol fundamental, al menos del ingeniero dedicado a los estudios y proyectos, es el de diseñar estructuras, las que, como paso previo, requieren el análisis.

En general, un plan de estudios de ingeniería civil contempla cuatro grupos de asignaturas, a saber:

- 1) Las asignaturas que corresponden a las ciencias puras o básicas, es decir, física, matemáticas y química.
- 2) Un grupo de ciencias aplicadas, que inician al estudiante en las funciones fundamentales del ingeniero, entre estas se tienen a la mecánica del medio continuo, estática aplicada, resistencia o mecánica de los materiales,

- hidráulica, mecánica de los suelos, teoría de la elasticidad, entre otras.
- 3) Las llamadas asignaturas de especialidad entre las que se encuentran hormigón armado, estructuras metálicas y de madera, puentes, hormigón pre-esforzado y estructuras hidráulicas, para citar algunas.
  - 4) Las asignaturas denominadas complementarias como ingeniería económica, ingeniería legal, urbanismo, sistemas de ingeniería y otras; éstas últimas, como su nombre lo indica, complementan la formación del ingeniero civil y estructural.

Estas asignaturas son una constante, desde hace muchísimos años, prácticamente en los planes de estudios de todas las universidades con diferencias principalmente de forma. Con esta formación, el ingeniero ha diseñado y construido obras desde las más simples hasta las más espectaculares.

Sin embargo, en el contexto descrito y tomando en cuenta el perfil del ingeniero estructural, vigente en la actualidad en casi todas las universidades del planeta, es prudente preguntarse:

La ingeniería estructural y su protagonista principal, el ingeniero de estructuras, además de contribuir al desarrollo de las sociedades, diseñando y construyendo sistemas estructurales simples y complejos, ¿No han contribuido, también, al deterioro del medio ambiente y la disminución de la calidad de los recursos naturales?. ¿Cómo dar un primer paso conducente a reformular los planes de estudios de la Ingeniería Estructural, de manera que, se tenga un perfil del Ingeniero de Estructuras adecuado a los tiempos actuales y que contemple, por ejemplo, el concepto de desarrollo sostenible?.

Naturalmente, las dos preguntas mencionadas tienen que ver con el objeto de estudio, las leyes, los métodos, medios, metodologías, y procedimientos empleados por el Ingeniero de Estructuras para alcanzar sus objetivos, lo cual significa, entre otras cosas, filosofar sobre la Ingeniería Estructural, lo que se hace difícil ante la carencia de escenarios y medios que permitan realizar esta importante tarea.

La problemática planteada nos permite definir los objetivos del presente artículo a saber:

- Formular una nueva definición, una definición "dialéctica" de la Ingeniería Estructural, como un primer paso que conduzca a modificar la formación y, consecuentemente, las funciones de la Ingeniería Estructural.

- Precisar algunas implicaciones de esta nueva definición en el ámbito de la enseñanza de la Ingeniería Estructural y el rol del Ingeniero de Estructuras en el desarrollo de las sociedades.

A decir de Bachelard (1993), "La ciencia, suma de pruebas y de experiencias, de reglas y de leyes, de evidencias y de hechos, necesita, pues, una filosofía con dos polos. Más exactamente, necesita un desarrollo dialéctico, porque cada noción se esclarece en forma complementaria con dos puntos de vista filosóficos diferentes".

La Ingeniería Estructural, compuesta de varias ciencias, tanto puras como aplicadas, además de formar parte de la tecnología, no está fuera de esta afirmación. En este contexto, consideramos que la formulación de una nueva definición de la Ingeniería Estructural, empleando la dialéctica, puede constituir un primer paso relevante conducente provocar reflexiones mucho más profundas.

