USOS Y SIGNIFICADOS DE LA TRANSFORMADA DE LAPLACE EN UNA COMUNIDAD DE INGENIEROS ELECTRÓNICOS

USES AND MEANINGS OF LAPLACE TRANSFORM IN A COMMUNITY OF ELECTRONIC ENGINEERS

Falconery Mauricio Giacoleti-Castillo, Francisco Cordero Osorio
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (México)
falconery.giacoleti@cinvestav.mx, fcordero@cinvestav.mx

Resumen
Se presenta un avance de un proyecto de investigación que se sitúa en el programa socioepistemológico *Sujeto Olvidado y Transversalidad de Saberes (SOLTSA)*. Dicha investigación pretende contribuir a crear un marco de referencia sobre los *usos* y *significados* de la Transformada de Laplace (TL) que emerjan de una *Comunidad de Conocimiento Matemático de Ingenieros Electrónicos que diseñan Sistemas de Control (CCM(IE-SC))*. Presentamos cómo aparece la TL en algunos libros de texto del sistema escolar universitario de México y, en este sentido, el tratamiento que se le da en la Matemática Escolar, el cual ocurre con una centración al objeto matemático de la TL, dejando de lado su funcionalidad. Mencionamos algunos estudios que se han realizado acerca de la TL y cuál ha sido su interés de investigación, que gira en torno a estudiar el objeto matemático. Mostramos, entonces, la pertinecia de nuestra investigación que estudia los *usos* de la TL —que aluden al *Comportamiento Tendencial de las Funciones*— que se ponen en juego en la (CCM(IE-SC)).

Palabras clave: transformada de Laplace, usos y significados, ingenieros electrónicos

Abstract
An advance of a research project is presented which is situated in the socioepistemological programme *Sujeto Olvidado y Transversalidad de Saberes (SOLTSA)*. This research aims to contribute to creating a reference framework on the *uses* and *meanings* of the Laplace Transform (TL) that emerge from a *Mathematical Knowledge Community of Electronic Engineers working in Control Systems (CCM(IE-SC))*. We present how the TL appears in some textbooks of the university system of Mexico and, in this sense, the treatment given to it in School Mathematics, which occurs with a focus on the mathematical object of the TL, leaving aside its functionality. We mention some studies that have been made about the TL and what has been its research interest, which revolves around studying the mathematical object. We show, then, the relevance of our research that studies the *uses* of TL —which allude to the Trend Behaviour of Functions— that are put into play in the (CCM(IE-SC)).

Key words: Laplace transform, uses and meanings, electronic engineers

Introducción

En el nivel superior del sistema escolar aparece una integral impropia llamada Transformada de Laplace (TL). A diferencia de temas como la derivada o la integral, en los cuales, en el mejor de los casos, los textos o los profesores tratan que el estudiante construya y atribuya significados de esos conceptos a partir de conocimientos previos, la TL se presenta en el aula de manera artificiosa como una representación simbólica dada por la integral $\int_0^\infty e^{-st} f(t)dt$. Cordero y Miranda (2002) mencionan que la TL es introducida en el medio escolar como una herramienta cuyas propiedades formales son útiles para resolver cierto tipo de ecuaciones diferenciales, y en ningún momento es construida o motivada por algún medio físico o geométrico o a partir de un conocimiento previo. En ese sentido, podemos decir que la TL, en la Matemática Escolar (ME), carece de un marco de referencia de significados y origen de las condiciones que permitieron su construcción; centrando su atención en la fórmula como algo algorítmico, prevaleciendo de esta manera el utilitarismo del conocimiento matemático y no su funcionalidad (Cordero, Gómez, Silva-Crocci y Soto, 2015).

Este proyecto de investigación se enmarca en el Programa Socioepistemológico *Sujeto Olvidado y Transversalidad de Saberes (SOLTSA)* (Cordero, 2016a, 2016b). El propósito principal de SOLTSA es revelar los usos del conocimiento matemático y sus resignificaciones en las comunidades de conocimiento matemático de la gente: en la escuela, en el trabajo y en la ciudad (Cordero, en prensa).

