

# LA MODELACIÓN-GRAFICACIÓN PRACTICADA DESDE LA COMUNIDAD DE INGENIEROS CIVILES EN FORMACIÓN: EL CASO DEL FENÓMENO DE INFILTRACIÓN

*Adriana Atenea de la Cruz Ramos, Miguel Solís Esquinca, Hipólito Hernández Pérez*

## **Resumen**

El contenido de las matemáticas en las carreras propias de la ingeniería es significativa, aunque los conocimientos matemáticos son abordados en educación básica y media resulta complicada su enseñanza y su aprendizaje en el nivel superior, impactando fuertemente en la formación de ingenieros civiles. En la revisión de los programas de ingeniería, realizada por Cajas (2013) hace evidente la ubicación de las matemáticas dentro de las ciencias básicas que preceden a las materias de las ciencias de la ingeniería y las materias profesionales. Esta importancia y dificultad de las matemáticas hace que alumnos, profesores y la sociedad en general, demande cuestionamientos tales como ¿sirve esa matemática de la escuela, en la vida diaria del ingeniero civil?

**Palabras Claves: Modelación-Graficación, Superior, Ingeniería Civil, Infiltración**

## **Introducción**

En un plan de estudios de la licenciatura en Ingeniería Civil, tomemos por ejemplo el caso de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), se puede observar que están inmersas en el área de ciencias básicas específicamente las asignaturas como Geometría Analítica, Cálculo Diferencia y Cálculo Integral; sin embargo en esos planes y programas de estudio no es claro el uso, aplicación y relación de estos conocimientos con las propias de la ingeniería, y, si bien, en el currículo pudiera encontrarse una explicación de cuáles son las matemáticas importantes en la formación de un ingeniero civil aún faltaría preguntarse cuáles son las matemáticas que realmente usa el ingeniero civil en el ejercicio de su profesión o, preguntando de otra manera, cuál es la matemática presente en la *comunidad de conocimiento matemático de la ingeniería civil*.

Entonces hay matemáticas por lo menos en dos ámbitos diferentes, en el ámbito de formación de los ingenieros y las pertenecientes al ámbito mismo de los ingenieros. Aquí podemos traer a colación la dualidad del conocimiento que identifica Cordero (2013) de una matemática escolar y una matemática funcional que obedecería a dos demandas distintas, la primera a las competencias curriculares vigentes (Plan de Estudios, 2007) y la otra a los requerimientos de cada país (Cajas, 2013). Por otro lado, es fundamental establecer la promoción de actividades interdisciplinarias y transdisciplinarias aplicando métodos didácticos para que el proceso enseñanza-aprendizaje en estas áreas se lleve a cabo. Concentrarnos en el segundo ámbito nos traería como cuestionamiento cómo poder identificar la matemática funcional de la ingeniería y para llevar a cabo este estudio hemos elegido la ingeniería civil. La carencia de agua es un problema que nos aqueja a todos los

seres humanos, así como la calidad del mismo. Nos centraremos en los fenómenos de la infiltración.

## Marco Teórico

Los aspectos a tratar acerca de la construcción social del conocimiento matemático de la Ingeniería Civil son diversos, por lo que nos concentraremos en tres de ellos: la matematización en la ingeniería: donde se explica el porqué de la justificación matemática de los fenómenos físicos; las relaciones entre Matemáticas e Ingeniería: donde se observan las interacciones que existen entre el conocimiento científico y el matemático en la ingeniería; hacía el diseño de situaciones didácticas en Ingeniería: donde se describen algunas situaciones didácticas puestas en escena de estudiantes de la licenciatura en Ingeniería Civil que cursan la materia de Ecuaciones Diferenciales.