## APROXIMACIÓN GENEALÓGICA DE LA DIALÉCTICA

En realidad, la genealogía es la acción de indagar sobre los orígenes familiares para establecer un árbol genealógico. Nietzsche utiliza la genealogía para rastrear los orígenes de determinados conceptos, tal es el caso de su "genealogía de la moral", que tiene por objeto demostrar que las opiniones recibidas sobre las fuentes de la moralidad están equivocadas y que, desde el punto de vista histórico, conceptos tales como la bondad moral, la culpabilidad, la piedad y la abnegación se han originado a partir de sentimientos rencorosos contra los demás o contra uno mismo. (Nietzsche, 2007). Posteriormente, Foucault (2008), retoma la genealogía de Nietzsche y expone cómo la genealogía es un estudio de archivos y documentos que busca en una historia no lineal y discontinua, la forma como esta se reescribe a sí misma.

Con ese marco referencial, se expone, a continuación, una aproximación genealógica, breve, de la dialéctica, basada en Rod (1977), Hegel (2000, 1987, 1986), Engels (1978), Gadamer, 2007 y Lefèbvre (1999).

Podemos comenzar estableciendo que la dialéctica es un proceso en el cual se suponen dos protagonistas, que pueden ser dos principios, dos conceptos, dos fenómenos, dos términos o dos actividades. Un rastreo sobre el comienzo de la dialéctica nos lleva a establecer que, desde un punto de vista histórico y en su significación más concreta, comprende las acepciones que se sintetizan en los párrafos que siguen.

Para Platón la dialéctica, derivada de diálogo, es un método inductivo y sintético, una especie de técnica de investigación, que se realiza por medio de cierta colaboración entre dos o más personas, porque la filosofía para Platón no es precisamente un asunto privado, sino la obra de un grupo de hombres que discuten problemas fundamentales. Así pues, corresponde al punto más elevado en que puede llegar una investigación bien dirigida. Platón afirma en *La República* la naturaleza de la dialéctica, concibiéndola como un procedimiento que se remonta a la idea, como punto de partida que ha de finalizar en la conclusión. Lo anterior corresponde al primer momento del proceso dialéctico platónico, que consiste en compactar en una sola idea o noción aquello que resulta disperso o contradictorio, para después definir la idea precisa y hacerla susceptible de comunicarse. El segundo proceso, desarrollado en detalle en los diálogos posteriores como *El Fedro* o *El Sofista*, corresponde al método de la división, que consiste en dividir sucesivamente la idea en todas sus vertientes posibles, evitando la confusión entre formas distintas. La caracterización más simple de la dialéctica platónica es aquella en la que, una vez definida la idea, se separa ésta en dos partes (derecha e izquierda), cada una caracterizada por la presencia o la ausencia de un determinado carácter; sucesivamente ambas partes se dividen a su vez en derecha e izquierda, deteniéndose el procedimiento en un punto determinado.

En la filosofía de Aristóteles la dialéctica presenta a la pregunta como alternativa; llama silogismo dialéctico a aquél que parte no de premisas verdaderas sino probables, que son generalmente admitidas. Para Aristóteles, el precursor de esta concepción era Zenón de Elea, en su tesis sobre la refutación del movimiento. A nivel histórico tal concepción sería un tanto olvidada por la Escolástica temprana hasta el siglo XII; ejemplo de esto son las concepciones de Pedro Hispano o Juan de Salisbury, que ven a la dialéctica como "ciencia de las cosas probables". Pero sería Kant el que habría de retomar tal concepción, presente en su *Crítica de la razón pura* (Dialéctica trascendental), y que corresponde a una "lógica de la apariencia", pues según él ésta se fundamenta en principios subjetivos, haciéndolos parecer por objetivos, pues como dejó ver en su obra: todo juicio sintético a priori es indemostrable, además de entender a la dialéctica como un procedimiento sofístico.

Los Estoicos consideraban a la dialéctica como aquella parte de la lógica que no es retórica, la cual apelaba al razonamiento para a partir de lo más comprensible, hacer claro lo no comprensible.