Nuestra investigación pretende, entonces, contribuir a crear un marco de referencia sobre los *usos* y *significados* de la Transformada de Laplace (TL) que emerjan de una *Comunidad de Conocimiento Matemático de Ingenieros Electrónicos que diseñan Sistemas de Control (CCM(IE-SC))*, con el fin de revelar los usos de este conocimiento matemático de dicha comunidad.

El constructo que denominamos *uso* lo entenderemos tomando en cuenta su *funcionamiento* y su *forma*. La función del *uso* será aquella función orgánica de una situación (*funcionamiento*) que se manifiesta por las "tareas" que componen la situación, y la *forma* del *uso* será la clase (tipo) de esas "tareas". El *funcionamiento* y la *forma* son un binomio inherente al *uso*, de modo que el primero se expresa en las ejecuciones, acciones u operaciones que se desarrollan con la situación, mientras que la *forma* es las maneras cómo se presenta tal *funcionamiento*. Las tareas pueden ser actividades, acciones, ejecuciones y alternancias de dominios. Cuando la alternancia de tareas sucede, se genera una nueva función orgánica, que debatirá con las formas de los usos. A este acto de uso se le llamará *resignificación* de *usos* (Cordero y Flores, 2007; Cordero, Cen y Suárez, 2010).

Problemática y algunos antecedentes

Al referirnos a la enseñanza y aprendizaje de la matemática, la investigación ha reportado acerca de la importancia de considerar a todos los agentes involucrados en dicho proceso educativo. No obstante, también ha mostrado el otro lado de esta misma moneda;

> …cuando se habla del aprendizaje y enseñanza de la matemática, en las instituciones educativas o en los modelos educativos, siempre, hay un sujeto olvidado. Este sujeto tiene varias expresiones: la realidad, el cotidiano, los usos del conocimiento y, en términos más genéricos, la gente. Esta última es significativa porque hace explícito el olvido del que aprende, del trabajador, del nativo y del ciudadano. (Cordero, 2016)

Cuando nos olvidamos de ese sujeto, es equivalente a creer que solo en el objeto matemático se encuentra la fuente del conocimiento. Por tal razón,

> Es necesario recuperar la parte humana en la construcción del conocimiento y es precisamente el cotidiano lo que permitirá conseguirlo. Por tanto, resulta conveniente ampliar la problemática para lograr que estos elementos tengan cabida. Así, de enfocarse en los estudiantes de matemáticas en el aula, es preciso entender primero el cotidiano de los ciudadanos que se tienen enfrente. Se requiere ver al ciudadano que participa activamente en la vida cotidiana y que la modifica. Es importante que en el aula de matemáticas ya no se piense en el alumno, sino en el ciudadano. (Gómez y Cordero, 2010, p. 921)

Diversas investigaciones en matemática educativa que han realizado estudios en el campo de la ingeniería —algunas de ellas, ingeniería electrónica—, han tenido el interés de investigar asuntos relacionados con dificultades y/o habilidades operacionales de los estudiantes respecto a la TL, así como también sobre el papel que juega la TL en el desarrollo de proyectos que se le proponen a ingenieros en formación para que los lleven a cabo. Algunos estudios se interesan también en la implementación de software matemático cuando se resuelven problemas donde interviene la TL. En la Tabla 1 se presentan algunas de estas investigaciones.

Autores de la investigación	Interés de la investigación	Descripción
Jáuregui, Ávila y Nesterova (2007)	Habilidades	• Habilidades para representar analíticamente, en términos de la Función Escalón Unitario, las Funciones Definidas por Intervalos (FDI), con el aprendizaje de la TL de FDI. • Habilidades para realizar la representación gráfica.
Juárez y Irassar (2014)	Dificultades	• Dificultades en el cálculo de la TL de FDI escritas en forma analítica por partes o dadas en forma gráfica. • Dificultades para resolver ecuaciones diferenciales cuyo término no homogéneo es una función continua por partes. • Dificultades en la resolución de problemas que involucran procesos discontinuos
Ruiz, Camarena y del Rivero (2016)	Implementación de software. Conocimientos previos	La investigación se propone evaluar el desarrollo de habilidades operacionales de los estudiantes, al resolver eventos contextualizados de la TL en circuitos eléctricos, al emplear el software Maple 13.
Romo (2010)	El papel de la TL en proyectos que desarrollan ingenieros en formación	Se cuestiona sobre el papel que juegan la TL en el desarrollo de las tareas de proyectos de ingeniería y cuál sería la praxeología realmente útil dado el uso de los recursos tecnológicos actuales