En un primer acercamiento se estudiará la incorporación del contenido matemático en el contexto de la ingeniería. Farfán (1997) y Romo (2009) coinciden en que el inicio de la matematización de la ingeniería tuvo lugar en l'École Polytechnique ya que fue reconocida como una de las primeras instituciones de formación de ingenieros. Farfán (1997) aborda esta temática llamándole “surgimiento de la Ingeniería Matemática” en el siglo XVIII, en él se manifiesta el proceso de institucionalización de las matemáticas en áreas propias de la ingeniería, dejando de ser una práctica tradicional. El impulsor fue Bernard Forest de Bélidor quien utilizó por primera vez la frase “La ciencia de la ingeniería” en su libro *Science des Ingeniers* (1720) en ese material surgen las primeras muestras que la ingeniería sea cada vez más matemática, particularmente que el lenguaje de la ingeniería se transforme en el lenguaje algebraico. Llama la atención la transformación que va sufriendo “el papel de las matemáticas en la ingeniería” sobre todo al convertirse en un conocimiento elitista.

De acuerdo con Gnedenko & Khalil (1979) las matemáticas para ingenieros no son un fin en sí mismo, sino más bien un medio que permitía estudiar temas de ingeniería así como un método que más tarde aplicarían en el trabajo práctico, pero así como el ingeniero requiere de las matemáticas para entender su problemática, ellos propusieron que los matemáticos estudiaran algunos tópicos de la ingeniería con el fin de que los ejemplos fueran de ese ámbito; logrando una mayor relación de la información presentada con los problemas reales.

Guthrie (2010) hace mención de la importancia de la educación y formación en la ingeniería ya que desde la mitad del siglo pasado la ingeniería se ha desarrollado tanto, que no puede separarse de la sociedad debido a sus fuertes necesidades. También hace recomendaciones acerca de cuál sería la educación idónea en ingeniería, es decir, que los estudiantes se formen de acuerdo a su ambiente o contexto de trabajo. Romo (2009), tiene como pregunta de investigación: ¿Qué lugar darle a las matemáticas en una formación de ingeniero? en su investigación encontró coincidentemente con Farfán en cuanto a el surgimiento de *l'École Polytechnique* entre 1794 -1850; y los trabajos desarrollados por la comisión internacional de la Enseñanza de las matemáticas a principios del siglo XX. Situando su pregunta de investigación en tres instituciones: las de producción, las de enseñanza y las instituciones usuarias.

Delimitando este estudio con las categorías de construcción de conocimiento matemático como la Predicción y la Modelación-Graficación en Ingeniería Civil, encontramos que

existen fenómenos naturales que son importantes ya que son propias del ejercicio de la Ingeniería. Por tanto, la resolución de problemas con información y datos recolectados de fenómenos físicos adquiere especial importancia como contexto significativo de enseñanza en los salones de clases. Cajas (2007) toma como objeto de estudio la educación de la ingeniería, sus investigaciones consideran a la ciencia como un fenómeno que trasciende a la sociedad misma: a alfabetización científica y tecnológica. Esto en su gran mayoría se debe a que el saber científico no ha logrado trascender tanto a la escuela (transposición didáctica) como a la vida cotidiana. Expresa la falta de uso del saber matemático en la vida diaria, por lo que expresa que la ciencia no es utilizada en la vida cotidiana, por tanto no hay saber funcional, se encuentra entonces, que no hay matemática que refleje el uso de conocimiento científico escolar en la vida cotidiana.

Al hablar de modelación no podemos dejar de abordar las investigaciones que han aportado al estudio de la modelación, tal es la situación del trabajo Modelación-Graficación: una categoría para la matemática escolar (Suarez, 2008). De la cual se desprenden los siguientes temas que son relevantes ya la vez logra reflejar la visión que se pretende alcanzar desde el punto de vista de la Ingeniería Civil. Define la modelación como una construcción que posee una estructura propia, constituida tanto por un sistema dinámico como por la simulación, es decir, se pueden realizar diversos ajustes en su estructura con el fin de obtener un resultado deseado siendo un medio que soporta el desarrollo del razonamiento y de la argumentación. Así también, Suárez (2008), expone que la modelación sólo es considerada como una actividad que le da un sentido de aplicación a los conocimientos adquiridos en los cursos matemáticos previos cuando puede constituirse como una herramienta para la construcción misma de conocimiento matemático.

