



# Resignificación de fenómenos de variación y cambio. El uso de la linealidad en contextos ingenieriles

## Resignification of phenomena of variation and change. The use of linearity in engineering contexts

Isabel Tuyub Sánchez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas, Anillo Periférico Norte tablaje 13615, Chuburná de Hidalgo, 97119 Mérida, Yucatán, México.*

*\*Corresponding author:  
isabel.tuyub@correo.uady.mx*

**Resumen:** Se identifica a la linealidad en dos contextos de ingeniería, de construcción y ambiental, mediante el uso de gráficas de variación y cambio. Se emplea la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa para inferir las tareas en las que se pueda apreciar las significaciones asociadas a la linealidad. Se concluye que la linealidad es una cualidad que puede usarse en fenómenos de corte ingenieril y encontrarla en contextos profesionales o científicos que involucran fenómenos no necesariamente lineales. los contextos presentados otorgan un nuevo significado que aporta a la epistemología de la linealidad.

**Palabras claves:** Linealidad, resignificación, variación y cambio, ingeniería.

**Abstract:** Linearity is identified in two engineering contexts, construction and environmental, using

graphs of variation and change. The Socioepistemological Theory of Educational Mathematics is used to infer the tasks in which the meanings associated with linearity can be appreciated. It is concluded that linearity is a quality that can be used in engineering phenomena and finding it in professional or scientific contexts that involve phenomena that are not necessarily linear. The context presented give new meaning that contributes to the epistemology of linearity.

**Keywords:** Linearity, remaining, variation and change, engineering.

### I. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de variación y cambio son fenómenos presentes en nuestra cotidianidad, basta con realizar preguntas como ¿Qué cambia? ¿respecto a qué? ¿cómo cambia? ¿Por qué? ¿cuánto cambia? Esta última

pregunta está asociada a su medición. En la enseñanza de la ingeniería se acostumbra a medir el cambio, por ejemplo, cuando se abordan temas de cálculo. Sin embargo, a pesar de ello, cuando se enfrentan a la vida profesional y más aún en el área científica, las derivadas, las integrales, los límites, entre otros objetos matemáticos, no aparecen explícitos para ser resueltos y no evocan razonamientos asociados a lo que estos conceptos deben ofrecer para su desenvolvimiento en la vida profesional.

En cambio, el desarrollo del pensamiento y lenguaje variacional permite a los estudiantes fijarse en la cuantificación del cambio en prácticas socialmente compartidas en el contexto en el que se desarrolla y determinar las variables involucradas en fenómenos de variación y cambio. Cantoral nos sugiere enfocar la enseñanza en el pensamiento matemático y no en los objetos ya que nos permite generar nuevas oportunidades para el aprendizaje de las matemáticas:

La enseñanza de las matemáticas sacaría provecho de las investigaciones sobre el desarrollo del pensamiento matemático y sobre las formas en que se concibe la construcción social del conocimiento matemático. En la enseñanza usual, estos hechos suelen ser desconocidos tanto por los profesores como por los diseñadores de currículos o los propios autores de textos escolares, de manera que se corre el riesgo de perder un enorme espectro de posibilidades para enriquecer la acción didáctica. (Cantoral, s.f., p.4).

Pero ¿cómo podemos desarrollar este pensamiento? ¿cómo siendo el profesor puedo apoyar a mis estudiantes? Una opción podría ser estudiar la epistemología de los conceptos matemáticos que emplean la variación y el cambio... aunque en esta parte sería preguntarnos ¿cuáles son suficientes para un desarrollo profesional y científico? ¿qué matemática emplean los ingenieros en los problemas que se enfrentan fuera del aula? Dado que estas preguntas pueden ser respondidas desde varios frentes, este escrito se enfocará a variaciones y cambios lineales, como un primer acercamiento a responder estas cuestiones.