Tabla 1. Algunas investigaciones sobre la transformada de Laplace en el campo de la Ingeniería

Al referirnos a la enseñanza y aprendizaje de la matemática en general, y particularmente en la ingeniería, sabemos que existen grandes dificultades que debemos afrontar. Durante varias décadas se han llevado a cabo investigaciones que buscan esclarecer la problemática de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y cuyos resultados han posibilitado que se implementen cambios con el propósito de mejorar la calidad educativa de las matemáticas. Sin embargo, en general, estos cambios que se han implementado no han podido obtener los resultados que se anhelan. Comunmente, la visión de estas investigaciones gira alrededor de estudiar los objetos matemáticos y, particularmente, el interés de las que se muestran en la tabla 1 es estudiar el objeto matemático de la TL, no los usos del conocimiento que están presentes en diversas comunidades; como por ejemplo, los *usos* que un ingeniero electrónico pone en juego al trabajar con la TL, y que emergen en la comunidad de conocimiento a la que pertenece. No obstante, como se dijo antes, nuestra investigación se interesa en estudiar dichos *usos* y *significados*.

La Transformada de Laplace en libros de texto

Al revisar diferentes programas de estudio de varias escuelas del sistema escolar universitario de México —en particular, en el área de Ingeniería— se ha encontrado que la TL aparece por primera vez en los cursos de ecuaciones diferenciales y que casi todos los programas consultados tienen los mismos textos, entre estos, aparecen: Spiegel (1983), Edwards (1986), Zill (1986 y 1995). También, aparecen como referencias textos de otros autores como Braun (1990), Derrick y Grossman (1981), Simmons (1993), Pita (1989), Marcus (1993). En la mayoría de estos libros, la definición de la TL es la siguiente:

Dada una función $f(t)$ *definida para* $t > 0$*, la transformada de Laplace de la función* $f(t)$ *es la función* $F(s)$ *definida como* $\mathcal{L}\{f(t)\} = F(s) = \int_0^\infty e^{-st} f(t)dt$ *para todos los valores de* s *para los cuales la integral converge.*

La TL, además, aparece en otros cursos dirigidos a Ingeniería, entre estos cursos están algunos de probabilidad, en especial en Ingeniería Electrónica, en donde la TL aparece junto con las series de Fourier, teoría de control y al análisis de señales y sistemas. En general, estos cursos son posteriores a los de ecuaciones diferenciales. En los programas respectivos consultados aparecen textos de autores como O'Neil (1994), Kaplan (1972 y 1985), Ogata (1970), Gary (1983) y Kamen (1990). Estos dos últimos autores introducen la TL basándose en la transformada de Fourier, la cual tratan previamente. La presentan de la siguiente manera:

La transformada de Fourier de una función dada $f(t)$ *se define como:*

$$F(\omega) = \mathcal{F}\{f(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t}dt$$

siempre que la integral exista.

A partir de estas definiciones enuncian a la TL como:

La transformada lateral de Laplace de $f(t)$ *se obtiene reemplazando* $i\omega$ *por* $s = a + it$*, con* $a > 0$*, entonces* $ds = idt$ *y la transformada lateral de Laplace es*

$$F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st}dt$$

siempre que la integral exista.

Después de esto, al igual que en los textos anteriores, se dan ejemplos para el cálculo de las transformadas, propiedades y condiciones para su existencia

Esta revisión sirve como punto de partida para mirar la forma en que se introduce la TL en el medio escolar, así como saber los problemas que se resuelven mediante esa herramienta y, de esta manera, dimensionar su papel predominante en lo habitual de la enseñanza en la Matemática Escolar.

