



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Facultad de Ingeniería

**RETROSPECTIVA DE UN EGRESADO DE  
INGENIERÍA CIVIL SOBRE SU APRENDIZAJE  
DE LAS MATERIAS BÁSICAS**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO  
EN INGENIERÍA CIVIL

PRESENTA  
**LUIS ARTURO CASTRO ESPINOSA**

ASESOR Y DIRECTOR DE TESIS  
**ING. FÉLIX AUGUSTO CÉSAR PÉREZ CÓRDOVA**

PUEBLA, ABRIL DE 2022.



**BUAP**

Oficio No. SAC/0160/2022

**C. Luis Arturo Castro Espinosa -201536144-  
Pasante de la Licenciatura en Ingeniería  
Civil  
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional en línea, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**"RETROSPECTIVA DE UN EGRESADO DE INGENIERÍA CIVIL SOBRE SU APRENDIZAJE DE LAS MATERIAS BÁSICAS"**

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Asesor Interno de tema al Dr. Félix Augusto César Pérez Córdova.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

**Atentamente**

**"Pensar bien, para vivir mejor"**

**H. Puebla de Z. a 27 de enero de 2022**

**M. C. Víctor Galindo López  
Secretario Académico**



**M'ACGZ /barv  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo**

Facultad  
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
222 229 55 00 Ext. 7610

**M. I. Ángel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**P r e s e n t e.**

El que suscribe: Dr. Félix Augusto César Pérez Córdova, asesor del tema de tesis:

“RETROSPECTIVA DE UN EGRESADO DE INGENIERÍA CIVIL SOBRE SU APRENDIZAJE DE LAS MATERIAS BÁSICAS”

Presentada por el C. Luis Arturo Castro Espinosa -201536144-, pasante del Colegio de Ingeniería Civil, y en atención al oficio No. SAC/0160/2022 con fecha de emisión 27 de enero de 2022, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar su impresión.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**A t e n t a m e n t e**  
“Pensar bien, para vivir mejor”  
H. Puebla de Z. a 02 de febrero de 2022

**Dr. Félix Augusto César Pérez Córdova**  
**Asesor de Tema y Tesis**

D'FACPC/BARV  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

## RESUMEN

La sociedad vive en un mundo dominado por la tecnología, y debe aprovechar las herramientas que ésta proporciona. Este documento, pretende mostrar que la educación es un campo fértil que, puesta en acción con los medios apropiados, asegura la formación y desarrollo del ser humano en sus connotaciones de modelado y conformación; ésta va más allá de la enseñanza que se restringe a lo meramente cognoscitivo, pues reconoce que la misión del didactismo es el autodidactismo. La Facultad de Ingeniería, como pionera y referente, tiene la oportunidad de seguir marcando nuevos caminos si aplica la tecnología de manera racional.

Las matemáticas, disciplinas inundadas de conceptos abstractos difíciles de imaginar, pueden abordarse de forma más comprensiva a través del uso de simuladores computacionales y aterrizarlas a problemas cotidianos de ingeniería haciendo lo abstracto y procedimental en algo más concreto y útil.

Este trabajo final, es la mirada retrospectiva de un estudiante al final de su tránsito por la universidad, que encuentra que las materias básicas son un área de oportunidad y muestra que, si se implementara la simulación como herramienta de apoyo didáctico, se lograría una mejora en la comprensión que reduciría el índice de reprobación en estas asignaturas y, lo más importante, abordarían su etapa formativa de manera más provechosa.

Finalmente, se muestra que el alcance de los simuladores es ilimitado, desde una simple gráfica de la derivada, hasta la simulación de un sismo, por lo tanto, deberían incluirse dentro del currículum de la carrera para beneficiar académica y profesionalmente a los egresados; así como mejorar a la ingeniería civil mexicana.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	4
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	7
AGRADECIMIENTOS.....	8
DEDICATORIA .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
CAPITULO I. ANTECEDENTES .....	12
I.1. Marco teórico.....	13
CAPITULO II. METODOLOGÍA .....	25
II. 1. El arribo a la facultad de ingeniería .....	25
Dominio de las matemáticas en general .....	25
Matemática y realidad. ....	25
II. 2. Currículum de materias básicas en ingeniería.....	26
Materias básicas de ingeniería en general .....	26
Materias básicas específicas de ingeniería civil .....	26
II. 3. Metodología de enseñanza .....	27
Aprendizaje por memorización de procedimientos.....	27
Nivel de comprensión .....	27
CAPÍTULO III. UNA NUEVA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE .....	30
III. 1. La experiencia de un egresado de ingeniería con el aprendizaje de las materias básicas.....	30
Conceptos difíciles de comprender .....	30
Aprendizaje a través de simuladores .....	31
III. 2. Simuladores de conceptos relacionados con matemáticas .....	32
Resolución de problemas reales .....	34
Aplicación del cálculo mental para fomentar el desarrollo del criterio ....	35
Exploración y descubrimiento de conceptos .....	36
III. 3. Testimonio personal sobre la metodología ideal.....	37
Metodología tradicional contra nuevas metodologías .....	37
CONCLUSIONES .....	38

RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS O APÉNDICES .....	42

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 - Tipos de aprendizaje en los niños .....	20
Figura 2 - Función del lenguaje.....	21
Figura 3 - Desarrollo Próximo .....	21
Figura 4 - Desarrollo Próximo visto desde arriba .....	22
Figura 5 - Simulador Suma de vectores.....	32
Figura 6 - Simulador Caja de lámina.....	33
Figura 7 - Simulador de velocidad media.....	33
Figura 8 - Simulador de grúa .....	34

## AGRADECIMIENTOS

*“Primero quiero agradecer a mi tutor, Dr. Félix Augusto César Pérez Córdova, por su paciencia, conocimiento y experiencia. Su guía fue clave para la conclusión de este trabajo; fue un verdadero placer haber trabajado junto a él.*

*Una mención especial para la M. I. Silvia Contreras Bonilla, que de igual manera aportó sus conocimientos y tiempo para la consolidación de esta investigación.*

*Agradezco a los docentes que me guiaron durante mi vida académica; gracias por los conocimientos brindados, sin ellos yo no estaría hoy aquí.”*

Muchas gracias a todos.



## DEDICATORIA

*“Si dijera que he llegado solo hasta aquí sería una mentira, la dedicación y disciplina es algo que he aprendido de mi familia, maestros y todas las personas que me han acompañado a lo largo de mi vida. Por esta razón esta investigación va para todo aquel que me dejó una enseñanza durante este camino, cada granito de arena que aportaron está reflejado en este trabajo y en mi persona.*

*Sin duda, cada una de las personas que participaron en esta investigación tendrán un lugar especial en ella, pero sobre todo este trabajo tiene un significado para mí; es un recordatorio de que cuando se desea lograr algo, se tiene que trabajar para conseguirlo, y recorrer a veces un largo camino, pero aquí está el fruto del esfuerzo y horas de estudio.*

*Por último, no menos importante, agradecer a mi familia y amigos, especialmente a mis padres, a mi hermano y a mi novia; su apoyo incondicional y acompañamiento; me demuestran lo afortunado que soy de tenerlos.”*

## INTRODUCCIÓN

La tecnología está en constante evolución; procesos y actividades se han transformado para aprovecharla, pero uno de los sectores que se ha resistido a estos cambios, ha sido el educativo.

Desafortunadamente, la enseñanza de la tecnología sin el uso de didáctica ha causado rezago en la educación; todo aquél que ha tenido la oportunidad de formarse como ingeniero sabe que no existe un problema sin solución; y es su responsabilidad explorar, descubrir, proponer e implementar nuevas soluciones o métodos para que este rezago disminuya.

Las matemáticas son el eje transversal de todo el conocimiento, por ello la importancia de su estudio, comprensión y aplicación. Las asignaturas que derivan de esta poseen gran relevancia en los planes de estudio de todos los niveles educativos.

Cada grado educativo superior implica mayor complejidad en su contenido y más dificultad en su enseñanza; esto, siempre ha sido un reto para los docentes en todos los niveles; y en la educación superior, principalmente del área de ingeniería y tecnología cobra una mayor relevancia pues está presente en todas las asignaturas; desafortunadamente, es en la que los estudiantes presentan mayor rezago y calificaciones no aprobatorias, causadas por la falta de interés derivada de su dificultad de comprensión con los métodos de enseñanza tradicionales.

La ingeniería se basa en razonamientos lógico-matemáticos para resolver problemas; dicen los profesores que las matemáticas están en el plan de estudios para hacer la mente más ágil y abordar de mejor manera cada problema para hallar su solución. Ciertamente son indispensables, pero desafortunadamente hay un porcentaje importante de alumnos que no lo consideran así; ese desinterés es el que importa abordar para proponer un cambio.

Lo anterior conduce a cuestionar si la manera en que se enseñan las matemáticas es la correcta, o si es necesario, y posible, modificar radicalmente esta metodología aprovechando de forma racional la tecnología.