Por tanto, el objetivo de este escrito consiste en explorar nuevas significaciones (resignificaciones) de las gráficas analizando dos contextos de ingeniería, tomados de un

artículo de ingeniería en construcción sobre resistencia de materiales y de un trabajo de maestría de ingeniería ambiental sobre la eficiencia de dos absorbentes para remover la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y el color en lixiviados, en los que se indagan fenómenos de variación y cambio lineales. Con ello, se pretende lograr una reflexión sobre la necesidad de explorar nuevos escenarios para identificar qué es lo que realmente le es útil a un ingeniero y cómo considerarlo de alguna manera como parte de las estrategias didácticas en el aula.

## II. MARCO TEÓRICO - METODOLÓGICO

Mendoza-Hilguera, Cordero, Solís y Gómez (2018) han identificado que no hay una relación directa entre lo que se enseña en la escuela y lo que se emplea en el ámbito profesional. Sin embargo, como docentes e investigadores, no podemos trivializar el problema al creer que, si enseñamos de forma más dinámica los conceptos matemáticos basta, ya que en la realidad sabemos que esto no ha resuelto el problema; se cree es necesario reflexionar sobre el trasfondo de éste: su epistemología, entender su significado para el cuál podemos usarlo.

Si se toma una parte esencial de las asignaturas de ingeniería como es el estudio del cambio y se analiza su epistemología, estudios han considerado al respecto que “el estudio del cambio a través de la variación es justamente de lo que se ocupa el pensamiento y el lenguaje variacional” (Cantoral, 2019, p.58).

Por tanto, si se quiere entender cómo vive la matemática que se usa fuera del aula, en un escenario especializado, la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa (TSME) (Cantoral, 2016) es candidata, ya que en esta teoría se sugiere centrarse en la construcción social del conocimiento matemático basándose en prácticas más que en conceptos, en el que la epistemología del saber no es sólo considerar el origen histórico, sino contextual, lo que nos permite incorporar escenarios profesionales, ya que permite entender su origen y su necesidad de uso en los grupos humanos.

En la TSME, el uso de las gráficas se infiere por medio del *funcionamiento* y *forma* de las gráficas a analizar (Suárez y Cordero, 2008). En primero es el para qué sirve la gráfica y quien la emplea, mientras que la segunda no sólo se refiere a la apariencia perceptible, sino también el cómo se usa. Éstos entran en constante interacción, al grado de fusionarse para incluso mostrar

nuevos significados del objeto, a esto se le llama resignificación del saber matemático en cuestión.

Dentro de esta teoría, también, Caballero y Cantoral (2019) han estudiado aspectos de variación y cambio, en el que destaca algunos como los son: diferencia entre estados, órdenes de variación, variación sucesiva, carácter estable del cambio, variación acotada, por mencionar algunos. Se concuerda que cambio es toda modificación del valor de una variable, percibida por nuestros sentidos, es algo concreto, en cambio la variación es abstracta, implica inferir propiedades y características del cambio; por ejemplo, la cuantificación del cambio es parte de la variación.

La TSME apoya metodológicamente en identificar las prácticas de referencia para entender qué cambia en ciertos escenarios ingenieriles (Cantoral, 2016) y dentro de ellas existen actividades o tareas claves, en la que se realiza cierto uso de algún saber. En particular se elige estudiar el uso de gráficas de variación y cambio lineal en productos escritos de investigaciones: un artículo de ingeniería en construcción sobre la elasticidad de muros de concreto y una tesis de maestría del área de ingeniería ambiental sobre la eficiencia de dos absorbentes para remover la DQO y el color en lixiviados.

Para armar los ejemplos se apoyó del esquema metodológico de Montiel y Buendía (2012), que permite la identificación de dos tareas claves en el que se analizarán el uso de las gráficas de variación y cambio lineal para identificar nuevas significaciones que poseen una justificación funcional que demanda el ámbito ingenieril.