Según Miranda (2001), en los textos de ecuaciones diferenciales, la introducción y definición de la TL no ha variado desde la década de los 50's y se revela la ausencia de argumentos que puedan dar significado gráfico o físico sobre el tipo de problemas que originaron su definición, esto implica que para enseñar la TL solo se parte de su definición simbólica. En algunos libros se dan referencias a que la TL se originó debido a los trabajos de Heaviside y sus métodos operacionales para resolver las ecuaciones diferenciales, pero no se dice cómo fue esto, ya que en esos libros los capítulos sobre soluciones de ecuaciones diferenciales por operadores (o métodos cortos) están desconectados con el capítulo de la TL, pues no se explica la relación de un método con el otro.

Miranda (2001) concluye que, en la revisión de textos que llevaron a cabo, en el sistema educativo, la enseñanza de la TL está limitada a la manipulación de su expresión integral, calculando la transformada de funciones, probando propiedades de la TL, para después establecer un algoritmo que permite obtener la solución de algunos tipos de ecuaciones diferenciales —comúnmente, ecuaciones diferenciales lineales—.

En ese sentido, dado este tratamiento que se le da a la TL en la Matemática Escolar, ocurre una centración al objeto matemático. El discurso Matemático Escolar no le da a la TL otro valor distinto que el algorítmico, dejando de lado el valor funcional de la TL, que se desarrolla en diferentes escenarios profesionales (Comunidades de Conocimiento Matemático).

Consideraciones teóricas y metodológicas

Con base en la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa (TSME) (Cantoral, 2013) se plantea que la ME ha centrado su atención en el objeto matemático y ha generado un discurso Matemático Escolar (dME), nocivo, que ha soslayado un actor principal en la construcción de conocimiento matemático: el cotidiano (*sujeto olvidado*), esto es, la realidad de los sujetos, lo habitual de los escenarios donde este se sitúa y donde expresa usos rutinarios (Cordero, 2016a). La ME debe valorar los usos y significados de la gente e incorporarlos en la enseñanza de la matemática, reconociendo que las *prácticas sociales* son las generadoras de conocimiento matemático. Según menciona Cordero (2016b), el constructo *practica social* valora el sujeto olvidado, que es de vital importancia recuperar. De esta manera se reconocerá no solo una epistemología —dominante—, sino que se valorará el conocimiento matemático que la gente produce y usa en su entorno.

La postura teórica desde la cual concebimos al conocimiento matemático, nos permite entenderlo desde una racionalidad contextualizada, ya que, como resultado de diversas investigaciones que dotan de evidencia empírica a la TSME, se ha configurado una *Socioepistemología del Cálculo y del Análisis*. Esta obedece a estructuras epistemológicas distintas, denominadas *Situaciones,* cada una de ellas (variación, transformación, aproximación, selección) construida a partir de *significaciones* relativas a su estructura epistemológica; por ejemplo, para la construcción de *lo matemático* en la *situación de transformación*, las *significaciones* son los patrones de comportamiento gráfico y analítico, los *procedimientos* derivados de las significaciones son la variación de los parámetros, *los instrumentos* de las *significaciones* son las instrucciones que organizan comportamientos. Todo esto genera la *argumentación* de la *situación de transformación*: el *Comportamiento Tendencial*. Esta *argumentación*, *Comportamiento Tendencial* es la resignificación de usos de las gráficas (Cordero, 2008).

Como se mencionó en párrafos anteriores, las investigaciones acerca de la TL no dan cuenta de sus *usos* y *significados*; no obstante, nuestra investigación se propone contribuir a crear un marco de referencia sobre los *usos* y *significados* de la TL que emerjan de una CCM(IE-SC), con el fin de revelar los *usos* de este conocimiento matemático de dicha comunidad, para así recuperar el *sujeto olvidado* —el cotidiano del ingeniero—. Esto contribuiría con el ideal de incorporar ese *sujeto olvidado* en el aula donde se enseña la TL, trastocando así la ME. De esta manera el ingeniero en formación, en sus clases de matemáticas de la TL, estaría más cercano a ciertos *usos* y *significados* que son propios de su comunidad.