Para Arrieta (2003) la modelación es una práctica social que se ha ejercido históricamente tanto en lo cotidiano como en lo profesional, sobre todo en el ámbito profesional cuando ha sido relacionado la mayoría de veces con fenómenos físicos, químicos o sociales (p. 85). Se destaca también las actividades que constituye el hacer, reproducir y comunicar el conocimiento matemático científico subrayando que existen separaciones y fronteras aun no definidas claramente entre la actividad matemática, científica; actividad del uso de las matemáticas y la actividad matemática escolar todos inmersos en la actividad humana (p. 96). La interacción en esta obra resulta importante ya que resalta que son las interacciones de las partes, las que caracterizan a la Socioepistemología. (p.132). Por tanto a razón de la necesidad de estudiar el proceso de adquisición y recomposición que los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil han hecho a lo largo de su vida, a fin de construir conceptos matemáticos (Hernández, 2006).

### **Metodología: Ingeniería Didáctica**

Para la elección de la puesta en escena se consideraron los siguientes factores: cursos tomados y semestre cursado, ya que se tenía el interés que en los equipos existieran los conocimientos fundamentales así como elementales para la ejecución de la práctica e interpretación de los resultados obtenidos. Para la realización de este trabajo de investigación, la obtención de datos es relevante, mismos que se adquirieron al utilizar el infiltrómetro en un suelo específico, posteriormente el desarrollo de la modelación se lleva a cabo por medio de la interpolación. El método generalmente usado en la determinación de la infiltración de un suelo específico, es el del cilindro infiltrómetro, ya que es el más adecuado debido a la posibilidad de mojar directamente una superficie mayor de suelo

(bordes, regueros en contorno, aspersión). El flujo radial se disminuye por medio de un área tampón alrededor del cilindro central, y el movimiento del agua es en dirección vertical hasta que pasa a la parte inferior de la orilla del cilindro, desde donde puede producirse un flujo bidimensional, controlado por el potencial matricial del suelo. La restricción determinante en su mayoría en el uso de cilindros infiltrómetros es que su instalación en el suelo genera un cierto grado de alteración de sus condiciones naturales ya que se destruye la estructura o compactación, que provoca una variación en la cantidad de agua que penetra en el suelo. Aunado a lo anterior, la interfase entre el suelo y el lado del cilindro metálico hace posible una entrada anormal de agua, aumentando el volumen de agua que se infiltra en un tiempo específico. Otro problema que se presenta en el uso de cilindros es el aire atrapado al interior de la columna de suelo. La dificultad del aire para escapar desde el suelo bajo condiciones de fluido saturado, crea un colchoncillo interno de aire que impide el movimiento vertical del agua, resultando velocidades de infiltración menores. Se hace hincapié que en suelos alterados, como un terreno arado, no es recomendable medir la velocidad de infiltración.

Los participantes en la puesta en escena de la situación didáctica fueron: un profesor, titular de asignatura de la licenciatura de ingeniería civil, un alumno de la maestría en matemática educativa. En la primera puesta en escena participaron diez alumnos, en la segunda puesta en escena participaron 20 alumnos, en ambas situaciones, los alumnos cursaban la materia de ecuaciones diferenciales, como parte de la currícula correspondiente al tercer semestre de la carrera de ingeniería civil. Los estudiantes han aprobado cursos de: álgebra superior, cálculo diferencial de primer semestre; de segundo semestre: cálculo integral, álgebra lineal, aunado a estas asignaturas están, geometría analítica y cinemática. El titular de la asignatura está adscrito a la Academia de Ciencias Básicas de Ingeniería y Humanísticas de la facultad de ingeniería; imparte las materias de: ecuaciones diferenciales y métodos numéricos, Los estudiantes participaron en esta secuencia como actividad, efectuándose en horario de clases, incorporándose como un práctica en la que se pretende reintegrar los contenidos de naturaleza matemática y/o físico en las ciencias de la ingeniería.