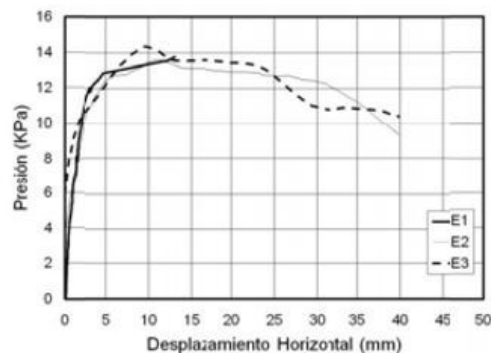
#### A. Uso de las gráficas con variación y cambio en dos escenarios de ingeniería

##### (a) Determinación de la elasticidad para muros de concreto

Para el área de ingeniería en la construcción, Varela, Navarrete, Fernández y Moreno (2010) presentan un artículo cuyo objetivo es determinar la resistencia a tensión de tres muros de mampostería (denominados especímenes E-1, E-2, E-3) construidos bajo las mismas condiciones, de acuerdo con las normas técnicas de mampostería del Distrito Federal ya que no existen normas propias de la región yucateca. Para el estudio, los tres especímenes son sometidos a presiones perpendiculares a su plano utilizando una grúa con peso

se toman datos experimentales y se observa su comportamiento ante esta presión.

En los resultados de la investigación, se utiliza la gráfica de la Figura 1 que tienen como eje horizontal el desplazamiento del muro, medido en milímetros, y como eje ordenado la presión a la que se le somete a los muros controlada por el investigador, medida en *Kilo Pascales* (KPa). Se presentan tres curvas, la línea gruesa representa el comportamiento de la resistencia del primer muro (E1), la delgada para el segundo (E2) y las punteadas del tercero (E3). Se aprecia que un desplazamiento horizontal es el ritmo que sigue la recta con respecto a la presión; en ese sentido, nótese que la posición de los ejes es distinta a la escolar lo que no se puede controlar o la variable independiente se localiza en el eje vertical, y la variable dependiente el desplazamiento.



Curvas presión – desplazamiento horizontal para los tres especímenes  
Figura 1. Curvas de presión desplazamiento identificadas en los resultados de la investigación de ingeniería. Fuente: Varela, et al. (2010).

Un desplazamiento horizontal, en el sentido de los autores, indica la elasticidad que presenta el muro, es decir, que existe una deformación, pero no un agrietamiento; si en la gráfica la pendiente se mantiene constante es porque la deformación del muro no ha alcanzado su límite elástico, o sea, aun no se rompe. En el momento en que la curva presenta un cambio de pendiente se infiere un agrietamiento, un segundo cambio de la pendiente espera otro agrietamiento aun mayor que el anterior, alude a un rompimiento del elemento. Cabe aclarar, que los investigadores, no mencionan cambios de pendiente en su texto, sino que miran visualmente las grietas del muro y cuando requiere determinar el instante ocupan las gráficas de la Figura 1 y mencionan “Se consideró que la presión de

agrietamiento corresponde a la intersección de las dos líneas” (p. 158), es decir los “picos”. Si se mira globalmente a la curva continua se verá formada por segmentos de recta, cada segmento posee su propia pendiente, al haber muchos momentos de éstos denuncia muchos agrietamientos. El primer pico denota un fallo total del elemento sometido a presión; es el momento en el que el investigador desiste de aplicar presión al muro.

Para el análisis se estudió la gráfica de presión-desplazamiento horizontal para los tres muros, utilizada para determinar el instante en que ocurrió la primera grieta debido a que visualmente es posible determinar el instante y luego analizarlo con exactitud con datos numéricos. Esta decisión fue en función de que por medio de lo que se dice en Varela et al. (2010) fue una gráfica detonante para la elección de la gráfica del muro E3. Para poder estudiar lo comentado en el párrafo anterior, ampliamos visualmente la imagen, la enmarcamos y remarcamos los datos de interés y generamos la Figura 2.