La Comunidad de Conocimiento Matemático de Ingenieros Eléctrónicos que Diseñan Sistemas de Control (CCM(IE-SC))

La consideración que estamos teniendo de Comunidad de Conocimiento Matemático (CCM) posee elementos que caracterizan lo propio de lo que es comunidad, es decir su naturaleza. No cualquier conjunto de personas agrupadas componen una comunidad; se debe distinguir a la comunidad de conocimiento de la individualidad, de lo público y de la universalidad o de lo cosmopolita. En ese sentido reconocemos tres elementos que constituyen una comunidad: i) *Reciprocidad* es el conocimiento que se genera por la existencia de un compromiso mutuo; ii) *Intimidad* es el uso de conocimiento propio y privado que no es público; iii) *Localidad* es el conocimiento local, se da cuando existe una coincidencia en ideas, una jerga disciplinar, trabajo u oficio, intereses, lo regional, entre otros. Estos tres elementos nos permiten separar lo individual, lo público y lo cosmopolita e identificar lo propio de comunidad. De ahí la importancia de formular el constructo Comunidad de Conocimiento Matemático como una triada (reciprocidad, intimidad, localidad). Otro aspecto consiste en el uso del conocimiento matemático. Para apreciar el uso se requiere de un referente que señale su tradición, su cultura y su historia, en el seno de su comunidad. Por ello, importa la continuidad del conocimiento, es decir, la institucionalización como un eje transversal. Otro eje transversal es la identidad, la cual hace que una comunidad se distinga de otra. Esta identidad se conforma de momentos, tales como: legitimidad, resistencia y proyecto (Cordero, 2016a; Cordero y Silva-Crocci, 2012).

En nuestra Comunidad de Conocimiento Matemático de Ingenieros Electrónicos que diseñan Sistemas de Control CCM(IE-SC) que estudiaremos, hemos identificado aspectos de los elementos que constituyen dicha comunidad, los cuales son: i) *Situación* de *Transformación*, la cual se genera por el diálogo con el otro, en la interacción con su comunidad, en la reciprocidad; ii) *Comportamiento Tendencial de las Funciones*, la categoría de conocimiento —propio y privado— de la comunidad, que es la expresión de la intimidad; iii) *Situación de Sistemas de Control*, la cual es la problemática local de la comunidad, los intereses comunes, la jerga disciplinar, etc. Ver figura 1.

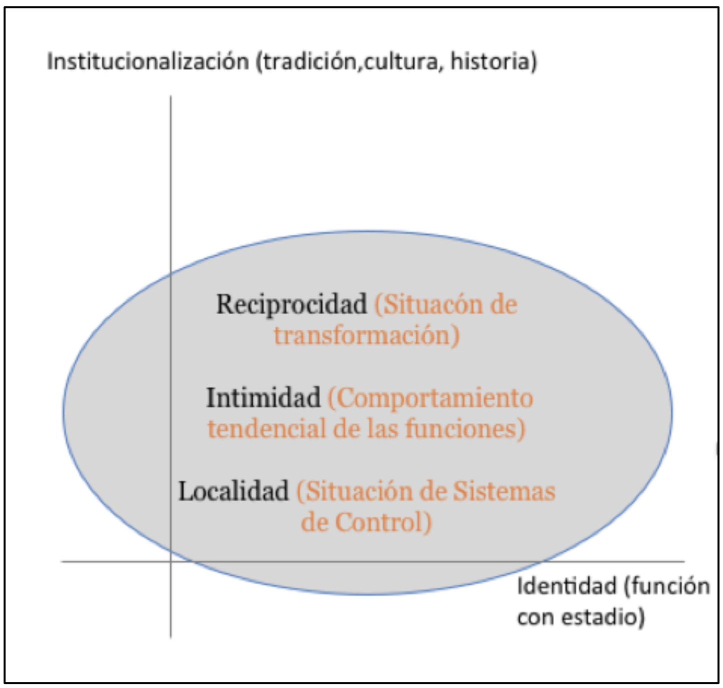

Figura 1. Modelo de Comunidad de Conocimiento Matemático de Ingenieros Electrónicos que diseñan Sistemas de Control (CCM(IE-SC))