Actualmente existen aplicaciones y juegos para dispositivos móviles que requieren de las matemáticas, y los niños y también los jóvenes los manejan con el atractivo de ser justamente eso, un juego, un desafío que abordar para poder “ganar”. Esta contradicción es uno de los aspectos a desentrañar en esta investigación, comparar la enseñanza de materias básicas de ingeniería de la manera tradicional con un método basado en cierta lúdica que permita

una mejor comprensión; que desde el punto de vista de un egresado es mejor y más agradable. Hay dos principios de la pedagogía constructivista; el primero dice que cada vez que se le enseña algo a un alumno se le roba la oportunidad de descubrirlo; el segundo afirma que para el niño; el juego no es lo más importante, sino lo único importante. El segundo se ha usado como justificación para eludir la lúdica como recurso de enseñanza para los estudiantes universitarios; los tres renglones iniciales de este párrafo muestran que el joven sigue llevando al niño que fue, y debe aprovecharse este aspecto en la enseñanza superior. Ésta, es una mirada retrospectiva de un egresado sobre, cómo habría sido su aprendizaje de matemáticas si los docentes hubiesen aplicado herramientas didácticas en su explicación y las hubiesen enseñado explorando, descubriendo y jugando con ellas.

El objetivo de esta investigación es demostrar las ventajas que tiene la enseñanza de la ingeniería cuando se utilizan programas computacionales didácticos, que faciliten la comprensión de conceptos y desarrollen el pensamiento heurístico, en comparación con la metodología actual según la retrospectiva de un egresado de la facultad de ingeniería.

Dentro del objetivo general de la presente investigación se puede trabajar con demostrar el valor de las herramientas computacionales como apoyo didáctico en el estudio de las matemáticas; además, comparar las herramientas de enseñanza comunes con las computacionales, en el ámbito de esta disciplina; como finalmente, una reflexión del autor en externar la visión de un egresado de ingeniería, respecto a cómo habría sido su proceso de aprendizaje, de ésta y otras disciplinas, si lo hubiera realizado en un ambiente basado en didáctica constructivista.

El uso de programas computacionales de simulación en la enseñanza de materias básicas, sobre todo matemáticas, incrementa el nivel de comprensión de conceptos, mejora su nivel académico y le permite apropiarse de los conocimientos para aplicarlos en su vida profesional.

## CAPITULO I. ANTECEDENTES

### **Conductismo, o Teoría Pedagógica Conductista**

El antecedente a las teorías pedagógicas actuales conocidas como corriente constructivista lo constituye la corriente Conductista o simplemente Conductismo.

El conductismo inició su trayectoria como filosofía científica en 1913 gracias a un artículo del psicólogo John B. Watson. En los cien años transcurridos desde entonces, el conductismo ha evolucionado, con sus distintas versiones y modalidades, para ramificarse en una ciencia del comportamiento independiente.

Pero la teoría conductista se basa en las teorías de Iván P. Pávlov (1849-1936) que se centran en el estudio de la conducta observable para controlarla y predecirla. Su objetivo es conseguir una conducta determinada.

Con base en los estudios de Pávlov sobre el reflejo condicionado y de Thorndike, cuya obra *Las Aritméticas de Thorndike*, basada en la Ley del Efecto que le ganaron el título de Padre de la Psicología Educativa Moderna y el no menos reconocido B.F. Skinner, creador del conductismo operante cuyas teorías fueron conocidas como el Skinnerismo, el Conductismo dominó durante la primera mitad del siglo XX.

Esta corriente afirma que la base fundamental de todo proceso de enseñanza-aprendizaje se halla representada por un reflejo condicionado, es decir, por la relación asociada que existe entre la respuesta y el estímulo que la provoca. En general se centra en el estudio de la conducta observable para controlarla y predecirla. Su objetivo es conseguir una conducta determinada.

Los conductistas definen el aprendizaje como la adquisición de nuevas conductas o aprendizajes a partir del refuerzo que premia o castiga según la respuesta lograda; los resultados son poco claros porque se producen comportamientos reactivos emocionales, que perturban el aprendizaje e invalidan a la persona.

Sin embargo, si es aplicado en forma correcta, el refuerzo puede modificar con éxito el comportamiento y estimular el aprendizaje, pero nunca la formación integral del alumno.

En las prácticas escolares el conductismo ha conducido a que:

- La motivación sea ajena al estudiante.

- Se desarrolle únicamente la memoria.
- Cree dependencias del alumno a estímulos externos.
- La relación educando-educador sea sumamente pobre.
- La evaluación se asocie a la calificación y suele responder a refuerzos negativos.

## **I.1. Marco teórico**

Aprender es el reflejo más natural que tiene el ser humano; tal cual, cada día, cada hora, cada momento de la vida se está aprendiendo o llevando a cabo algún proceso que va a llevar a adquirir un aprendizaje.

La educación a lo largo de la historia ha tenido muchas grandes mentes dedicadas en cuerpo y alma a su estudio, desde el origen de ésta hasta cómo mejorarla. Teorías sobre la educación y el aprendizaje hay muchas, pero hay una en particular que ha sido clave para la construcción de los modelos pedagógicos modernos; la teoría constructivista o simplemente Constructivismo.

Éste, consiste fundamentalmente en asignar al estudiante el papel central como constructor de su propio conocimiento y al docente como un intermediario entre el alumno y dicho conocimiento, a partir de distintos métodos que proponen las Teorías de Aprendizaje en un modo muy general, en que para que exista un aprendizaje, antes el sujeto debe tener algún conocimiento previo ya sea involuntario o voluntario para, de esta manera, complementarlo, conjuntarlo y acrecentarlo, es decir, reorganizarlo para construir algo nuevo.

El constructivismo no es sólo una teoría, sino un conjunto de teorías que conforman una corriente pedagógica, que postula la necesidad de proporcionar al estudiante las herramientas necesarias que le permitan construir sus propios procedimientos para resolver una situación problemática, lo que implica que sus ideas puedan verse modificadas y siga aprendiendo. Propone que, durante el proceso de enseñanza, sea participativo, de modo que el conocimiento sea una auténtica construcción operada por la persona que aprende. Distintos Teóricos han planteado sus ideas como métodos de aprendizaje. Se mencionan en seguida los más reconocidos con sus ideas principales.

## **Jean Piaget 1896 – 1980 La Psicología Evolutiva**

Piaget fue el representante principal de la Psicología Evolutiva, cuyo enfoque básico es la denominada Epistemología Genética que estudia el conocimiento del mundo a través de los sentidos que captan la información del exterior y la transforman en construcciones que se organizan en Estructuras a través de las que el sujeto entiende al mundo. Estudia también el Desarrollo de la Inteligencia a través del Proceso de Maduración Biológica y del Aprendizaje del que distingue, uno amplio que es propiamente el Desarrollo de la Inteligencia, proceso espontáneo y continuo que incluye: Maduración, Experiencia, Transmisión Social y Desarrollo del Equilibrio; y otro sencillo que consiste en adquisición de respuestas específicas. Conviene hacer la distinción entre una Teoría del Aprendizaje, que explica el Proceso del Aprendizaje, y una Teoría de Instrucción que ofrece un modelo para aplicar esta teoría.

### **Desarrollo y aprendizaje**

Según Piaget, el desarrollo es un proceso espontáneo, vinculado a todo el proceso de embriogénesis que se refiere al desarrollo del cuerpo (sistema nervioso y funciones mentales) y termina en la adultez.

En cambio, el aprendizaje es provocado por situaciones: psicológicas, por una enseñanza o por una situación externa.

El desarrollo y el aprendizaje van de la mano, el primero determina las posibilidades del segundo, pero no es una suma de experiencias sino un proceso esencial en el que cada elemento de aprendizaje se da como una función del desarrollo total.

*El conocimiento, dice Piaget, no es una copia de la realidad; conocer un objeto es actuar sobre él, modificarlo, transformarlo y entender cómo está construido.*

Entonces, para entender el desarrollo del conocimiento, se debe comenzar con la idea de operación. La operación es la esencia del conocimiento, es una acción interiorizada; por ejemplo: reunir objetos para construir una clasificación ordenada o seriada, contar o medir. Es un conjunto de acciones que modifican el objeto, reversibles; como sumar y restar, unir y separar. La operación, vinculada a otras operaciones, es una parte de la estructura total. El problema central del desarrollo es entender la formación, elaboración, organización y funcionamiento de estas estructuras.

## ***Jerome Bruner 1915 – 2016 Aprendizaje por descubrimiento***

Se inicia la presentación de la Teoría de Aprendizaje por descubrimiento como la plantea su autor Jerome Bruner, y se agrega luego un comentario propio sobre su aplicación en la educación superior.

Psicólogo, como Piaget, su teoría es muy amplia se muestran por tanto solamente las implicaciones en la educación, y más específicamente en la pedagogía.

El aprendizaje por descubrimiento se funda en el principio de que el instructor debe motivar a los estudiantes a que ellos mismos descubran relaciones entre conceptos y construyan proposiciones.

En palabras de Bruner: "la enseñanza por descubrimiento generalmente implica no tanto el proceso de conducir a los estudiantes a descubrir lo que hay ahí fuera, si no a descubrir lo que tienen en sus propias mentes"

Promueve el diálogo activo, mismo que el aprendizaje socrático, en que el instructor y el estudiante deben involucrarse en un diálogo que va descubriendo la verdad; denominado también dialéctica materialista.

El instructor debe asegurarse de que la información con la que el estudiante interacciona esté en un formato apropiado para su estructura cognitiva, que sea comprensible para su nivel de conocimientos.

Currículo espiral: significa que el currículo debe estar organizado de forma espiral, es decir, trabajando periódicamente los mismos contenidos, pero cada vez con mayor profundidad. Esto para que el estudiante continuamente modifique las representaciones mentales que ha venido construyendo.