Así, la dialéctica se entendía como aquella ciencia de la discusión recta, donde la demostración consiste en servir a las cosas más comprensibles para explicar las menos comprensibles. Para los Estoicos, la base de una demostración se apoya en los razonamientos anapodícticos (los no demostrables), los cuales son inmediatos, es decir, un razonamiento anapodíctico corresponde a la base de los demás razonamientos. Además, todo razonamiento era para los estoicos aquel que consta de premisas y de conclusión, siendo en sí mismo un silogismo, pues a su vez, la lógica la entendían como la teoría de los signos y de las cosas significadas. Incluso Cicerón adoptaría este sentido de la dialéctica, pues la entendía como el arte de definir, aclarar, distinguir, para finalmente obtener una regla que juzgue lo verdadero de lo falso.

Así, se llega a la síntesis de los opuestos. Este principio ya había sido establecido por Fichte (el Yo y el No-yo como opuestos), pero sería desarrollado por Hegel, para el cual la dialéctica es la naturaleza misma del pensamiento. "En su carácter peculiar, la dialéctica es, por el contrario, la propia y verdadera naturaleza de las determinaciones intelectuales de las cosas y de lo finito en general." Es, por tanto, la resolución de las contradicciones, en la que queda envuelta la realidad finita, que es objeto del entendimiento; así, la naturaleza de la realidad es dialéctica. "La dialéctica forma, pues, el alma motriz del progreso científico, y es el principio por el cual solamente la conexión inmanente y la necesidad entran en el contenido de la ciencia...". Porque aquello que resulta de la dialéctica no son conceptos abstractos, sino "pensamientos concretos", es decir, realidades verdaderas y propias.

Hegel distingue tres momentos del proceso dialéctico: momento intelectual (donde se está en posesión de un concepto "abstracto y limitado"), momento dialéctico (supresión del concepto, considerado finito, dando paso a su opuesto), y momento especulativo o positivo (la síntesis de las dos determinaciones u opuestos); los cuales corresponden a tesis, antifétesis y síntesis, respectivamente. Finalmente, cabe resaltar que Hegel tuvo su antecedente en Heráclito, para el cual lo absoluto corresponde a la "unidad de los opuestos", como una realidad objetiva o "inmanente al objeto". Basta señalar aquí que la dialéctica de Hegel es una dialéctica de esencias; por algo es una ontología que disuelve la esencia en la unidad de lo idéntico y lo no-idéntico (el ente y el no-ente), pero toda ontología mantiene un carácter que la hace estar exenta de justificación, que rehúye en cierta forma el problema del

conocimiento. “Sin embargo, Hegel como Kant y toda la tradición, incluido Platón, toma partido por la unidad. La negación abstracta de ésta tampoco cuadra con el pensamiento.” (Adorno, 2011: 153). No cuadra con el pensamiento pues la no-identidad es la diferencia de la identidad, no su contraria, por algo no son sustantivos, sujetos opuestos, y así, no hay síntesis, en la visión de Hegel.

Puesto que la metodología usada en este artículo se sustenta en la Tesis-Antítesis-Síntesis, nuestra breve genealogía de la dialéctica termina aquí. Sin embargo, debemos establecer con claridad que, posteriormente llega la dialéctica tal y como fue concebida por Marx y Engels, particularmente la referida a las tres leyes (ley de la cualidad y la cantidad, ley de interpenetración de contrarios y ley de negación de la negación), así como los conceptos acuñados por Adorno (2011) y Horckheimer y Adorno (1998) en sus dialéctica negativa y dialéctica de la ilustración, respectivamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la formulación de la nueva definición de la Ingeniería Estructural, se ha usado el método dialéctico de Hegel, que se sintetiza en los párrafos siguientes.

¿Cuál es el método dialéctico?, ¿en qué consiste o cómo es el movimiento racional por el que la Idea se desarrolla?. Sintetizamos, a continuación, el método dialéctico, basado en la Tesis-Antítesis-Síntesis, tal y como fue concebido por Hegel (Valverde, 1979).