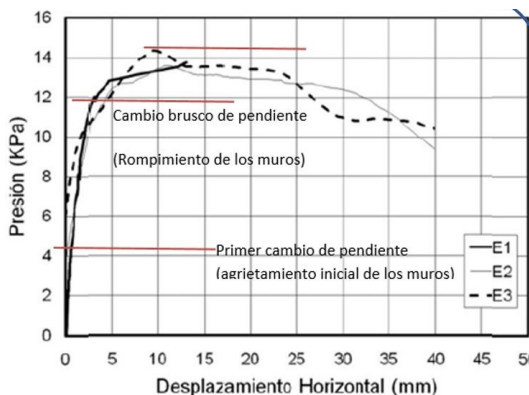


Figura 2. Curvas de presión-desplazamiento horizontal para tres especímenes (muros). Mide deformación. Fuente: Varela, et al. (2010) con señalamientos propios.

En la Figura 2 la linealidad de la primera parte de las curvas indica la zona de elasticidad del material, es decir que no ha habido agrietamiento sino solo deformación y que podría volver a su forma original. Además, el experimento no acaba en el instante en que se cree que se agrietó, sino hasta el momento en que físicamente se rompe el muro: “Debido a que fue difícil determinar el instante al cual ocurrió la primera grieta, se determinaron nuevas presiones de agrietamiento utilizando las curvas de presión-desplazamiento de cada muro” (Varela et al, 2010, p. 158). La resistencia se interpreta visualmente con el comportamiento lineal que

presentan las curvas en la primera parte de la gráfica, la elasticidad del elemento persiste hasta 3 y 4 KPa en donde se presenta el agrietamiento.

La tarea específica realizada sobre la gráfica de la Figura 2 consistió en determinar la elasticidad de tres muros construidos bajo las normas técnicas, esto es, los límites bajo los cuales los especímenes son sometidos a presión y pueden regresar a su estado original sin presentar una deformación permanente.

Los investigadores concluyen que las presiones máximas de los tres muros fueron al menos cuatro veces mayores que las de agrietamiento y que el tipo de falla observado corresponde a una excesiva rotación de los segmentos generados por el agrietamiento en los muros. Es decir, que las presiones que ocasionaron agrietamiento en los muros (primer cambio de la pendiente de las curvas) fueron aumentando y los muros resistieron el cuádruple de esa presión hasta que el muro se destruyó por completo (presión máxima). La cantidad de cambios de pendientes de las curvas indica el tipo de fallo.

La forma de la gráfica sirvió para la identificación de cualidades globales y puntuales en el que analizan puntos claves con base en el cambio de pendientes: Son globales cuando se captura el instante en que hay una presión máxima al romperse el muro, el ítem máximo que alcanza la curva sometida a cierta presión controlada por el investigador que deja de someter al romper el muro (la curva lo señala con el cambio “brusco” de pendiente). Son puntuales en la linealidad de la primera parte de la gráfica (que implica zona de elasticidad del muro), los cambios ligeros de pendientes que presentan las curvas como señalamiento de grietas, el cambio “brusco”.

La gráfica funcionó como el medio visual argumentativo y comprobativo de las presiones de agrietamiento. Es argumentativo porque se logra identificar el punto de “inflexión” que denota una presión máxima bajo identificación brusca de pendientes; así como argumentar visualmente sus resultados que las fotos de las grietas reales muestran en la investigación. Es comprobativo porque al tener en una misma gráfica tres curvas y que todas ellas presenten comportamientos similares en ciertos rangos proporciona confiabilidad de lo que se desea probar, además constata cálculos realizados con una metodología analítica.

(b) Determinación de la eficiencia de dos absorbentes para remover la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y el color en lixiviados

La tesis de May (2010) tiene la intención de optimizar el proceso de adsorción de un tratamiento de lixiviados (líquido natural de la basura) en la contaminación de agua. El investigador consideró el tiempo que se tarda en remover la DQO como parámetro para determinar la calidad de agua. Para ello, se mide el oxígeno presente en el lixiviado, ya que entre menos demanda de oxígeno tenga éste es porque hay menos elementos orgánicos que lo requieren. Se han realizado estudios de tratamiento con Fenton (oxidación)-Filtración y han tenido eficiencias de remoción de la DQO al 90% o más. La tesis propone colocar una tercera variable y con ello proponer un tren de tratamiento del tipo Fenton-Filtración-adsorción. El autor tiene la hipótesis de que utilizar la adsorción por medio de carbones activados con macroporos promete mejores resultados, dado que un mayor tamaño de poros permite un mejor acceso a la estructura porosa de moléculas de mayor tamaño que son muy comunes en el lixiviado. La gráfica de la Figura 3 representa la eficiencia de absorbentes en lixiviados, en la cual se comparan dos absorbentes: el carbón de macroporos de cáscara de coco y el lignítico para remover la DQO.