Extrapolación y llenado de vacíos: La instrucción debe diseñarse para hacer énfasis en las habilidades de extrapolación y llenado de vacíos que haya en los temas, por parte del estudiante.

Primero la estructura: Significa enseñar a los estudiantes primero la estructura o patrones de lo que están aprendiendo, y después concentrarse en los hechos.

### **Comentarios extraídos de las distintas orientaciones recibidas:**

Existe amplio consenso de que los métodos más apropiados para la enseñanza de la ingeniería son aquellos de la corriente constructivista. En educación básica, esta metodología se apoya en múltiples materiales didácticos existentes como regletas y bloques, con los que el alumno

construye nociones de operaciones básicas, descubrir las fórmulas de superficie o volumen. En ingeniería, los conceptos a enseñar son sistemas complejos cuya comprensión requiere del dominio de nociones previas.

¿Cómo puede, el profesor de ingeniería, hacer que el estudiante manipule conceptos, para explorar cómo funciona un sistema físico, investigar cómo está construido y descubrir las variables involucradas y su significado? La respuesta está en la simulación, “proceso de diseñar un modelo de un sistema real y experimentar con él, con la finalidad de comprender su comportamiento”.

La mejor manera de lograrlo es a través de programas computacionales que no sólo funcionen correctamente, sino que tengan un diseño didáctico para permitir al alumno explorar.

Ciertamente el descubrimiento es un acto que se internaliza y perdura en el alumno por ser él quien lo ha logrado, por haber sido su descubridor. Pero el descubrimiento puede ser casual, fortuito, en algunos casos; en la visión del asesor de esta tesis, el momento más importante es el previo al descubrimiento; el de la exploración, ya que es ahí donde pone a prueba sus creencias, sus conceptos. El error en este momento puede incluso ser más valioso que el mismo descubrimiento ya que le permite al alumno corregir sus conceptos, que tal vez arrastró durante largo tiempo; reconstruir el sistema mental que creía ya terminado e iniciar nuevamente desde el nivel de esquema, como la modificación del trazo de un camino que estaba equivocado. Entonces, el asesor muestra una teoría propia de aprendizaje alterna o complementaria, a la que denomina: “Aprendizaje por exploración”, teoría que ha presentado en diversos foros, y en la que en gran parte se basan los modelos desarrollados en la facultad.

### ***David Ausubel 1918 – 2008 Aprendizaje Significativo***

Esta teoría se ocupa principalmente del aprendizaje de manera significativa en oposición a la memorización o al aprendizaje mecánico. Es conveniente hacer algunas observaciones y definiciones antes de comenzar a abordarla:

En la década de los 70's, las propuestas de Bruner sobre Aprendizaje por descubrimiento estaban tomando fuerza. En ese momento, las escuelas buscaban que los alumnos construyeran su conocimiento a través del descubrimiento de las nociones implicadas en los contenidos. Ausubel considera, entonces, que el aprendizaje por descubrimiento no debe ser presentado como opuesto al aprendizaje por exposición (recepción), ya que



éste puede ser igual de eficaz, si se cumplen ciertas características. Así, el aprendizaje escolar, puede darse por recepción o por descubrimiento como estrategia de enseñanza y se puede lograr un aprendizaje significativo, o memorístico y repetitivo.

Según el Aprendizaje Significativo, los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva a la estructura cognitiva del alumno, cuando el estudiante relaciona los nuevos conocimientos con otros anteriormente adquiridos. Otra condición es que el alumno se interese por aprender lo que se le está mostrando.

El Aprendizaje Significativo es opuesto al aprendizaje de contenidos carentes de sentido como la memorización de parejas asociadas o de palabras o sílabas sin sentido. Dicho término se refiere tanto a un contenido con estructuración lógica y clara (significatividad lógica), como a aquel material que potencialmente puede ser aprendido por el alumno por los conocimientos anteriores que posee (significatividad psicológica).

Aprendizaje perceptivo o receptivo significa que los contenidos y estructura del material a aprender los establece el profesor. El aprendizaje receptivo se opone al que se efectúa por descubrimiento. Ausubel sin embargo también asigna valor a este tipo de aprendizaje.

Ventajas del Aprendizaje Significativo:

- Produce una retención más duradera de la información.
- Facilita adquirir nuevos conocimientos relacionados con los anteriormente adquiridos de forma significativa, ya que al estar claros en la estructura cognitiva se facilita la retención del nuevo contenido.
- La nueva información al ser relacionada con la anterior, es guardada en la memoria a largo plazo.
- Es activo, pues depende de la asimilación de las actividades de aprendizaje por parte del alumno.
- Es personal, ya que la significación de aprendizaje depende de los recursos cognitivos del estudiante.

Requisitos para lograr el Aprendizaje Significativo:

- **Significatividad lógica** del material: que el material que presenta el maestro al estudiante esté organizado, para que se dé una construcción de conocimientos.

- **Significatividad psicológica** del material: que el alumno conecte el nuevo conocimiento con conocimientos previos y los comprenda.
- Actitud favorable del alumno: ya que el aprendizaje no puede darse si el alumno no lo desea. Este es un componente de disposiciones emocionales y actitudinales, en donde el maestro sólo puede influir a través de la motivación.

En la significatividad psicológica, podríamos hacer la analogía precisamente con nuestra rama de la construcción, para que exista una casa, primero se deben construir los cimientos para poder desplantar, después vienen los castillos, muros y losas y finalmente los acabados. La unión de cada proceso va a constituir una casa, exactamente igual sucede con el aprendizaje, necesita de procesos previos para existir.

Conceptos recuperables para el proyecto:

- El aprendizaje por descubrimiento no es opuesto al aprendizaje por exposición (recepción)
- El material que se presenta debe estar organizado, para que se dé una construcción de conocimientos. (significatividad lógica) y debe estar relacionado con conocimientos previos del alumno (significatividad psicológica)

### ***Lev Vygotsky 1896 – 1934 La Zona de Desarrollo Próximo***

La teoría de Vygotsky se basa principalmente en el aprendizaje sociocultural de cada individuo y por lo tanto en el medio en el cual se desarrolla. Vygotsky, aborda la relación general entre aprendizaje y desarrollo y rasgos específicos de dicha relación cuando los humanos alcanzan la edad escolar.

Todo aprendizaje que el niño encuentra en la escuela tiene una historia previa; los niños empiezan a estudiar aritmética en la escuela, pero ya antes han tenido alguna experiencia con cantidades y con operaciones de suma, resta, etc. y determinación de tamaños; poseen su propia aritmética previa a la escuela.

Con sus primeras preguntas, el pequeño asimila los nombres de los distintos objetos de su entorno, aprende el lenguaje a partir de los adultos y aprende también cómo actuar.

Para establecer las dimensiones del aprendizaje escolar, define un nuevo concepto: la zona de desarrollo próximo.

El aprendizaje debe compararse con el desarrollo o nivel evolutivo del niño, y se deben delimitar dos niveles evolutivos:

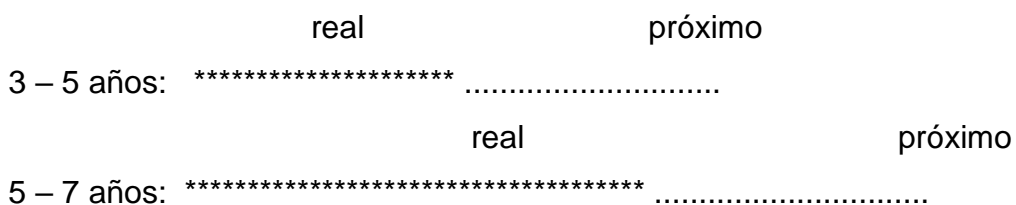
El primero se denomina Nivel Evolutivo Real o Desarrollo Real, que se mide por la capacidad de resolver problemas de manera independiente.

El segundo, es el Nivel de Desarrollo Potencial, que se mide por su capacidad de resolver problemas bajo la guía de un adulto o compañero.

La Zona de Desarrollo Próximo es la distancia entre el nivel de desarrollo real, y el nivel de desarrollo potencial.

El nivel de desarrollo real define funciones que ya han madurado. ¿Qué es lo que define la zona de desarrollo próximo, entonces?: aquellas funciones que todavía no han madurado, pero que se hallan en proceso de maduración, funciones que en un mañana próximo alcanzarán su madurez y que ahora se encuentran en estado embrionario. Estas funciones podrían denominarse “capullos o flores” del desarrollo, en lugar de “frutos”. El nivel de desarrollo real caracteriza el desarrollo mental retrospectivamente; la zona de desarrollo próximo caracteriza el desarrollo mental prospectivamente. La zona de desarrollo próximo proporciona el curso interno que seguirá el desarrollo.