La actividad experimental se desarrolla de la siguiente manera: los alumnos seleccionan un lugar a una distancia de 2 a 5 metros, de un sitio de humedad del suelo o un sitio de caracterización del suelo, colocan dos estructuras cilíndricas en el suelo y echan agua hasta unos 5 cm. de altura. Miden y anotan el tiempo que el nivel de agua tarda en bajar una distancia fija de 2-4 cm. esta medición se repite para determinar la facilidad o dificultad con la que el agua se mueve verticalmente por el suelo. Una clase se destinó para construcción y prueba del infiltrómetro de doble cilindro y posterior mente una hora para la medición. La frecuencia con que debe realizarse esta prueba es de Tres o cuatro veces al año en el sitio de estudio de humedad del suelo. Una vez en el sitio de caracterización del suelo. En todos los casos, deben realizarse tres bloques de mediciones dentro de un radio de 5 m.

### **La primera fase de la práctica es la construcción del infiltrómetro**

1. Quitar la base de los cilindros de metal.
2. Utilizar un rotulador resistente al agua para hacer una línea que sirva de marca de referencia del tiempo, en el interior del cilindro más pequeño. La anchura de la línea debe ser de 20 a 40 mm. y a 9 cm. de la base del cilindro. Muchos cilindros suelen tener estrías o relieves que pueden servir de marcas de referencia pero aún así es conveniente hacer la marca para mayor visibilidad.

3. Medir y registrar la anchura de la línea de referencia (en mm.).
4. Medir y registrar la anchura del cilindro interno y externo (en cm.). Para que el alumnado realice medición con mayor comodidad es mejor que practique el protocolo, incluyendo la toma de tiempo, en un lugar donde se pueda obtener agua con facilidad. En un lugar arenoso, los intervalos de tiempo de infiltración serán más cortos por lo que los alumnos tendrán la oportunidad de realizar más mediciones en un periodo de tiempo establecido.

### **Segunda fase: manejando materiales**

El alumnado puede utilizar un cronómetro o un reloj con segundero para tomar el tiempo del flujo del agua que se introduce en el suelo. Si se utiliza un cronómetro, se comenzará a medir el tiempo cuando se añada el agua en el cilindro interno. Se registrará el tiempo calculado entre el tiempo de inicio y el de finalización del agua recorriendo una distancia establecida.

### **Tercera fase: desarrollo de la práctica**

1. Cortar cualquier planta (hierba) de la superficie del terreno y quitar la cobertura orgánica suelta que está sobre un área mayor que lo que ocupa el cilindro más grande. Hay que tratar de no perturbar el suelo.
2. Introducir los cilindros de 2 a 5 cm en el suelo, comenzando con el más pequeño (\*). Se puede utilizar un martillo para golpear el cilindro contra la superficie. Si se usa el martillo es aconsejable colocar un bloque de madera entre el martillo y el cilindro para distribuir homogéneamente la fuerza del martillazo. No golpear muy fuerte con el martillo para no dañar el cilindro.
3. Completar la sección superior de la Hoja de Datos de Infiltración del Suelo. Si se está utilizando un cronómetro ponerlo en marcha.
4. Añadir agua entre los dos cilindros. Mantener aproximadamente igual el nivel del cilindro externo al nivel del cilindro interno. Observar: el nivel de agua en el cilindro de fuera baja más rápidamente que el del cilindro de dentro. Añadir agua al cilindro interno justo por encima de la línea de referencia superior. Observar: que el cilindro de fuera no debe dejar escapar agua por abajo. Si sale agua, se comienza en otro lugar, se clava el cilindro externo más profundamente o se amontona barro alrededor de su base.
5. Cuando el nivel del agua en el cilindro interno alcance la marca superior de referencia, se registra el tiempo que indica el cronómetro o el reloj con segundero en la Hoja de Datos de Infiltración. Mientras se está tomando el tiempo hay que mantener el nivel de agua igual en ambos cilindros, teniendo cuidado de no derramar agua en el cilindro interno (el uso de un embudo puede ayudar) no dejar que se seque alguno de los cilindros.
6. Cuando el nivel de agua en el cilindro interno alcanza la marca inferior de referencia, se registra el tiempo. Ese es el tiempo de finalización.
7. Se calcula el intervalo de tiempo haciendo la diferencia del tiempo de inicio y el de finalización. Se registra este intervalo en la Hoja de Datos de Infiltración.
8. Se repiten los pasos 4 al 7 durante 45 minutos o hasta que entre dos intervalos de tiempo consecutivos haya 10 segundos. Algunas arcillas y suelos compactos pueden ser impermeables a la infiltración de agua por lo que el nivel de agua bajará muy poco en 45 minutos. En este caso, se registra el cambio de la profundidad del agua, si lo hay,