Para dar cuenta de la emergencia de los *usos* y *significados* de la Transformada de Laplace en la CCM(IE-SC), en esta investigación tomamos una metodología cualitativa, articulando elementos de la Etnografía (Güber, 2001). Para adentrarnos en la CCM(IE-SC) y revelar los usos de la TL, tomamos como método la *inmersión,* en un sentido de acompañamiento permanente del investigador con la comunidad. Para tomar datos, se hará uso de técnicas que posibiliten el diálogo del investigador con el ingeniero en su profesión (entrevistas no estructuradas y semiestructuradas, observación no participante, etc.).

El siguiente apartado presenta una epistemología de la TL construida en Miranda (2001), la cual será base para analizar los usos y significados que emerjan de la comunidad de ingenieros electrónicos que estudiaremos en nuestra investigación.

Una epistemología de la Transformada de Laplace

A partir de la revisión de las ideas génesis de la TL, que llevó a cabo Miranda (2001), se dice que su representación simbólica posee gran riqueza de contenidos, tal que cada uno de los elementos de la integral tiene significado propio. Esto se muestra en la siguiente tabla:

<table>
<tr><td rowspan="4">$\int_a^b e^{-st} f(t)dt$</td><td>$f(t)$</td><td>e^{-st}</td><td>$\int_a^b$</td><td>Límites de integración: a, b</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Representa una serie de potencias (una función generatriz)</td><td>Factor para hacer converger la integral impropia</td><td rowspan="3">La conversión de una suma Σ cuando las variables son continuas</td><td rowspan="2">Parte de las condiciones para representar una función como una integral de Laplace</td></tr>
<tr><td>Factor para convertir una ecuación diferencial en una exacta</td></tr>
<tr><td>Representación de voltajes</td><td>Cálculo de estados estacionarios, en $t = \infty$, a partir de estados iniciales, en $t = 0$</td></tr>
</table>

Tabla 2. Significados de la transformada de Laplace (Miranda, 2001)

Además de lo mostrado en la tabla 2, Miranda (2001) expresa que desde sus orígenes la integral $\int_a^b e^{-st} f(t)dt$ y sus antecedentes fueron creados implícitamente —en el caso de Euler— o explícitamente —en el caso de Laplace— con la única finalidad de resolver problemas que involucraban ciertos tipos de ecuaciones diferenciales o en diferencias y que, para la justificación de su construcción, en ningún momento de su desarrollo se le asoció con los argumentos geométricos de área o volumen normalmente asociados a una integral definida.

La epistemología que propone Miranda (2001) está conformada por significados de origen y evolución alrededor del objeto matemático de la TL, por lo tanto, los usos de este conocimiento no se muestran como resultado de la investigación. Esto se debe a que en aquel entonces no era el interés de dicha investigación revelar el conocimiento funcional, sin embargo, en la conformación de esta epistemología del objeto, podemos inferir algunos usos de la TL que subyacen en dicha epistemología. Por lo cual, en esta etapa de nuestra investigación, hemos llevado a cabo una reinterpretación de esta epistemología a la luz de la *Situación de Transformación* en los sistemas de control. Ver figura 2.