El estado de desarrollo mental de una persona puede determinarse únicamente si se lleva a cabo una clarificación de sus dos niveles; del nivel de desarrollo real y de la zona de desarrollo próximo. La siguiente gráfica ilustra dos tiempos de la vida de un niño, respecto a su desarrollo:



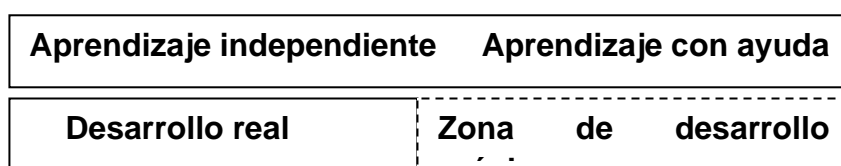
Una total comprensión del concepto de la zona de desarrollo próximo debe conducir a una nueva valoración del papel de la imitación en el aprendizaje. Una persona puede imitar solamente aquello que está presente en el interior de su nivel evolutivo, por ejemplo: si un niño tiene dificultades con un problema de aritmética y el profesor lo resuelve en el pizarrón, el pequeño podrá captar la resolución rápidamente; pero si resolviera un problema de matemáticas avanzadas, el niño nunca podría comprenderlo, por mucho intento de imitarlo.

Lo simios pueden servirse de la imitación para resolver únicamente aquellos problemas cuyo grado de dificultad es el mismo que el de los que pueden resolver por sí solos. No pueden desarrollar su intelecto, ya que carecen de la zona de desarrollo próximo.

## **El medio social**

El aprendizaje del niño está relacionado con su medio social, y mediante este aprendizaje, el niño accede a la vida intelectual de quienes los rodean.

Los niños pueden imitar o realizar con ayuda de un adulto, una serie de acciones que superan el límite de sus propias capacidades.



*Figura 1 - Tipos de aprendizaje en los niños. Fuente: Pérez C. (2009). Creation of a New Learning Environment based on the Constructivist Philosophy and Simulating Techniques.*

En un principio se creía que, mediante el uso de los tests (o pruebas individuales sin ayuda), podía determinarse el nivel de desarrollo mental que la educación debía tomar en consideración, cuyos límites no podía rebasar. Este procedimiento orientaba el aprendizaje hacia el desarrollo pasado, hacia los estadios evolutivos ya complementados. El error de esta noción se descubrió antes en la práctica que en la teoría.

En la enseñanza en niños con retraso mental se llegó a la conclusión de que toda enseñanza destinada a dichos niños debía basarse en métodos concretos de imitación. Las experiencias con este método desembocaron en una profunda desilusión. Resultó que un sistema de enseñanza basado únicamente en lo concreto – eliminando cualquier cosa relacionada con el pensamiento abstracto – no sólo no ayudaba a los niños a vencer sus limitaciones innatas, sino que además reforzaba dichas limitaciones al acostumbrarlos a usar exclusivamente el pensamiento concreto. Actualmente observamos un cambio favorable tendiente a alejarse de este concepto y a situar en su lugar correcto los métodos de imitación. Hoy se considera que la concreción es necesaria e inevitable pero únicamente como trampolín para desarrollar el pensamiento abstracto.

De igual manera, en los niños normales, el aprendizaje orientado sólo hacia los niveles evolutivos que ya se han alcanzado, resulta ineficaz para el

desarrollo del pequeño; este tipo de enseñanza no aspira a un nuevo estadio en el proceso evolutivo, sino sólo a la reafirmación de la etapa ya alcanzada.

La adquisición del lenguaje proporciona un modelo para el problema de la relación entre el aprendizaje y el desarrollo. El lenguaje surge en un principio como un medio de comunicación entre el niño y las personas de su entorno. Sólo más tarde, al convertirse en lenguaje interno, contribuye a organizar el pensamiento del niño, es decir, se convierte en una función mental interna.

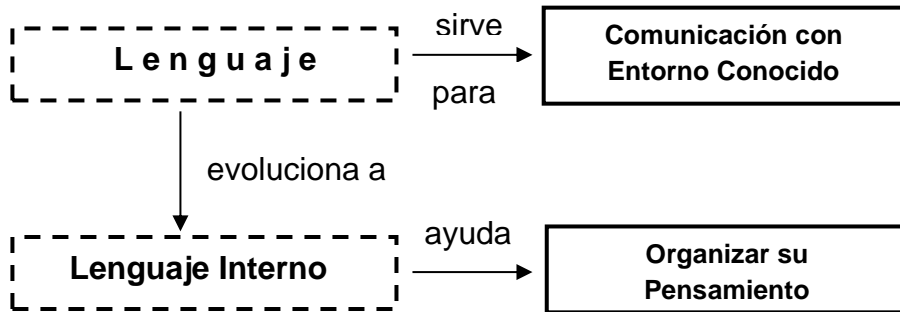


Figura 2 - Función del lenguaje. Fuente: Pérez C. (2009). *Creation of a New Learning Environment based on the Constructivist Philosophy and Simulating Techniques.*

El rasgo esencial de la hipótesis es que los procesos evolutivos (desarrollo real), no coinciden con los procesos del aprendizaje. El proceso evolutivo va atrás del proceso de aprendizaje; esta secuencia establece una distancia o zona de desarrollo próximo. Este análisis altera la tradicional opinión de que, en el momento en que el niño asimila el significado de una palabra, o domina una operación como la suma o el lenguaje escrito, sus procesos evolutivos ya se han realizado por completo. De hecho, tan sólo han comenzado.

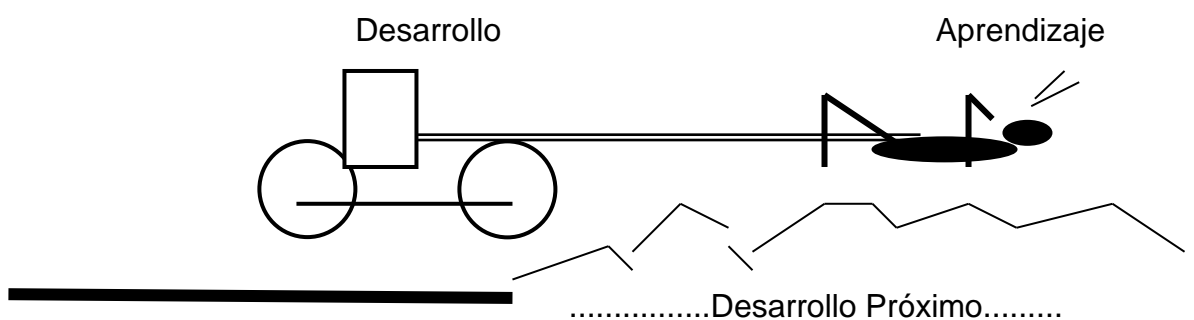


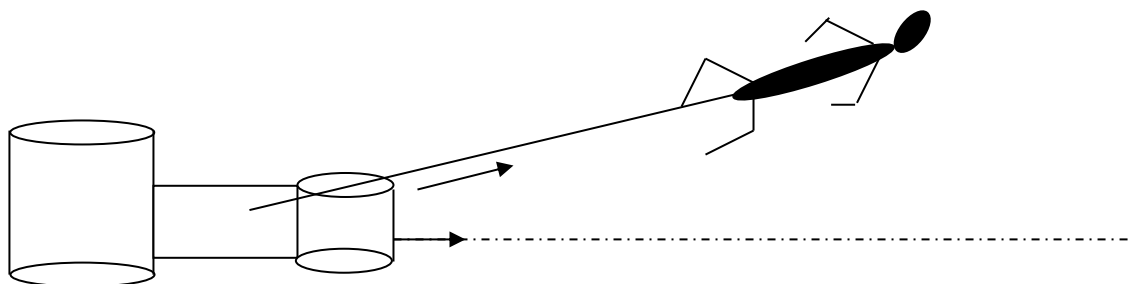
Figura 3 - Desarrollo Próximo. Fuente: Pérez C. (2009). *Creation of a New Learning Environment based on the Constructivist Philosophy and Simulating Techniques.*

El dominio inicial (aprendizaje), proporciona la base para el subsiguiente desarrollo de procesos internos sumamente complejos en el pensamiento del niño.

La hipótesis establece la unidad, no la identidad de los procesos de aprendizaje y de desarrollo interno. Ello presupone que los procesos de aprendizaje se convierten en procesos de desarrollo; por este motivo, el mostrar cómo se interiorizan, tanto el conocimiento interno como las aptitudes de los niños (cómo la aplanadora empareja el camino que ha explorado el chapulín), es un punto primordial de la investigación y la psicología.

Uno de los objetivos del análisis psicológico del desarrollo es describir las relaciones internas de los procesos intelectuales que el aprendizaje escolar pone en marcha.

Otro rasgo esencial de la hipótesis es que, aunque el aprendizaje está directamente relacionado con el curso del desarrollo infantil, ninguno de los dos se realiza en igual medida o paralelamente, del mismo modo que una sombra sigue al objeto (la aplanadora no sigue exactamente el camino sinuoso que va recorriendo el chapulín al explorar el terreno, pero va detrás de él).



(Chapulín y aplanadora vistos desde arriba).

*Figura 4 - Desarrollo Próximo visto desde arriba. Fuente: Pérez C. (2009). Creation of a New Learning Environment based on the Constructivist Philosophy and Simulating Techniques.*

Conceptos importantes de esta teoría de aprendizaje:

Importancia del aprendizaje sociocultural

Zona de Desarrollo Próximo

El aprendizaje del niño está relacionado con su medio social

El niño accede a la vida intelectual de quienes lo rodean.