Para Hegel, el encadenamiento lógico entre los momentos de la realidad (que también llama esencias) consiste en una disposición ternaria tal que dos esencias contrarias se atraen o se implican necesariamente la una a la otra, y de ello resulta la existencia de una tercera, que contiene de modo superior y eminente, la perfección de las dos primeras, después de haberlas superado. Luego, el proceso vuelve a comenzar para esta tercera esencia que implica también otra esencia contraria suya, forma de ambas otra superior y así sucesivamente. Es lo que Hegel llama movimiento “dialéctico” o “especulativo”. Los dos primeros momentos o esencias se corresponden con dos conceptos (equivalentemente dos realidades) frente a frente: **tesis y antítesis**. Pero, ambos se necesitan porque se complementan y por eso se reclaman y se exigen mutuamente, tienden a fundirse y reconciliarse y, al hacerlo, resulta un nuevo concepto (una nueva realidad) que comprende los conceptos (las realidades)

anteriores en un tercer término, más rico que los dos anteriores. Es la **síntesis**. Esta a su vez se hará tesis, porque a ella, por ser también limitada, se le opondrá una negación o antítesis; de ambas surgirá una nueva síntesis y así sucesivamente. Se puede decir que la tríada tesis-antítesis-síntesis significa una acción que es suprimir-conservar-elevar, de forma que el término resultante de la acción es más rico que los anteriores y los conserva elevados después de negarlos. Así pues, nada se pierde; todo se conserva y se sublima.

Invirtiendo la postura de Hegel, Marx construye una dialéctica en torno a la materia (no a la idea), cuya finalidad no es la simple teorización y justificación de la realidad, sino su transformación. Así como Marx había buscado las leyes que explican la historia humana (materialismo histórico), Engels busca las leyes generales que dan inteligibilidad a las ciencias de la naturaleza (materialismo dialéctico).

Para Engels no basta concebir la dialéctica como constituida por la tríada: tesis-antítesis-síntesis. La dialéctica se fundamenta en tres leyes, elaboradas por Engels en su materialismo dialéctico, que no son empleadas en este trabajo.

En todo caso, sabiendo que estas tres leyes de la dialéctica permiten la interpretación de muchos fenómenos, problemas y principios de la Ingeniería Estructural, en este trabajo se usa, como método, solamente la dialéctica según la tríada TESIS-ANTÍTESIS-SÍNTESIS, resumida más arriba.

## RESULTADOS: DEFINICIÓN “DIALÉCTICA” DE LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL

Cuando realizamos una caracterización de la Ingeniería estructural, con matiz filosófico (Benítez 2005 y 2001), uno de los elementos fundamentales que abordamos fue la definición de la Ingeniería Civil y, como parte de ella, de la Ingeniería Estructural. Después de analizar profundamente esta rama de la Ingeniería, reflexionar sobre su papel en la práctica histórico-social en relación a la respuesta a las diferentes demandas de la humanidad a lo largo de la historia, sus métodos propios para diseñar, la práctica en concebir y materializar (construir) estructuras, su posición en el contexto científico y otros aspectos inherentes a su filosofía, además de asociarla con las leyes de la dialéctica, presentamos, a continuación, las definiciones de la Ingeniería Estructural en términos dialécticos, particularmente usando la tríada que se conoce con el nombre de TESIS - ANTÍTESIS - SÍNTESIS.