El color del lixiviado lo producen diferentes compuestos, incluso algunos formados por moléculas grandes, señalada con la gráfica en rojo, y se utiliza como control (referente que el experimento se realizó bajo las normas especificadas) ya que, si éste puede ser removido entonces la DQO también, es decir que la curva de color debe tener un comportamiento similar al de la remoción del DQO.

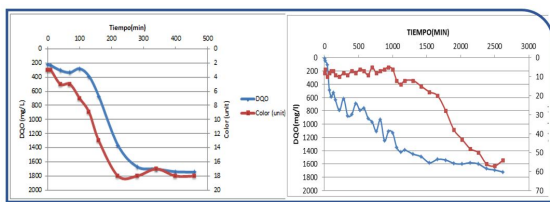


Figura 3. A la izquierda, la Curva de DQO en azul y del color (rojo) en el proceso Fenton-filtración-adsorción (con carbón activado cáscara de coco). A la derecha curvas de DQO y del color en el proceso Fenton-filtración-adsorción (con carbón activado lignítico). Fuente: May (2010).

En cada una de las gráficas de la Figura 3 se aprecia un punto de quiebre que señala que la eficiencia comienza a decrecer en función del tiempo. El parámetro del diseño consiste en obtener los tiempos de contacto, el tamaño de la columna en términos del volumen, cantidad de carbón, densidad del carbón, de esta forma se calcula cuánto DQO se remueve por un kg de carbón y por tanto determinar cuánto carbón se necesita para determinada cantidad de lixiviado y con determinada DQO.

La tarea para la que se empleó las gráficas consistió en proponer un parámetro para la remoción de DQO en lixiviado al emplear dos tipos de absorbentes (cáscara de coco y lignítico). En la gráfica de la izquierda, se visualiza para el DQO un comportamiento lineal de 0 a 100, que el autor señala como “constante”; luego visualmente las curvas decrecen, cuyo comportamiento enfatiza con el comentario de “aumentar”, y posteriormente se modelan como una función constante, con un comportamiento lineal, lo que el aprendiz señala que ya no hay remoción de DQO: “...100 minutos la DQO y el color medido fue constante, a partir de este punto comienzan a aumentar de manera simultánea para luego ya no presentar remoción.” (May, 2010, p. 49). El autor realizó este mismo análisis con el lignítico y midió su eficiencia con respecto al tiempo. En la gráfica de la derecha de la Figura 3 se puede leer que en el momento de activar el carbón se removieron 200 mg/L de DQO. No se aprecia una línea recta si no un decrecimiento de la curva, lo que indica aumento de adsorción de DQO. Hasta el tiempo 1,500 minutos se señala otro cambio de comportamiento, uno más constante, lo que le denota remoción.

La DQO desde los primeros minutos comenzó a aumentar y presentó ligeros picos...En el minuto 1500 se observa que la DQO se encontraba alrededor de 1600 mg/L sin embargo el color estaba en 15 unidades. A partir de este punto la DQO se mantuvo sin llegar a la concentración del afluente, no fue hasta que aumentó el color que la DQO aumentó por completo (May, 2010, p. 51).

Cuando se menciona “aumentó” se asocia a un decrecimiento en la gráfica, pues el punto de referencia está sobre el extremo superior izquierdo, y el primer cuadrante que escolarmente conocemos se localiza (visualmente) en el tercero. Se señala que el de mejor remoción de DQO en las pruebas de adsorción con

carbón activado fue el lignítico, se puede apreciar por la altura de la DQO que sigue absorbiendo el color después de 2,500 minutos, mientras que la de coco fue de 300 minutos.