### ***María Montessori 1870 – 1952 Método Montessori***

Una educadora e investigadora que dejó una profunda huella en teorías de instrucción, más que en teorías de aprendizaje, fue la médica italiana María Montessori; que a finales de siglo XIX y principios del XX, trabajó con niños discapacitados en un barrio humilde de Roma, y desarrolló el “Método Montessori”. La premisa de su método es, en pocas palabras, que los niños son capaces de desarrollar conocimientos a través de juegos. Ella logró demostrar científicamente que por medio de los juegos los niños investigan su entorno, analizando todo a su alrededor, lo que alimenta sus deseos de conocer, y por ende aprender. Transformó tan radicalmente la educación infantil trabajando con niños discapacitados, que después nunca pudo ser igual que antes.

### ***John Dewey 1859 – 1952 Pedagogía progresista***

John Dewey, filósofo y pedagogo estadounidense, fue la figura principal del movimiento de la pedagogía progresista en los Estados Unidos. Criticó la educación tradicional tachándola de autoritaria y excesivamente formal, y propuso un modelo mucho más dinámico e inclusivo basado en la práctica y un aprendizaje más profundo.

Para Dewey, la educación es una constante reorganización o reconstrucción de la experiencia. Promovió la unión entre la mente y el cuerpo, entre la teoría y la práctica, entre el pensamiento y la acción.

### ***San Juan Bautista de Lasalle 1651 – 1719***

Otra de las figuras representativas de la pedagogía, fue San Juan Bautista de La Salle. Sacerdote, pedagogo e innovador, fundador de la Congregación de los Hermanos de las Escuelas Cristianas y declarado patrono universal de la educación. Responsable de reformas, como cambiar las clases individuales a clases grupales, modificar el idioma de enseñanza del latín al francés, crear centros de formación de maestros, escuelas técnicas y escuelas de arte.

Después de revisar los aportes de los personajes más importantes en la historia de la educación, se llega a la conclusión de que la tecnología ha avanzado tanto que incluso es posible cursar doctorados completamente en línea, más aún, debido a la situación actual las clases por videollamada se

han vuelto una necesidad para mantener la comunicación entre los docentes y alumnos.

Desgraciadamente la implementación de la tecnología depende de que las instituciones quieran y puedan aplicarlas, además que los catedráticos estén capacitados para usarlas. En nuestro caso, las universidades se han capacitado para poder usarlas en impartición de clases; nuestra universidad es un ejemplo.

Es verdad que en las materias formativas el software especializado es fundamental, y se está estudiando y aplicando, pero las materias básicas han quedado rezagadas y los esfuerzos que se hacen son sólo para utilizar las TIC para impartir clase y para aplicar exámenes; las técnicas de aprendizaje y conocimiento (TAC) no han sido aplicadas en las materias básicas, pese a su importancia en el desarrollo de habilidades mentales como la imaginación, la abstracción y la crítica que son básicas para el ingeniero. No se olvide la famosa frase de Albert Einstein, “la imaginación es más importante que el conocimiento”

El pilar más importante de una sociedad, en cualquiera de sus ámbitos, es la educación; esta premisa siempre ha sido obvia. La historia ha enseñado que mientras más se envejece como especie, más conocimiento se adquiere y puede permitir desarrollar bienes para que el ser humano viva mejor.

A lo largo de nuestra historia el conocimiento y el aprendizaje han sido estudiados por teóricos reconocidos, y cada uno de ellos ha contribuido con nuevas técnicas para convertir la información en conocimiento. Con justa razón se pregunta Edgar Morin “¿Dónde está el conocimiento que perdemos en la información?” pues el conocimiento no es tal en tanto no está organizado, relacionado y contextualizado.

Mirando al pasado, encontramos a figuras ajenas a la enseñanza que han mejorado la educación. Debemos seguir sus pasos; cuestionar los métodos de enseñanza. Siempre hay cosas que mejorar, la evolución del ser humano va marcando el rumbo de la educación y somos nosotros los responsables de su transformación.

Sin embargo, hay antecedentes en nuestra facultad de materias básicas en donde se han utilizado algunos programas didácticos que permiten lograr un mayor entendimiento de los temas, sobre todo abstractos, como matemáticas, cálculo diferencial, cinemática, física, mecánica de sólidos, estática y otras, y lo más interesante es que estos programas han sido elaborados por alumnos de alto rendimiento guiados por profesores de la facultad.



## CAPITULO II. METODOLOGÍA

### II. 1. El arribo a la facultad de ingeniería

#### *Dominio de las matemáticas en general*

Desde el primer momento en que el alumno de nuevo ingreso pisa la facultad, sabe a lo que se va a enfrentar, “las matemáticas y la física serán el pan de cada día”, el estudiante está consciente de ello y, así como algunos arriban con los conocimientos suficientes, hay otros que carecen de una solidez en su comprensión.

A lo largo de su formación básica hay siempre alumnos que destacan por ser buenos en matemáticas, como producto de los excelentes maestros que tuvieron en su educación básica y media. La formación matemática en el nivel medio superior es fundamental para el futuro ingeniero, el método y el docente hacen que algunos amen las ciencias exactas, como álgebra, cálculo, física, geometría y comprendan su alcance; sin embargo, muchos, por las razones anteriores, las consideran incomprensibles y por tanto inservibles para la vida cotidiana.

La capacidad de resolver ecuaciones de primer y segundo grado, así como saber representar diagramas de cuerpo libre son vitales para comprender las materias básicas y formativas de ingeniería.

#### *Matemática y realidad.*

Un fenómeno importante al que no se le ha dado atención, consiste en que hay alumnos que piensan que las matemáticas no son útiles, porque sólo se opera con símbolos, signos y procedimientos sin sentido ni significado, por tanto, sin una utilidad real; inclusive aprenden los procedimientos de resolución, pero desconocen para qué les puede servir en la realidad.

En la secundaria hay un capítulo denominado “Traducción de enunciados verbales a lenguaje algebraico”. Al menos en algunos casos, los libros de texto lo abordan en tres pasos: a) lee con cuidado el problema e identifica las incógnitas; b) escribe las relaciones entre las variables en lenguaje algebraico; c) resuelve las ecuaciones. Esto omite afrontar el obstáculo, que si bien no es sencillo tampoco es trivial, y debe ser reconocido como uno de los obstáculos de aprendizaje más importantes porque provoca el distanciamiento entre la matemática y la realidad; entre el alumno y las matemáticas. Desarrollar un método claro y racional sería un aporte educativo trascendente.

Llevando esta situación al nivel universitario, se deja al alumno la responsabilidad de hacerlo, ocurriendo que en ocasiones se logra, pero en otras no, y ahí se van creando lagunas importantes en el conocimiento.

## **II. 2. Currículum de materias básicas en ingeniería**

### ***Materias básicas de ingeniería en general***

La manera en que está planteada la ruta académica; sitúa a las materias básicas como las primeras: precálculo, álgebra y física general son las iniciales en el trayecto con las matemáticas. Los primeros pasos son firmes y el método de enseñanza muy cuidadoso, similar al de preparatoria.

Que fueran similar no significa que sean del todo buenas o convenzan del todo, uno de los principales peros que generalmente se tiene acerca de las matemáticas es la manera mecanizada en la que se presentan, enseñan el cómo se resuelve sin explicar por qué se resuelve de esta manera. El problema es aún mayor cuando no hay una manera práctica de demostrar qué es lo que se está haciendo, y de esa forma es difícil poder imaginar lo que está sucediendo, uno de los ejemplos de estas situaciones es la derivada.

A medida en que se va avanzando en las materias, los conceptos son más difíciles de comprender; materias como cálculo de varias variables y ecuaciones diferenciales se convierten en un cuello de botella para muchos alumnos.

### ***Materias básicas específicas de ingeniería civil***

Así como hay materias básicas generales también hay materias básicas específicas para ingeniería civil. En general estas materias motivaban más; es aquí donde se deben aterrizar muchos conceptos matemáticos que se convierten en ejercicios prácticos relacionados con la carrera. Materias como estática, cinemática y dinámica, y mecánica de sólidos forman parte de este grupo, que como muchos profesores dicen, serán las que marcarán quién continua y quién deja la carrera; cuánta razón hay en estas palabras.

Poco a poco se generan deserciones por distintas razones; algunos se dan cuenta que se equivocaron al elegir carrera, otros por la severidad de los maestros, otros más al dar por 'muerta' una materia después de varios intentos de aprobarla, pero el grupo al que particularmente se interesa referir

es el de los que sí deseaban graduarse, pero por no comprender los conceptos los hizo abandonarla.

Como se menciona, muchos fueron los factores de deserción; pero el objetivo en este documento es contribuir positivamente, mostrando herramientas para que estos factores afecten en menor grado a los estudiantes que buscan ser los ingenieros del futuro.

## **II. 3. Metodología de enseñanza**

### ***Aprendizaje por memorización de procedimientos***

Cuando se menciona el aprendizaje por memorización rápidamente viene a la mente el aprendizaje mecanicista, una percepción errónea que es importante aclarar.

Cuando se habla de mecanicismo, o de aprendizaje mecanicista se refiere a una repetición para que se provoque la retención, pero esta información retenida no logra conexión con conocimientos previos. Desde el punto de vista de la psicología cognitiva, toda la información retenida es almacenada de forma arbitraria, lo que provocará que sea olvidada al poco tiempo y que no pueda relacionarse lógicamente; bien lo formuló Montaigne (Morin, 2020) desde el siglo XVI como el fin primero de la enseñanza: “Es mejor una mente bien ordenada que una muy llena”.