- con precisión en mm. Se registra el momento en que se termina de observar, como el tiempo de finalización. La medición de infiltración consistirá en un sólo intervalo.
9. Retirar los cilindros. ESPERAR 5 MINUTOS.
  10. Se mide la humedad del suelo cercano a la superficie (0 - 5 cm. de profundidad) del lugar de donde se han retirado los cilindros. Se debe seguir el Protocolo Gravimétrico de Humedad de Suelo. Sólo es necesario coger una muestra.
  11. Se realizan dos mediciones más de infiltración dentro de un área de un diámetro de 5 m. Estas mediciones se pueden realizar a la vez si hay otros grupos, o bien, a lo largo de varios días (si el contenido de agua en el suelo no se ha modificado por la lluvia). No pasa nada si series múltiples tienen el mismo número de lecturas. Si se toman más de tres bloques de mediciones, se enviarán los tres mejores.

#### Cuarta Fase: Medición de los datos

La velocidad de infiltración se determina dividiendo la distancia a la que el nivel de agua decrece, por el tiempo que se requiere para que disminuya este nivel. Esto es lo mismo que la anchura de la banda de referencia del infiltrómetro dividida por la diferencia entre el tiempo de inicio y el tiempo de finalización de un intervalo. La Hoja de Datos de Infiltración puede utilizarse para registrar los datos y ayuda a calcular los valores que se necesitan para determinar los resultados de las mediciones. La velocidad del flujo para cada intervalo de tiempo es el valor medio durante un intervalo. La velocidad del flujo debe determinarse en el punto medio de los tiempos de intervalo. La infiltración debería disminuir con el tiempo y es importante llevar la cuenta del tiempo acumulado desde cuando se añadió el agua por primera vez en el cilindro interior. La tabla y el gráfico que aparecen a continuación demuestran cómo calcular la velocidad de infiltración y cómo plasmarla en un gráfico.

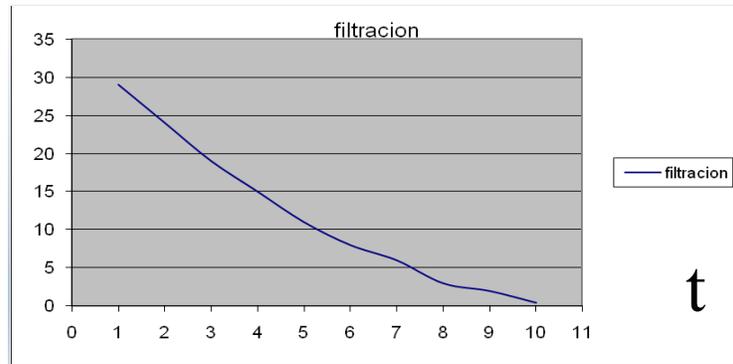
#### Resultados

Se analizaron los resultados obtenidos por los alumnos y posteriormente se analizó por medio de la ecuación de Horton (Aparicio, 2004) y por la fórmula de Interpolación de Newton. Primera toma de muestra