La forma de la gráfica consiste en analizar el comportamiento global de las curvas, es decir analizar la tendencia que presentan; cuyas referencias que la envuelven son visuales, como se manifiesta al momento de identificar intervalos con un parecido a una línea recta, que el aprendiz-experto denomina “constante” porque hay un solo comportamiento uniforme, o cuando existe un cambio de comportamiento, esto sucede como un abrupto decrecimiento o aumento. Importan intervalos con “partes lineales”, hasta dónde aumenta la curva (visualmente un comportamiento decreciente por la redefinición del eje vertical) y en qué momento las curvas de DQO y de color dejan de aumentar, para considerar el intervalo en que se adsorbió DQO. El aprendiz-experto no únicamente considera la línea que denota el DQO sino la de color por ser el referente de que el experimento fue confiable. Como lo que interesa es que la remoción del color y de DQO se manifiesten, se sobrepusieron ambas curvas de los comportamientos de éstas, para tener un referente de que el experimento se realizó adecuadamente, lo que permitió que se manejaran dos escalas sobre los mismos ejes, pues lo que importa es la analogía de los comportamientos, otra vez lo global.

El funcionamiento está en determinar el mejor carbón de macro poros con respecto al tiempo en que tardan en remover la DQO y el color del lixiviado, con ello determinar el parámetro intervalo de tiempo de contacto para la adsorción.

### **III. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BASADAS EN LAS RESIGNIFICACIONES DE LAS GRÁFICAS**

Con respeto a Varela, et al (2010), la resignificación de la gráfica está en ser una fuente de información que permite analizar varios comportamientos al mismo tiempo con base en cambios de pendientes, para identificar grietas del muro e incluso un argumento visual para tomar decisiones sobre qué muro presenta mayor resistencia. De igual manera, se resignifican puntos claves con base en el cambio de pendientes, y las pendientes como momentos en que la curva presenta una deformación al comportamiento esperado.

Para los investigadores no es tan significativo el ítem máximo de la presión a la que fue sometido del elemento. Es una consecuencia de la naturaleza de los experimentos, ya que la cantidad de presión que la máquina le coloca al muro es controlada por el investigador. Así no ocurre con los puntos de inflexión que generan los cambios de pendiente, ya que éstos sí representan límites en el comportamiento de este.

Este tipo de gráficas no tienen inconveniente con la lectura de la gráfica que posee los ejes de referencia (ordenada y abscisa) invertidos a como se presentan en el aula. Esta convención a nivel mundial es empleada para dar lectura del comportamiento de varios tipos de gráficas de la ingeniería. De igual manera, en investigaciones de pruebas experimentales para determinar propiedades de materiales, como la elasticidad, se emplean tres curvas y no sólo una, porque a la comunidad lo que le interesa es que muros construidos bajo las mismas condiciones se comportan parecido con cierto rango; esto denota seguridad en que el experimento es verídico. De hecho, institucionalmente se considera que bastan al menos tres especímenes para que la hipótesis experimental pueda ser aceptada o refutada. Otra de las convenciones con respecto a experimentos de resistencia, es que si bien importa sólo la primera parte (el instante en que surge la primera grieta, es decir el momento en que el material pierde su elasticidad), se termina el experimento hasta que físicamente se rompe el muro (cambio brusco de pendiente). Esto es una gráfica de la curva de presión-desplazamiento y se deja de aplicar presión hasta que se rompió.

En el trabajo de May (2010) note que el eje vertical está en orden descendente y tiene dos escalas de medida, una para el DQO (a la izquierda) medida por miligramos por litro y otra para la curva de color (a la derecha) bajo la escala de “unidades de remoción” en la que cero indica que no se removió el color. El mostrar dos curvas en una misma gráfica sirve para hacer comparativo de comportamientos de dos remociones (DQO y del color) con intención de constatar un experimento bajo condiciones normadas y determinar la confiabilidad de los datos.