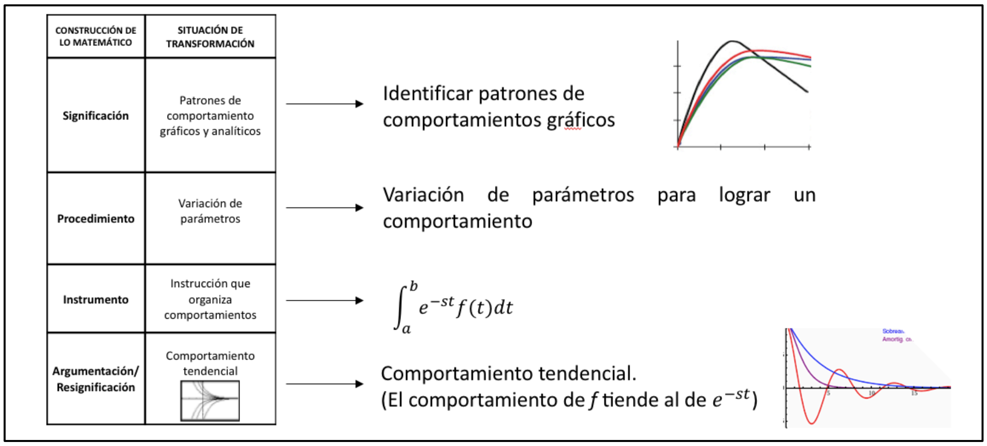

Figura 2. Reinterpretación de la epistemología de Miranda (2001) a través de la Situación de Transformación

Esta *Situación Específica (Se)*, es la situación núcleo, en la que se manifiesta la epistemología de usos de la TL (*Categoría de Conocimiento Comportamiento Tendencial de las Funciones*), la cual en nuestra *Hipótesis Epistemológica* que llevaremos a la inmersión que se hará en la CCM(IE-SC).

Tomamos la situación de sistemas de control ya que es una de las actividades centrales en la práctica profesional del ingeniero electrónico. Mendoza y Cordero (2018) señalan que los dispositivos artificiales construidos por ingenieros se conforman de procesos que se requieren controlar, de tal manera que se puedan reproducir las características y la estructura deseadas. Esto alude a la categoría de conocimiento *Comportamiento Tendencial de las Funciones*, cuando se busca *reproducir un comportamiento deseado*. Esta es la epistemología que emerge en la CCM(IE-SC) y de cuya emergencia daremos evidencia en nuestra investigación.

Esta categoría de conocimiento matemático (*Comportamiento Tendencial de las Funciones*) subyace, además, en la Transformada de Laplace al intervenir en un sistema de control, cuando se ejecuta como instrumento la ecuación diferencial —transformada mediante la TL— que modela el fenómeno (comportamiento de la función de transferencia y de la señal de entrada y de salida). Además, esta categoría de conocimiento alude a lo que mencionó el mismo Laplace (1988) en su Ensayo Filosófico, respecto a lo que hoy conocemos como la Transformada de Laplace: "...de lo único que se trataba es de reducir la integral definida a una serie convergente. Es lo que he obtenido por un procedimiento que hace converger la serie con rapidez..." (p. 65).

Para finalizar

Tal como ya se dijo, el tratamiento de la Transformada de Laplace (TL) en la Matemática Escolar ocurre con una centración al objeto matemático. El discurso Matemático Escolar no le da a la TL otro valor distinto que el algorítmico, dejando de lado su valor funcional, que se desarrolla en diferentes escenarios profesionales —como, por ejemplo, en una Comunidad de Conocimiento Matemático de Ingenieros Electrónicos que diseñan Sistemas de Control.

La categoría de conocimiento Comportamiento Tendencial de las Funciones —argumentación de la *Situación de Transformación* que hasta ahora se ha construido— es una epistemología de usos, que está presente en las comunidades de conocimiento matemático.
Habrá que llevarse a cabo investigaciones—tal como esta que se está desarrollando— en las que nos sumerjamos en las comunidades de conocimiento matemático para revelar y valorar los usos del conocimiento que dichas

comunidades construyen. De esta manera podremos encaminarnos hacia la reciprocidad, transversalidad y horizontalidad de los saberes. Con esto estaríamos ampliando el marco de referencia de los usos del conocimiento matemático, favoreciendo así el aprendizaje de resignificaciones.

Referencias bibliográficas

Cantoral, R. (2013). *Teoría Socioepistelógica de la Matemática Educativa. Estudios sobre la construcción social del conocimiento*. Barcelona: Gedisa.