T inicial	T final	intervalo	Punto medio	acumulado	Velocidad
1.56	3.23	1.27	2.39	2.39	15.74
3.25	4.55	1.30	4.10	4.10	10.38
4.56	6.53	2.27	5.54	5.54	8.81
6.58	9.24	3.06	8.31	8.31	6.53
9.26	12.49	3.23	11.27	11.27	6.1
12.50	16.36	3.46	14.43	14.43	5.7
16.39	20.37	3.58	18.38	18.38	5.2
20.43	24.59	4.16	22.51	22.51	4.8
25.00	29.20	4.20	27.03	27.03	4.7

Tabla 1 Datos obtenidos por el equipo uno de la primera puesta en escena

Al graficar los datos se obtiene:



Gráfica 1. Gráfica que representa el tiempo en contra de la velocidad de filtración de la tierra del equipo uno de la primera puesta en escena.

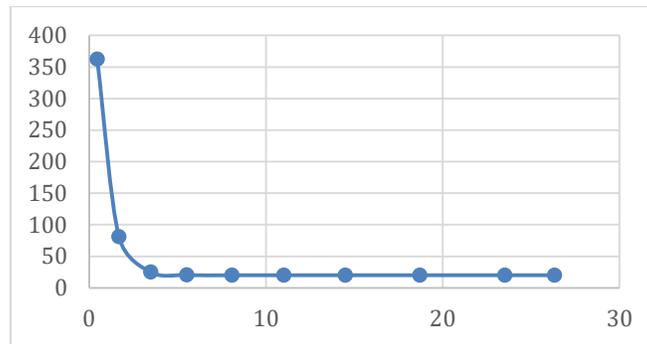
Entre las observaciones de los alumnos se encontraron las siguientes argumentaciones:

“Qué la velocidad de filtración que posee la tierra depende directamente de la cantidad de agua que se encuentre concentrada en esta, lo cual se puede apreciar que al inicio de la práctica la velocidad de filtración encontrada fue alta, mientras que al transcurrir diferentes intervalos de tiempo, la velocidad de filtración es más lenta”.

Posteriormente se procedió a utilizar los datos obtenidos por los alumnos para analizarlos por medio de la Ecuación de Horton, se realiza con los datos proporcionados por el equipo 1 (Tabla No. 1)

$$f_p = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

(1)



Gráfica 2 Gráfica que representa el tiempo en contra de la velocidad de infiltración de la tierra determinado por la ecuación de Horton.

De la tabla anterior se construye a partir de la siguiente expresión el polinomio de interpolación de Newton:

$$y_n = y_0 + n\Delta y_0 + \frac{n(n-1)}{2!} \Delta^2 y_0 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} \Delta^3 y_0 + \dots + n\Delta^{n-1} y_0 + \Delta^n y_0 \dots \dots \quad (2)$$

Donde  $n = \frac{x - x_0}{h}$ , el valor inicial de infiltración es  $y_0 = 10.31 \text{ cm}$  y los espaciamientos de tiempo o intervalo de tiempo es  $h = 5 \text{ min}$

Si reordenamos algunos términos para simplificar la ecuación tenemos que:

$$= 10.31 + \left(\frac{x-5}{5}\right) \left[\frac{(-3.39)}{1!}\right] + \left(\frac{x-5}{5}\right) \left(\frac{x-5}{5} - 1\right) \left[\frac{(1.56)}{2!}\right]$$

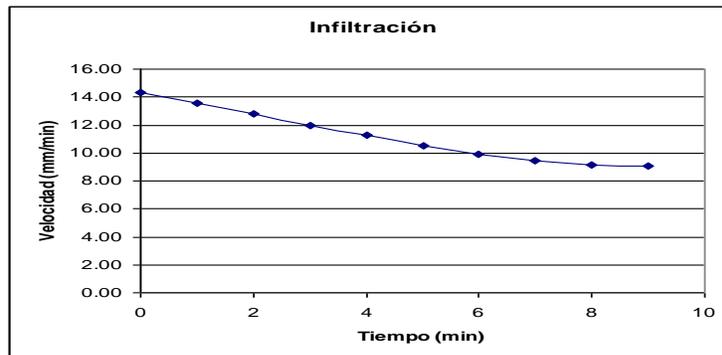
$$+ \left( \frac{x-5}{5} \right) \left( \frac{x-5}{5} - 1 \right) \left( \frac{x-5}{5} - 2 \right) \left[ \frac{(-0.45)}{3!} \right]$$

$$+ \left( \frac{x-5}{5} \right) \left( \frac{x-5}{5} - 1 \right) \left( \frac{x-5}{5} - 2 \right) \left( \frac{x-5}{5} - 3 \right) \left[ \frac{(-1.42)}{4!} \right]$$