La Ingeniería Civil es, sin lugar a dudas, la más antigua, la más universal, la más clásica y la más relacionada con la sociedad de todas las ramas de la Ingeniería. La Ingeniería Estructural, una rama de la Ingeniería Civil, puede definirse, como una ciencia aplicada porque aplica fundamentalmente las leyes de la mecánica, pero, al mismo tiempo es una tecnología porque utiliza el conocimiento científico, agregando nuevos conocimientos, para planear acciones de interés social utilizando criterios de optimización, es decir, máximo aprovechamiento y seguridad a costo mínimo. Estas acciones consisten en el estudio, diseño, análisis, cálculo, dirección y construcción de todo tipo de estructuras y sistemas estructurales, desde los más simples hasta los más complejos, tales como puentes, edificios, presas, muros de sostenimiento, estructuras de pavimentos, depósitos, teleféricos, etc. (Benítez, 2005 y 2001). Esta es una definición que refleja el pensamiento actual sobre la rama de la ingeniería que estamos tratando y que llamaremos TESIS, en términos dialécticos.

Ahora bien, para nadie es desconocido que una parte muy importante de los problemas medioambientales, en relación a su deterioro, han sido generados por la construcción de obras públicas y privadas tales como presas, carreteras, edificios, etc., dentro de las cuales, la Ingeniería Estructural y los sistemas estructurales inherentes juegan un rol fundamental. Lo mismo se puede decir de la preservación de los recursos naturales y la biodiversidad, que están absolutamente relacionados con el medio ambiente y sus diferentes componentes.

Una pregunta muy importante con relación a las estructuras y sistemas estructurales, como objetos de la Ingeniería Estructural, es la siguiente:

¿Cuánto contamina una estructura o un sistema estructural de Ingeniería Civil?

Habitualmente se tiene la idea de que un sistema estructural (puente, edificio, presa, etc.) contamina más a lo largo de su vida útil que durante sus diferentes fases o etapas de construcción. La mayor parte de las normas y códigos de diseño y construcción se concentran en la etapa de la vida útil de la estructura, dejando de lado la tecnología y los procesos constructivos. Por cada metro cuadrado habitable construido en un edificio convencional se requieren aproximadamente 2.3 toneladas de materiales y, cuando se consideran los recursos afectados por el proceso de fabricación de los materiales esta cifra se triplica (Álvarez, 2009).

Los estudios LCA (Life Cycle Assessment) realizados sobre una edificación han arrojado resultados importantes; así, se establece que la cantidad de energía necesaria para construir una edificación varía desde un 2% hasta un 46%. Estos datos reflejan que el proceso de construcción de una edificación no debe ignorarse ni evitarse en el momento de la Evaluación de los Impactos Ambientales (Zabala, I.; Aranda, U. y Scarpellini, S.; 2009).

En el contexto sintetizado en los párrafos que preceden, planteamos, como ANTÍTESIS, la siguiente definición:

La Ingeniería Estructural, una rama de la Ingeniería Civil, puede definirse, como una ciencia aplicada porque aplica fundamentalmente las leyes de la mecánica, pero, al mismo tiempo es una tecnología porque utiliza el conocimiento científico, agregando nuevos conocimientos, para planear acciones de interés social utilizando criterios de optimización, es decir, máximo aprovechamiento y seguridad a costo mínimo. Estas acciones consisten en el estudio, diseño, análisis, cálculo, dirección y construcción de todo tipo de estructuras y sistemas estructurales, desde los más simples hasta los más complejos, tales como puentes, edificios, presas, muros de sostenimiento, estructuras de pavimentos, depósitos, teleféricos, etc., que afectan negativamente a la naturaleza y contaminan el planeta, de manera que se hace inútil y dañino para la vida humana y las demás formas de vida.

A partir de la incorporación de la dimensión ambiental en el diseño y ejecución de los proyectos de desarrollo, como los mencionados en el párrafo precedente, la decisión de los gobiernos de los países del planeta de proteger el medio ambiente y los recursos naturales de la tierra, mediante acuerdos adoptados en sendos eventos de carácter internacional y multilateral, surgen una serie de filosofías, doctrinas, metodologías, criterios, normas legales, etc., que tienden a minimizar los impactos negativos en el medio ambiente por parte de las obras públicas y sistemas estructurales, tomando en cuenta, como elemento fundamental de un proyecto de desarrollo, el concepto y principios del llamado desarrollo sostenible. Es así, que a lo largo de los últimos años se han desarrollado guías e instrumentos para evaluar la contaminación ambiental provocada por los sistemas estructurales y sus procesos constructivos.