Cordero, F. (2008). El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar. Una visión socioepistemológica. En R. Cantoral, O. Covián, R. Farfán, J. Lezama y A. Romo (Eds.), *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte iberoamericano* (pp. 265-286). México: Díaz de Santos-CLAME A.C.

Cordero, F. (2016). III Semana de las Pedagogías de la U.Chile. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile. Chile. Archivo de resumen. Recuperado de http://www.filosofia.uchile.cl/agenda/127793/iii-semana-de-las-pedagogias-de-la-uchile

Cordero, F. (2016a). Modelación, funcionalidad y multidisciplinariedad: el eslabón de la matemática y el cotidiano. En J. Arrieta y L. Díaz (Eds.), *Investigaciones latinoamericanas de modelación de la matemática educativa* (pp. 59-88). Barcelona: Gedisa.

Cordero, F. (2016b). La función social del docente en matemáticas: Pluralidad, transversalidad y reciprocidad. En S. Estrella, M. Goizueta, Guerrero, A. Mena, J. Mena, E. Montoya, ..., D. Zakaryan (Eds.), *XX Actas de las Jornadas Nacionales de Educación Matemática* (p. 23-30), ISSN 0719-8159. Valparaíso, Chile: SOCHIEM, IMA-PUCV. Recuperado de http://ima.ucv.cl/congreso/ xxjnem/

Cordero, F. (en prensa). *La matemática y lo matemático. Transversalidad y modelación: un programa socioepistemológico*.

Cordero, F., Cen, C. y Suárez, L. (2010) Los funcionamientos y formas de las gráficas en los libros de texto: una práctica institucional en el bachillerato. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13(2),187-214.

Cordero F. y Flores, R. (2007). El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar. Un estudio socioepistemológico en el nivel básico a través de los libros de texto. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(1), 7-38.

Cordero, F., Gómez, K., Silva-Crocci, H., y Soto, D. (2015). *El Discurso Matemático Escolar: la Adherencia, la Exclusión y la Opacidad*. Barcelona: Gedisa.

Cordero, F. y Miranda, E. (2002). El Entendimiento de la transformada de Laplace: Una Epistemología como Base de una Descomposición Genética. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 5(2), 133-168.

Cordero, F., y Silva-Crocci, H. (2012). Matemática Educativa, Identidad y Latinoamerica: el quehacer y la usanza del conocimiento disciplinar. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 15(3), 295-318.

Gómez, , K., y Cordero, F. (2010). Los procesos de difusión del conocimiento matemático en el cotidiano. Un estudio socioepistemológico. En P. Lestón (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, *23*, 919-927. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.

Guber, R. (2001). *La etnografía. Método, Campo y Reflexividad.* Bogotá: Ed. Norma.

Jáuregui, E., Ávila, J. y Nesterova, E. (2007). El aprendizaje del tema “transformada de Laplace de funciones definidas por intervalos” con apoyo del conocimiento previo sobre la función escalón unitario. En C. Crespo (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 20, 132-137. Camagüey: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.

Juárez, A. y Irassar, L. (2014). Sobre el aprendizaje de la transformada de Lapace: algunas dificultades y una propuesta didáctica. En P. Lestón (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 26, 977-985. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.

Laplace, P. (1988). *Ensayo filosófico sobre las probabilidades* (traducción de Pilar Castillo). México: Alianza Editorial.

Mendoza, J., y Cordero, F. (2018). La modelación en las comunidades de conocimiento matemático. El uso de las matemáticas en ingenieros biónicos. El caso de la estabilidad. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 11(1), 36-61.

Miranda, E. (2001). *Entendimiento de la transformada de Laplace. Caso de una descomposición genética*. Tesis de doctorado no publicada. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, México.

Romo A. (2010). Projets d'ingénierie: étude d'une activité pratique dans la formation d'ingénieurs. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 15, 201-218.

Ruiz, L., Camarena P. y Del Rivero S. (2016). Prerrequisitos deficientes con software matemático en conceptos nuevos. Transformada de Laplace. *Revista Mexicana de Investigación Educativa, 21* (69), 349-83.