Finalmente multiplicando todos los coeficientes de cada “X” por los términos correspondientes y reduciendo los términos semejantes se obtiene la ecuación que modela los datos de la tabla de valores antes proporcionados:

$$\underline{-0.000095 x^4 + 0.00415 x^3 - 0.03x^2 - 0.715x + 14.26}$$

Con el polinomio obtenido se construyen la siguiente gráfica.



Gráfica 3 Gráfica de Infiltración por medio del polinomio de Newton. Velocidad (mm/min) contra Tiempo (min).

De igual forma si se requiere hacer un análisis cada cuatro minutos, se utilizará el mismo polinomio de interpolación pero ahora el valor inicial de infiltración es de  $y_0=10.938 \text{ cm}$  y los espaciamientos de tiempo o intervalo de tiempo es de  $h=4 \text{ min}$

$$= 10.938 + \left( \frac{x-4}{4} \right) \left[ \frac{(-2.712)}{1!} \right] + \left( \frac{x-4}{4} \right) \left( \frac{x-4}{4} - 1 \right) \left[ \frac{(0.624)}{2!} \right]$$

$$+ \left( \frac{x-4}{4} \right) \left( \frac{x-4}{4} - 1 \right) \left( \frac{x-4}{4} - 2 \right) \left[ \frac{(0.222)}{3!} \right]$$

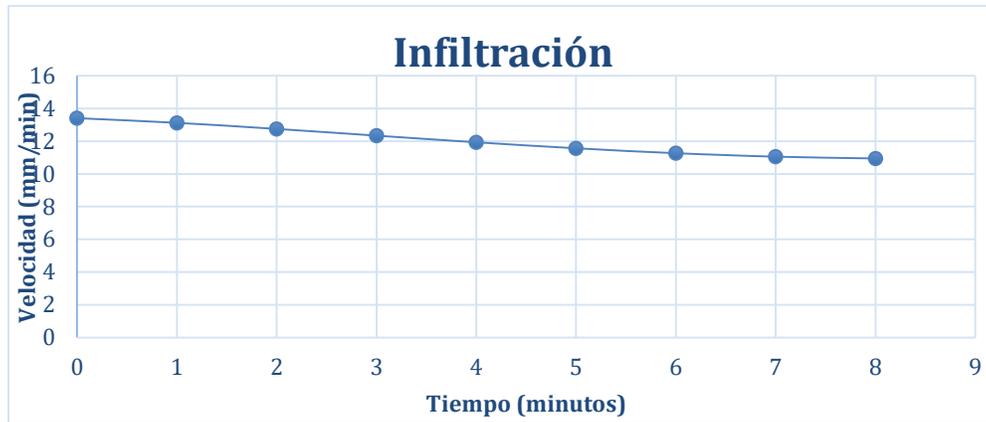
$$+ \left( \frac{x-4}{4} \right) \left( \frac{x-4}{4} - 1 \right) \left( \frac{x-4}{4} - 2 \right) \left( \frac{x-4}{4} - 3 \right) \left[ \frac{(-0.402)}{4!} \right]$$

$$+ \left( \frac{x-4}{4} \right) \left( \frac{x-4}{4} - 1 \right) \left( \frac{x-4}{4} - 2 \right) \left( \frac{x-4}{4} - 3 \right) \left( \frac{x-4}{4} - 4 \right) \left[ \frac{(-0.692)}{5!} \right]$$

Finalmente multiplicando todos los coeficientes de cada “X” por los términos correspondientes y reduciendo los términos semejantes se obtiene la ecuación que modela los datos de la tabla de valores antes proporcionados:

$$\underline{0.0000055 x^5 - 0.000395 x^4 + 0.01058 x^3 - 0.729 x^2 - 0.222208 x + 14.26}$$

Con el polinomio obtenido se construyen la siguiente gráfica:



Gráfica 4. Gráfica de Infiltración por la fórmula de interpolación de Newton. Velocidad (mm/min) contra Tiempo (min).