A diferencia del Aprendizaje por Memorización, el Constructivismo se basa primero en la comprensión, logrando que haya una interacción y conexión con los conocimientos previos, transformándolos y enriqueciéndolos. De esta manera se puede afirmar que, al contrario de la percepción de las personas, el aprendizaje por memorización es necesaria para un aprendizaje significativo.

### ***Nivel de comprensión***

La comprensión de la información captada por los sentidos, que después se convertirá en conocimiento, requiere pasar una serie de pasos para que logre consolidarse a nivel cognitivo. Se puede ejemplificar esta serie de pasos como una sucesión de ‘escalones’ que deben ser recorridos para que la información pueda convertirse en conocimiento.

Cada vez que se sube uno de estos ‘escalones’ se logra edificar el conocimiento a nivel cognitivo; los niveles que hay que pasar son básicamente

cuatro: aprender, entender, comprender y aplicar ese conocimiento a problemas reales.

Aprender es el primer nivel por sortear, en éste se instauran los cimientos para un conocimiento sólido. Aquí es donde se descubre algo nuevo, donde se expone a nueva información y donde la curiosidad juega un papel sumamente importante para descubrir cada vez más y más. Aprender es descubrir, indagar, investigar, se podría decir que en este nivel el ser humano se convierte en recién nacido, llegado a un mundo completamente nuevo y lleno de cosas por conocer, por descubrir y que busca comprender.

El segundo escalón es el del entendimiento, en éste el proceso se vuelve más complejo que sólo aprender. En este nivel es donde se logran las conexiones de los conceptos aprendidos, donde se logra integrar las piezas que se recolectaron en el nivel anterior para convertirlas en un todo.

Poniendo el ejemplo de una manzana; en el nivel anterior se aprendió que existen los colores y que el color rojo es uno de esos colores; que existen las frutas y que la manzana es una de ellas. En este nivel se conectan las dos y se forma el concepto “las manzanas son rojas”, y se entiende que si se habla de una fruta roja es la manzana. Este nivel resulta esencial para que las conexiones a nivel cognitivo se formen de la manera más completa posible.

El tercer nivel es cuando lo aprendido y entendido se fusionan en un todo, logrando la comprensión. Ya se tiene un conocimiento, ya no es necesario pensar, se vuelve involuntario, se vuelve casi un reflejo, como una imagen con una base de datos detrás, que nos da certeza y seguridad.

El conocimiento es la suma de todos los datos sobre un tema en particular. Volviendo al ejemplo de la manzana; al decir manzana automáticamente vienen a la mente todas las características guardadas en su base de datos; olor, sabor, color, origen, tamaño, textura, beneficios, etc. Ya se conoce una manzana, se está seguro de lo que es; se ha logrado el conocimiento.

El último nivel es sin duda el nivel más complejo, tomar esos conocimientos e integrarlos en la vida diaria, ser capaces de saber qué hacer con ese conocimiento en cualquier situación. El ejemplo de la manzana es elemental, pero útil, para explicar el proceso de aprendizaje. A medida que el concepto o tema es más complejo, será más difícil poderlo ejemplificar como la manzana, más aún si se habla de conceptos intangibles.

Cámbiese el ejemplo sencillo de la manzana por la derivada, dese por hecho que se tiene un conocimiento sobre ella. “La derivada es la pendiente de cualquier punto en una curva”, supóngase que se sabe resolver ejercicios matemáticos e incluso se puede hacer una representación gráfica de ella a

nivel matemático; ahora bien, ¿dónde está la derivada en la vida real?, ¿cómo llevar ese conocimiento a la vida cotidiana? Este último nivel es el que se busca trabajar con los simuladores, poder observar conceptos intangibles, ver su comportamiento y de esta manera tener una herramienta para resolver distintos problemas que se presenten en la ingeniería.

## CAPÍTULO III. UNA NUEVA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE

### III. 1. La experiencia de un egresado de ingeniería con el aprendizaje de las materias básicas

#### *Conceptos difíciles de comprender*

La ingeniería está rodeada de conceptos, eso está claro, algunos resultan raros al escucharlos, pero son de fácil digestión, otros, los tecnicismos, requieren de teoría más especializada para poder comprenderlos y por último conceptos que son muy utilizados en muchas asignaturas y que se vuelven tan comunes pero que su comprensión se vuelve un verdadero reto para comprender y aplicar.

Uno de estos últimos conceptos, que generalmente resulta más complejo comprender es precisamente la derivada. La mayoría de los estudiantes no le encuentran sentido y por tanto, no comprenden para qué hallarla hasta que la aplican en problemas reales y específicos de la ingeniería civil.

Otro concepto que resulta un reto son los vectores. En clase de matemáticas se aprende que un vector es un segmento de recta que tiene una magnitud, una dirección y un sentido, y esa definición siempre fue suficiente; gráficamente, se representa como una línea recta, todo bien hasta ese momento. El problema surge cuando se tiene que representar en espacios de tres dimensiones; y cuando el vector fuerza necesita ser representado en problemas prácticos, pero ¿cómo lo dibujamos?, se enseña a representar un tercer eje y se dibuja en las libretas, esa era la manera de representarlo; pero no todos tienen la habilidad de imaginarlo, y esto genera confusión a la hora de dibujar más de un vector o una suma de vectores que pueden ocupar los 8 octantes de un espacio vectorial.

Un tercer ejemplo de estos problemas está más enfocado a la ingeniería civil; el equilibrio de fuerzas. Como es sabido, la primicia del trabajo del ingeniero civil es asegurarse que una construcción sea estable y segura; para que estas dos situaciones se puedan dar es necesario lograr un equilibrio de fuerzas para cualquier situación que se presente.

Llegando a los problemas prácticos, siempre se requería hacer una representación de esas fuerzas que iban a actuar sobre lo que sea que se analizara; y aquí surge el concepto de diagrama de cuerpo libre. Este diagrama no es más que dejar “desnudas” a las fuerzas en un plano cartesiano para analizarlas y realizar un diseño que asegure el equilibrio entre ellas. Este punto es crucial, porque es aquí donde se presentan los problemas al no poder

representar de manera adecuada estos vectores, ya que son intangibles, por lo que visualizarlos de alguna manera, se vuelve vital.

Ante todos estos problemas afrontados que finalmente de alguna forma se resuelven, aunque no fácilmente; el tesista halló el concepto de “simulador”. Por sí mismo el nombre define su propósito, simular algún comportamiento y en ese momento le surgió una pregunta: ¿cómo hubiera sido su formación si hubiese tenido esas herramientas a su disposición?

### ***Aprendizaje a través de simuladores***

Los simuladores no son como tal una metodología, más bien son herramientas que clarifican los conceptos que se abordan en el estudio de la ingeniería. Estos programas convierten a la computadora en un laboratorio donde se manipula, prueba y comprende las nociones abstractas.

A partir de la década de los 80, las ciencias de la ingeniería han atravesado una verdadera revolución con el advenimiento de la tecnología digital y las computadoras con una potencia informática extraordinaria. En los laboratorios de empresas tecnológicamente más avanzadas, como Bombardier que fabrica los convoyes del Tren Maya, son fuertes los vínculos con la ciencia de datos, la simulación, la algorítmica, la informática y las matemáticas aplicadas, esto debería ocurrir en la institución. Actualmente, con apoyo en las técnicas de simulación se puede, a partir de los principios fundamentales de la física, describir fenómenos de gran complejidad en modelos virtuales basados en la esta disciplina. Por lo tanto, se pueden realizar experimentos reales con materiales y realizar conjuntamente la simulación operando avatares virtuales, utilizando el modelado virtual digital para describir con la mayor precisión posible "lo real" y lo que sucede en la práctica. Imagínese tener la posibilidad de conocer lo que ocurrirá cuando se degradan los elementos de seguridad de un sistema estructural. Tan sólo esto último, justifica un cambio radical en la enseñanza de la ingeniería.

Los siguientes simuladores que se muestran, fueron desarrollados por exalumnos de nuestra facultad de ingeniería, bajo la dirección del Dr. César Pérez Córdova y la M.I. Silvia Contreras Bonilla; con el objetivo de ser utilizados en la enseñanza de diversas asignaturas de ingeniería. Las nociones a simular fueron elegidas con base en su grado de importancia, dificultad de enseñar con las herramientas tradicionales y en las que la computadora, a través de un programa de simulación, puede aportar claridad y permitir explorar bajo el concepto “¿what if?” (¿qué pasa si...?).

Nota: Los textos que se presentan en su explicación fueron tomados del libro “Ambiente de Aprendizaje basados en Simulación y Lúdica” cuyos autores son los profesores mencionados.

### III. 2. Simuladores de conceptos relacionados con matemáticas

#### Simulador 1: Suma de vectores

Un espacio vectorial es un conjunto no vacío  $V$  de objetos, llamados vectores, en el que están definidas dos operaciones, llamadas suma y multiplicación. En este simulador, el usuario podrá resolver un “n” números de sumas vectoriales en el espacio; en el cual los vectores a sumar y la resultante mostrarán una sombra cada uno para visualizar el octante en que se encuentran.