Algunos países han dado pasos importantes sobre la Evaluación de los Impactos Ambientales provocados por las estructuras de construcción. Por ejemplo, la norma española EHE 08 incluye

un anejo exclusivo dedicado a la evaluación de la sostenibilidad de las estructuras. Esta norma establece los criterios y metodologías para la determinación de ICES (Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad), a partir del llamado ISMA (Índice de Sensibilidad Medioambiental) y provee los procedimientos necesarios para realizar los cálculos. Al tratarse de estructuras de hormigón armado, considera los siguientes aspectos o elementos componentes de una estructura de este tipo: características medioambientales del hormigón, características medioambientales de las armaduras (acero), optimización del armado de los elementos, optimización ambiental del acero, nivel de control de la ejecución, empleo de áridos reciclados, optimización del cemento, optimización del hormigón, medidas específicas para el control de los impactos, medidas específicas para gestionar los residuos y medidas específicas para gestionar el agua.

Hay otros desarrollos teórico-metodológicos importantes con relación a las estructuras de otros materiales tales como el acero, por ejemplo, Gervásio (2008) se refiere a la sustentabilidad del acero y las estructuras metálicas, haciendo un análisis coherente sobre la construcción sustentable, los materiales de construcción, la energía consumida por el proceso de fabricación del acero, los impactos ambientales producidos por este material, las estrategias de preservación ambiental y establece herramientas para la evaluación de la sustentabilidad, aplicando las mismas a casos de la realidad práctica concreta.

En fin, en el ámbito de la construcción de sistemas estructurales, se puede afirmar, sin lugar a dudas, que los desarrollos metodológicos respecto a la evaluación de impactos ambientales y las medidas para su mitigación, son relativamente nuevos y se esperan importantes avances en el futuro.

En el caso boliviano, si bien no existen guías, normas u otros instrumentos específicos, relativos a la evaluación de impactos ambientales generados por las estructuras de construcción, la Ley 1333 y sus reglamentaciones específicas, establecen con claridad las fases y elementos inherentes a la gestión ambiental de las actividades, obras y proyectos. Concretamente, estos instrumentos legales indican que ninguna actividad, obra o proyecto puede iniciarse sin contar con la licencia ambiental correspondiente. Otro instrumento legal importante es la ley No 300 del Estado Plurinacional de Bolivia o "Ley marco de la madre tierra y desarrollo integral para vivir bien".

En ese marco, formulamos una nueva definición de Ingeniería Estructural, que considere, como SÍNTESIS de las dos anteriores (TESIS y ANTÍTESIS), los aspectos mencionados, particularmente el concepto de desarrollo sostenible.

La Ingeniería Estructural, una rama de la Ingeniería Civil, puede definirse, como una ciencia aplicada porque aplica fundamentalmente las leyes de la mecánica, pero, al mismo tiempo es una tecnología porque utiliza el conocimiento científico, agregando nuevos conocimientos, para planear acciones de interés social utilizando criterios de optimización, es decir, máximo aprovechamiento y seguridad a costo mínimo. Estas acciones consisten en el estudio, diseño, análisis, cálculo, dirección y construcción de todo tipo de estructuras y sistemas estructurales, desde los más simples hasta los más complejos, tales como puentes, edificios, presas, muros de sostenimiento, estructuras de pavimentos, depósitos, teleféricos, etc., destinados a satisfacer las demandas de las sociedades actuales, preservando las necesidades de las sociedades futuras y minimizando las afectaciones e impactos al medio ambiente y los recursos naturales.