## Conclusiones

Como un método de predicción en el fenómeno de infiltración se encuentra el método de Horton usado comúnmente para ejemplificar el comportamiento de dicho fenómeno, a pesar de que este método generaliza los tipos de suelos, dando como parámetros únicamente tres clasificaciones, partiendo de factores sin gran relevancia tales como: la vegetación en términos “desnudo o cubierto de vegetación” cuando en realidad esas son solo condiciones ideales. De aquí que, reflexionando a partir de los resultados del análisis de fenómeno de infiltración por medio de la ecuación de Horton y del polinomio de interpolación de Newton, se concluye que lejos de unificar y uniformizar el tipo de suelo, el polinomio de interpolación es una herramienta que logra ejemplificar explícitamente y con mayor veracidad dicho fenómeno ya que se obtiene una gráfica de datos que manifiesta el comportamiento clave de éstos, logrando así uno de los “beneficios” de este estudio: la predicción de fenómenos físicos mediante la modelación.

## Referencias

- Aparicio, F. (2004). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Editorial Limusa. México.
- Arrieta, J. (2003). Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula. *Tesis de Doctorado. No Publicada*. CINVESTAV, México
- Cajas, F. (2013). La formación de Ingenieros/as Civiles y Matemáticos/as en la Actualidad: Tendencias y Desafíos. *II seminario-taller centroamericano de armonización académica regional de las licenciaturas en Ingeniería Civil y matemática*. Gdl., México.
- Cajas, F. (2007) De Parvulitos a las Ingenierías: *Alfabetización Científico- Tecnológica; Democracia y Educación*, Olmedo España y Bienvenido Argueta, Editores. Editorial de la Universidad de San Carlos de Guatemala. 239-258.
- Cordero, F. (2013) Matemáticas y el cotidiano. Diplomado. *Desarrollo de Estrategias de Aprendizaje para las Matemáticas del Bachillerato, La transversalidad Curricular de las Matemáticas*. Documento interno de trabajo.
- Farfán, R. (1997). *Ingeniería Didáctica: un estudio de la variación y el cambio*. Editorial Iberoamérica. México D. F.

- Gnedenko, B.V., Khalil, Z. (1979). *La educación matemática de los ingenieros*, Ciencias de la Educación en Matemáticas, Volumen 10.
- Guthrie, P. (2010). Beyond Systems Engineering – Educational Approaches for the 21st Century. En D. Grasso, M.B. Burkins (eds.), *Holistic Engineering Education*, Springer Science BusinessMedia.
- Hernández, H. (2006). Una visión Socioepistemología de la matematización del movimiento: del binomio de Newton a la serie de Taylor. *Tesis de maestría no publicada*. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- UNACH (2007) *Plan de estudios de la Licenciatura Ingeniería Civil*. Facultad de Ingeniería UNACH-México.
- Romo A. (2007). The role of mathematical knowledge in a practical activity engineering projects at university level. *CERME 5*, 2007.
- Suarez, T. (2008). *Modelación-Graficación, una categoría para la matemática escolar. Resultado de un estudio socioepistemológico*. Tesis doctoral no publicada, Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav-IPN, México.

### **Autores**

Adriana Atenea de la Cruz Ramos; UNACH. México; [ateneadr@hotmail.com](mailto:ateneadr@hotmail.com)

Miguel Solís Esquinca; UNACH. México; [solise@unach.mx](mailto:solise@unach.mx)

Hipólito Hernández Pérez; UNACH. México; [polito\\_hernandez@hotmail.com](mailto:polito_hernandez@hotmail.com)