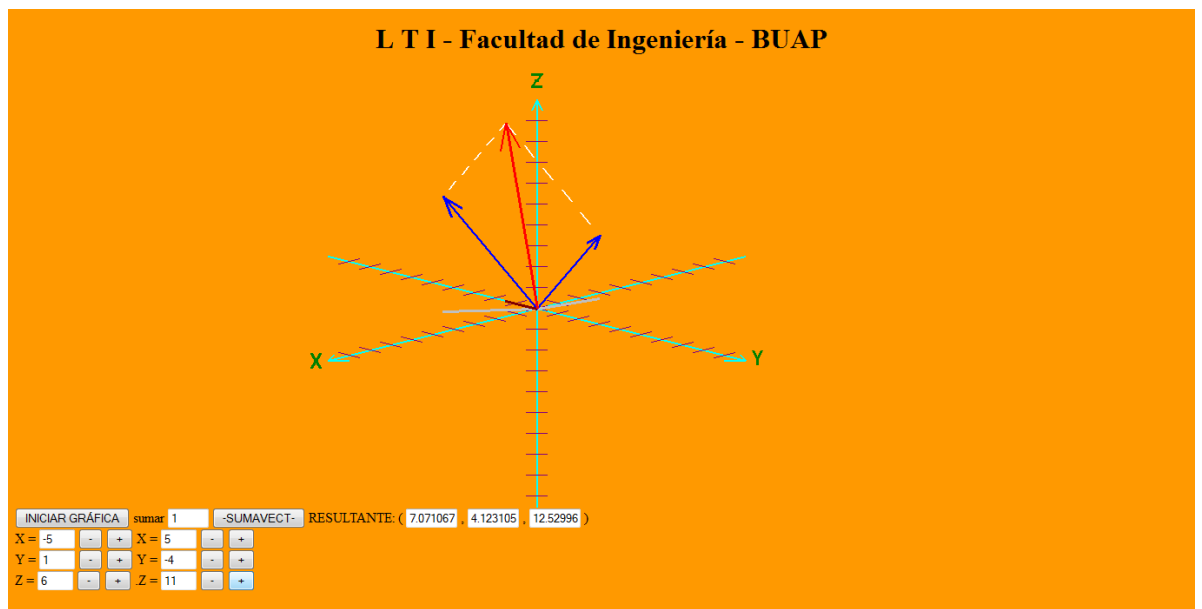


Figura 5 - Simulador Suma de vectores. Fuente: Pérez, C., Contreras, S., Infante, C., & Macías, J. (2013). Ambiente de Aprendizaje basado en simulación y lúdica.

#### Simulador 2: Caja de lámina

Sí logramos entender conceptual y matemáticamente lo que significa la interpretación de la derivada, podemos aplicarla en problemas básicos hasta los más complejos en la ingeniería, por ejemplo, el análisis del volumen de una caja construida a partir de una lámina plana.



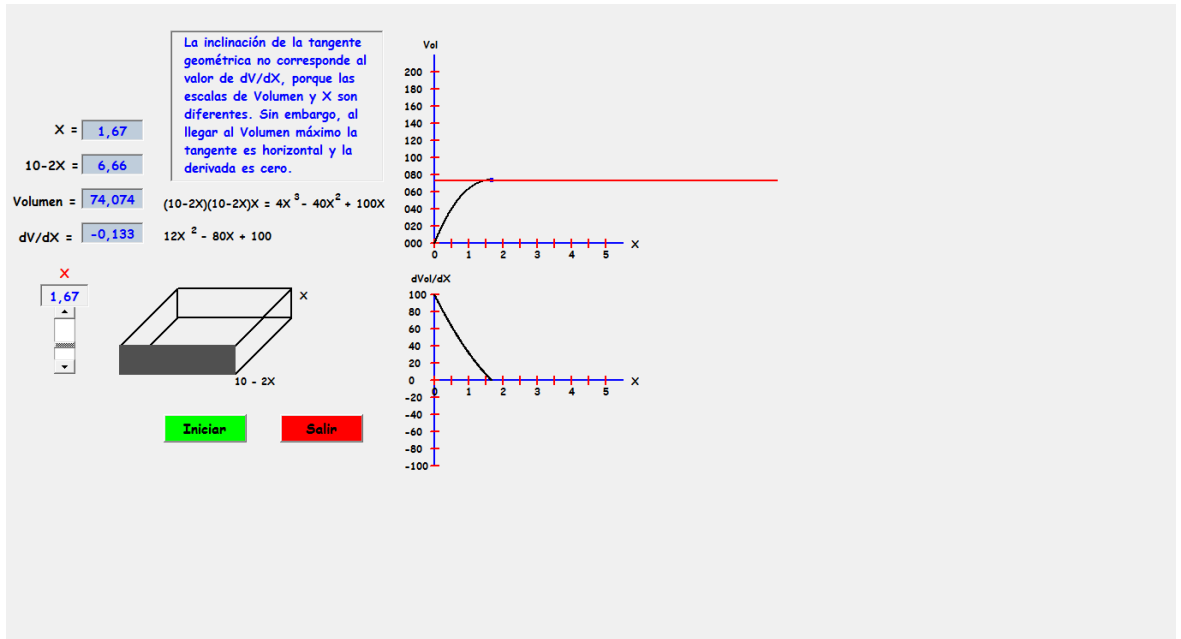


Figura 6 - Simulador Caja de lámina. Fuente: Pérez, C., Contreras, S., Infante, C., & Macías, J. (2013). Ambiente de Aprendizaje basado en simulación y lúdica.

### Simulador 3: Velocidad Media

Una de las características que presenta el movimiento rectilíneo uniforme es que la aceleración de la partícula es nula en cualquier tiempo “t”, por lo tanto, su velocidad es constante en toda su trayectoria. Considerando estas características del movimiento rectilíneo uniforme, el presente simulador tiene como objetivo habilitar el cálculo mental para obtener la velocidad en ciertas secciones de la trayectoria.



Figura 7 - Simulador de velocidad media. Fuente: Pérez, C., Contreras, S., Infante, C., & Macías, J. (2013). Ambiente de Aprendizaje basado en simulación y lúdica.

## Simulador 4: Grúa

Una de las aplicaciones básicas de un sistema de fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo en equilibrio bidimensional (coplanar) en la ingeniería sería las componentes de una grúa elemental, en éste se consideran las características del cable para corroborar la resistencia.

**ESFUERZO PERMISIBLE:**

Para garantizar la seguridad de una pieza, es necesario elegir un esfuerzo permisible que limite las cargas aplicadas a un valor menor al que el cuerpo falla de acuerdo a un factor de seguridad que depende del material y las condiciones a las que va a estar sujeto tales como corrosión, impacto por vibraciones etc. El esfuerzo permisible es el esfuerzo unitario al que puede sujetarse al cuerpo con seguridad.

áng A= 29,25    áng B= 45,00    W= -10,0  
FA = 26,04    FAX = -22,72    FAY = -12,73  
FB = 32,13    FBX = 22,72    FBY = 22,72

Diámetro de Cable		Área de sección
pulg	mm	mm <sup>2</sup>
1/16	1.58	1.96
1/8	3.17	7.89
1/4	6.35	31.67
1/2	12.70	126.67
3/4	19.05	285.00
1	25.40	506.70

1/4

Seleccione diámetro y click aquí

RESISTE

Ver Pperm

Figura 8 - Simulador de grúa. Fuente: Pérez, C., Contreras, S., Infante, C., & Macías, J. (2013). Ambiente de Aprendizaje basado en simulación y lúdica.

Una vez que se han mostrado algunos ejemplos que evidencian el valor de la simulación en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ingeniería, a continuación, se incluyen comentarios que resaltan su valor pedagógico, y varias estrategias para aprovecharlos.

### **Resolución de problemas reales**

Como se ha mencionado a lo largo de la investigación, la capacidad de poder “aterrizar” un concepto matemático y aplicarlo en problemas reales es el objetivo principal del aprendizaje, pero también es el más difícil de lograr. La “traducción de enunciados verbales a lenguaje algebraico”, es el tema que los mejores autores de libros de texto de secundaria y preparatoria abordan con ligereza; el simulador de Caja de Lámina es un ejemplo de abordaje que muestra a los estudiantes la aplicación de la matemática para resolver problemas reales.

Conocer la variación de velocidades de una olla de concreto premezclado en un viaje de 30 minutos para programar los tiempos. Saber cómo se va a comportar un pavimento en un lugar con temperaturas especiales. Determinar el diámetro del cable de acero de una grúa.

La adquisición de conocimientos con experiencias reales, complementadas con simulaciones sería un gran salto en la función sustantiva de la facultad de ingeniería; la enseñanza.

### ***Aplicación del cálculo mental para fomentar el desarrollo del criterio***

El cálculo mental es una de las habilidades que se desarrollan a lo largo de la vida estudiantil. A medida que se avanza en ella, los cálculos van siendo más complejos hasta transformarse en una capacidad de resolución de problemas instantáneos por instinto, aunque los resultados sólo sean aproximados.

El ingeniero se enfrenta a retos donde su capacidad de resolver problemas al momento se vuelve fundamental. Se tiene que aplicar el criterio por más pequeño que sea el problema que va a abordar; y el criterio se nutre de dos elementos; la imaginación y el cálculo mental.

Tómese el ejemplo de una remodelación; se tienen los planos y se necesita excavar para llegar al nivel deseado, pero al hacerlo se encuentra una contra trabe que no se conocía y queda a unos cuantos centímetros de la excavación. No es posible ir a la oficina a hacer cálculos; se debe proponer una solución, ya que los tiempos en la construcción afectan el costo. Luego de un momento de reflexionar la mejor solución; se decide llamar al cliente, informarle la situación y proponerle, reducir el área de excavación para librar la contra trabe y evitar que los tiempos se alarguen. Si el cliente acepta, se hace la modificación en el proyecto para que esté todo en orden. Se recalcula el área y volumen de excavación, todo en un borrador sobre el plano y en la obra para realizar la modificación y plasmarla, posteriormente en un nuevo plano modificado.