De esta manera, esta última definición de la Ingeniería Estructural considera y fusiona las dos primeras y las supera en los términos de la dialéctica. Lo más probable es que esta nueva definición, cambie gradualmente o repentinamente con el tiempo, cuando los paradigmas o modelos de la Ingeniería Estructural, además de los materiales, teorías, metodologías, etc., también experimenten revoluciones tal como establece la propia dialéctica.

Es decir, esta última definición probablemente sea la TESIS de una próxima ANTÍTESIS, lo que ha de generar una nueva síntesis y así sucesivamente continúa el movimiento o desarrollo del pensamiento en función del desarrollo de la práctica histórico-social concreta.

## IMPlicACIONES EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL

Una vez alcanzado el primer objetivo, a saber: formular una nueva definición, una definición dialéctica de la Ingeniería Estructural, corresponde, ahora, precisar algunas de las implicaciones que tendría esta nueva definición en el ámbito de la formación profesional.

El término "currículum", muy usado en el campo educativo tiene, en la actualidad más de cien definiciones, que reflejan diferentes visiones sociopolíticas de la educación, de la institución

educativa, del conocimiento, del cambio social, así como de la manera de entender la relación entre la teoría educativa y la práctica pedagógica. La polisemia del término se refleja en su uso indistinto para referirse a planes de estudio, a programas docentes, a su instrumentación didáctica, entre otros. En todo caso, el currículum se identifica con los objetivos de la enseñanza, el plan de estudios, el contenido y todo lo que ocurre en la realidad educativa (González, et. al, 2003).

Una de las propuestas de definición establece al término "currículum" como "un proyecto de formación y un proyecto de realización a través de una serie estructurada y ordenada de contenidos y experiencias de aprendizaje, articulados en forma de propuesta político-educativa que propugnan diversos sectores sociales interesados en un tipo de educación particular, con la finalidad de producir aprendizajes que se traduzcan en formas de pensar, sentir, valorar y actuar frente a los problemas complejos que plantea la vida social y laboral en un país determinado" (González, O., 1995).

Sin hacer referencia a los múltiples y complejos factores que inciden en su planeación y diseño, diremos que, el diseño curricular se concreta en tres momentos fundamentales, a saber: el perfil profesional, el plan de estudios y los programas docentes. Estos tres momentos que reflejan niveles de generalidad diferente en la planificación curricular desde un nivel macro hasta el diseño a nivel micro de una asignatura y clase concreta, se encuentra en la literatura denominada de manera diversa, así como los encargados de su diseño varía según las políticas educativas de cada país (González, et. al, 2003). Así por ejemplo, en el caso boliviano, las Universidades públicas gozan de autonomía para definir y aprobar sus planes de estudio, objetivos y contenidos, que, en algunos casos se divorcian casi totalmente de la realidad nacional, en tanto que, las Universidades privadas se hallan reguladas por el Gobierno a través del Ministerio de Educación.

Ahora bien, cuando formulamos una nueva definición de la Ingeniería Estructural, en los términos que plantea la SÍNTESIS, lo que en realidad estamos proponiendo es un cambio fundamental en los tres factores fundamentales, mencionados en el párrafo precedente, que hacen al currículum, como son el perfil profesional, el plan de estudios y los programas docentes.

Basta analizar los contenidos de cada una de las tres definiciones de la Ingeniería Estructural (Tesis-Antítesis-Síntesis) para establecer con meridiana

claridad que, con la nueva definición (Síntesis) se pretende una Ingeniería Estructural compatible con la conservación de la "Madre Tierra", filosofía del Estado Plurinacional de Bolivia.