La gráfica se resignifica como medio visual que logra controlar las hipótesis, la confiabilidad de los datos y a su vez determinar la absorción de DQO. De igual manera, se resignifican los valores en los que el

comportamiento cambiaba de forma drástica; no importaba si matemáticamente no era una función decreciente, sino inicial y finalmente decreciente. Con respecto a la manera no convencional en el que el aprendiz-experto presentó curvas con la que evidencia resultados en su tesis, comentó que en un principio lo representaba como escolarmente se enseña, es decir con el eje de referencia del lado izquierdo inferior, sin embargo por el tipo de unidades que se usaban (una tasa mg/l) visualmente se miraba un aumento de DQO, que es lo que en verdad sucede, pero lo que visualmente interesa es el comportamiento decreciente que simboliza de que los microorganismos vivos presentes en el lixiviado que requieren de oxígeno disminuyan en el agua tratada; estos señalamientos fueron indicados por los expertos de la CoP, quienes convencionalmente usan el punto de referencia en la parte superior izquierda, justo para destacar el argumento visual del comportamiento a enfatizar en el análisis.

#### IV. REFLEXIONES

Se considera que la linealidad abarca más allá del estudio de una línea recta, y puede ser útil para entender fenómenos más complejos. Las propiedades de la linealidad como son el uso de pendientes y el ritmo constante son cualidades que atienden una justificación funcional y podrían estar de forma transversal en el currículo.

Tal vez nunca exista una relación directa entre lo que se enseña en la escuela y lo que se emplea en el ámbito profesional, sin embargo, como docentes e investigadores, no podemos sólo centrarnos en conceptos matemáticos y centrarnos únicamente en determinar una manera más dinámica de enseñarlos, si no se debe reflexionar sobre el trasfondo de éste, su epistemología; la cual no necesariamente está en el origen del concepto, sino en su uso en diversos escenarios. “Salirse” del aula y mirar lo que realmente significan. Los ingenieros fuera de la escuela pueden permitir apostar a centrarse en desarrollar un pensamiento y lenguaje variacional más que quitar o poner temas matemáticos dada las demandas de la globalización, ya que, si le apostamos a éstas últimas, siempre habrá cambios, pero el desarrollo de

pensamiento va más con un esquema orgánico, parte del individuo.

#### REFERENCIAS

- Caballero, M. y Cantoral, R. (2019). La causalidad y la temporización en la construcción de la variación. Un estudio socioepistemológico de la constitución de sistemas de referencia variacionales. *REDIEM* 1(1), 13-16.
- Cantoral, R. (2016). *Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa. Estudios sobre construcción social del conocimiento* (2nd ed.). Gedisa.
- Cantoral, R. (s.f). Desarrollo del Pensamiento y lenguaje variacional.  
<https://www.cecytejalisco.mx/documentos/academicos/vol3rcantoral.pdf>
- May, A. (2010). *Optimización del proceso de adsorción de un tratamiento de lixiviados fenton-filtración –adsorción* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán].
- Mendoza-Hilguera, E. J., Cordero, F., Solís, M. y Gómez, K. (2018). El uso del conocimiento matemático en las comunidades de ingenieros. Del objeto a la funcionalidad matemática. *Bolema*, 32(62), 1219-1243.  
<https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n62a23>
- Montiel, G. y Buendía, G. (2012). Un esquema metodológico para la investigación socioepistemológica: ejemplos e ilustraciones. En A. Rosas y A. Romo (Eds.). *Metodología en Matemática Educativa: Visiones y Reflexiones* (pp. 61-88). México: Lectorum.
- Suárez, L. y Cordero, F. (2008). Elementos teóricos para estudiar el uso de las gráficas en la modelación del cambio y de la variación en un ambiente tecnológico. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 3(1), 51-58.
- Varela, J.L., Navarrete, D., Fernández, L.E. y Moreno, E.I. (2010). Estudio experimental de muros de mampostería confinada de bloques huecos de concreto, sujetos a presiones perpendiculares a su plano, *Ingeniería*, 14(3), p. 149-160.