Evidentemente, las pretensiones de cambio, a través de la nueva definición, basada en la dialéctica, como un primer paso, deben ser objeto de profundas reflexiones, discusiones, consensos y decisiones, los cuales exceden los alcances de este artículo.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- Se han alcanzado los dos objetivos formulados, que consisten en la propuesta de una definición dialéctica de la Ingeniería Estructural y la precisión de algunas de sus implicaciones en la formación profesional.
- No se puede dejar de mencionar la importancia del uso de la dialéctica en la interpretación de los problemas, principios y fenómenos de la Ingeniería Estructural, que, si bien en este caso se ha empleado solamente la dialéctica expresada en términos de la triada Tesis-Antítesis-Síntesis, en otros fenómenos, se pueden utilizar otras categorías de la dialéctica para su interpretación. Así, las tres leyes de la dialéctica, formuladas por Engels, han sido usadas para interpretar varios fenómenos, procesos, métodos y principios de la Ingeniería Estructural (Benítez, 2013).
- Sería absolutamente útil, desde nuestro punto de vista, incorporar a la formación profesional del Ingeniero Civil en general e Ingeniero de Estructuras en particular, tópicos relacionados con la filosofía, concretamente nos inclinamos por la filosofía dialéctica, dada su utilidad ya referida.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adorno, Th.W. (2011). Dialéctica negativa. Akal, Madrid.
- Álvarez, C. (2009). Lo que contamina un ladrillo. El País, Madrid.
- Bachelard, G. (1993). La filosofía del no. Amorrortu Editores, Buenos Aires.
- Benítez, A. (2013). Dialéctica de la Ingeniería Estructural. Tesis de Doctorado en Ciencias – Mención Ingeniería Civil (Estructural), Universidad Nacional de Siglo XX, Instituto Internacional de Integración-Convenio Andrés Bello, La Paz.
- Benítez, A. (2008). Filosofía de la ingeniería estructural; una aproximación. XX Jornadas argentinas de ingeniería estructural, Buenos Aires.
- Benítez, A. (2008). Dialéctica de la ingeniería

estructural con particular referencia a la resistencia de los materiales. XX Jornadas argentinas de ingeniería estructural, Buenos Aires.

- Benítez, A. (2005). Modelo didáctico para la asignatura "mecánica de materiales" a partir de la teoría de la actividad y de la dialéctica de las estructuras mecánicas elementales. Tesis de M.Sc., Universidad de La Habana y Universidad Autónoma J.M. Saracho, Tarija (Bolivia).
- Engels (1978). Dialéctica de la naturaleza. Akal, Madrid.
- Foucault, M. (2008). Nietzsche, la genealogía, la historia. Editorial Pre-Textos, Valencia.
- Gadamer, H.G. (2007). La dialéctica de Hegel. Cátedra – Teorema, Madrid.
- Gervásio, H. (2008). La sustentabilidad del acero y las estructuras metálicas.
- González, et. al (2003). Currículum y formación profesional. Departamento de Ediciones e Imprenta, CUJAE, La Habana.
- González, O. (1995). Currículo: diseño, práctica y evaluación. CEPES, La Habana.
- Hegel, G.W.F. (2000). Enciclopedia de las ciencias filosóficas. Casa Juan Pablos, México.
- Hegel, G.W.F. (1987). Fenomenología del espíritu. F.C.E., México.
- Hegel, G.W.F. (1986). Ciencia de la lógica. Ediciones Solar, Buenos Aires.
- Horkheimer y Adorno (1998). Dialéctica de la ilustración. Editorial Trotta, Madrid.
- Lefèbvre, H. (1999). El materialismo dialéctico. Psikolibro, www.elaleph.com.
- Ministerio de Fomento de España (2011). Instrucción del hormigón estructural EHE-08. Centro de Publicaciones-Secretaría General Técnica-Ministerio de Fomento, Madrid.
- Nietzsche, F. (2007). Genealogía de la moral. Mestas Ediciones, Madrid.
- Norris y Wilbur (1982). Análisis elemental de estructuras. McGraw Hill, México.
- Rod, W. (1977). La filosofía dialéctica moderna. Ediciones Universidad de Navarra, S.A., Pamplona.
- Valverde, C. (1979). El materialismo dialéctico. Espasa – Calpe, S.A., Madrid.
- Zabala, I.; Aranda, U y Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: state of the art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment, 2510-2520. USA.