Tal vez parezca un ejercicio muy simple en el día a día, pero es un ejemplo de cálculo mental. Se tuvieron que hacer que realizar los cálculos en obra, sin la ayuda de softwares y además mostrar un criterio para proponer una solución. Situaciones como estas suelen presentarse a recién egresados que no tienen experiencia y en ocasiones carecen del criterio o de la capacidad de resolución instantánea debido a la inexperiencia laboral. Con los simuladores lo que se busca es preparar a los futuros ingenieros para este tipo de problemas, y que ellos mismos digan “este problema se vio en clase y se resolvió de tal manera”, una vez más, las ventajas de simular situaciones usando la tecnología. El modelo de Velocidad Media es un ejemplo para desarrollar el cálculo mental.

### ***Exploración y descubrimiento de conceptos***

Si se traslada al alumno el papel y la responsabilidad central de su aprendizaje, éste tomará la iniciativa y convertirá al conocimiento en un objeto de su interés y al profesor en un aliado que lo ayudará sólo cuando sea necesario. La alternativa consiste en que el alumno investigue las nociones, los fenómenos, los sistemas de su área; que no sólo resuelva problemas, que comprenda cómo funcionan y cómo están contruidos ¿Cómo puede lograrse esta alternativa en el nivel de ingeniería? Creando un ambiente de exploración a través de modelos de simulación que representen, desde las nociones básicas de matemáticas hasta los sistemas de ingeniería, pasando por los fenómenos de física en que se basan.

Una de las ventajas que tendrán estos ambientes es que despertarán la curiosidad y el deseo del alumno por dominarlos, serán vistos como una especie de juego o desafío donde pondrán en práctica todos sus conocimientos teóricos previos de una manera tan orgánica que ni siquiera se darán cuenta que lo están haciendo; el conocimiento simplemente comenzaría a fluir y cuando tengan dificultades empezarán a mirar hacia atrás; de esta manera descubrirán y comprenderán los conceptos.

A manera de generalización, es indiscutible que nadie llega a este mundo sabiendo cómo es, quiénes le rodean, cuál es su relación con otros seres; más adelante, cómo funcionan las cosas a su alrededor, etcétera. Algo similar sucede cuando se compra un dispositivo electrónico como un smartphone o un gadget, no se sabe usar, pero se comienza a explorar por el interés, necesidad o gusto, y de esta manera se llega a saber cómo usar. Este es el proceso fundamental de cómo evoluciona el conocimiento del ser humano.

### **III. 3. Testimonio personal sobre la metodología ideal**

#### ***Metodología tradicional contra nuevas metodologías***

Descubrir la existencia de estas nuevas herramientas de apoyo didáctico, que facilitan el aprendizaje conducen inevitablemente a plantearse la pregunta inicial: ¿cómo habría sido la formación de los estudiantes que han egresado; y de aquellos que lamentablemente desertaron por no lograr comprender muchos conceptos básicos si hubiesen tenido dichas herramientas a su disposición?

Mirando, el sustentante, hacia atrás considera que las clases de cálculo fueron de las más complicadas tanto para él y como para sus compañeros, por la cantidad de conceptos abstractos que contienen; por tanto, opina que deberían ser las primeras asignaturas en que se debería implantar la utilización de los simuladores ya existentes e inexplicablemente sin uso. La cantidad de alumnos que se beneficiaría con estos sería numerosa y considera que el balance entre alumnos que aprobarían la materia y la entenderían aumentaría drásticamente.

Poniendo un burdo ejemplo, la diferencia equivale a darle a un niño el instructivo para usar un juguete y darle el juguete en sí.

Pasando a la parte medular de la enseñanza en la ingeniería, la estática y la dinámica, dos materias que son fundamentales en los procesos de ingeniería a cualquier nivel y los docentes que las imparten lo hacen con excelencia; pero la utilización de simuladores para éstas facilitaría mucho su comprensión.

Esta metodología que combina la técnica y la pedagogía con el conocimiento deberían haber sido implementadas hace tiempo. “Si queremos reformar el pensamiento, debemos reformar la enseñanza”, dice Edgar Morin en su más reciente libro “La Mente Bien Ordenada”. Debe haber una verdadera revolución en la educación, como en su momento lo hubo en la industria, con la llegada de los robots, o más recientemente el comercio con la aparición de las tiendas en línea. Poco a poco la tecnología va abriendo nuevas alternativas en todos los ámbitos y hay que aprovecharlas, eso sí, de manera racional y humana, para que no se repita la revolución industrial del siglo XVIII que provocó trastornos económicos y sociales.

## CONCLUSIONES

El contar con las herramientas de apoyo didáctico mostradas, que tanta imaginación, creatividad, tenacidad y compromiso, más allá de la simple obligación docente, requirió su elaboración para alcanzar el objetivo de mejorar la excelencia educativa; lleva a plantear como algo obligatorio utilizarlas en el aula, o al menos, dar a conocer a los estudiantes su existencia ya que su utilización les dará una visión más clara de los conceptos que estudian.

La utilidad de los simuladores en el estudio de la ingeniería es muy grande y su campo es extenso; desde el simulador de una ecuación de segundo grado, hasta el de los principios básicos para colocar un satélite artificial en órbita. Moldeables, modificables, adaptables, pero principalmente hechos a la medida de lo que necesita el estudiante de ingeniería; el límite de su aplicación depende sólo del mismo estudiante.

Una ventaja de los simuladores es que su elaboración es relativamente sencilla, lo que impulsaría a que los alumnos desarrollen sus propios modelos. Es cierto que, para que esto ocurra, serían necesarios cursos de programación más avanzados que los impartidos en plan de estudios actual. Aquí surge otra ventaja, se estaría dotando al alumno de una herramienta sumamente útil y valorada en el campo profesional actual, dominado por la tecnología.

El ejemplo más claro de esto son los simuladores que se presentan en esta investigación; fueron elaborados por ex alumnos de la Facultad de Ingeniería, con el apoyo del Dr. César Pérez Córdova y la M. I. Silvia Contreras Bonilla, y gracias a esto, algunos de ellos se encuentran laborando en Europa. Una prueba más de que no solo son una ventaja a nivel escolar, sino también a nivel profesional.

Al considerar que los modelos mostrados, desarrollados en nuestra facultad, se llegaran a aplicar en clase; permitiría una retroalimentación pues los docentes y coordinadores de esas materias verían en qué puntos se podrían mejorar, y en cuáles se están haciendo bien. De nueva cuenta encontramos una ventaja que contrasta con el método actual; los simuladores, al ser moldeables y editables, simplemente se ajustarían a las necesidades de lo que el profesor busca explicar, cosa que no es posible con la bibliografía expuesta, que generalmente presenta los conceptos de una manera muy teórica. Los ejercicios comparativos siempre buscan una mejora y este no podría ser la excepción, la adición de simuladores en las materias básicas debe ser una tarea por realizar.

## RECOMENDACIONES

Este ejercicio es una mirada al pasado que influye tanto al presente como al futuro; que actúe como precedente para que los alumnos hagan ese análisis y se cuestionen, *“cómo habría sido mi formación si hubiera tenido esas herramientas que permitan ampliar la visión de lo que estudié”*

La Facultad de Ingeniería siempre ha sido líder en el desarrollo de ingenieros capaces de enfrentar retos, y esto ha ocurrido por muchos años. Ciertamente es digno de reconocer que se ha evolucionado en nuevas y mejores formas de enseñar, implementando herramientas para que la formación de los futuros ingenieros sea integral, y éste que se propone es un paso más hacia adelante. Implantar estas tecnologías ayudará a que la Facultad de Ingeniería siga siendo referente de excelencia.

Los simuladores computacionales están muy al alcance de la Facultad, afortunadamente los catedráticos que fueron pilares para la creación de los simuladores presentados, están activos y forman parte fundamental de la academia del Colegio de Ingeniería Civil. Esto facilita su implementación en materias como cálculo diferencial, cálculo de varias variables, estática y cinemática y dinámica; su conocimiento en estas herramientas haría esta implementación muy orgánica. Por supuesto que este proceso no se puede dar de inmediato, se necesitaría crear capacitaciones para que los docentes que vayan a impartir estas clases estén familiarizados con el entorno de los simuladores y dominen para poder ofrecerle al alumno cualquier tipo de asesoría.

En el caso de las materias de programación, una de las alternativas que puede ser viable es mostrar a los alumnos la utilidad que ofrece el tener conocimientos en programación, las conferencias y talleres son buena opción para lograr ese primer paso y despertar su curiosidad en ellos. Posteriormente ofrecer distintos cursos ajenos a la ruta académica, donde los alumnos experimenten de primera mano todas las ventajas que podrían llegar a tener a nivel académico y profesional. Una vez logrado el objetivo de despertar esa curiosidad por la programación, se plantearía a la academia la creación de una línea de materias de programación ya dentro de la ruta académica de la licenciatura.

La tecnología cada vez nos brinda más y mejores herramientas, resulta casi obligatorio conocer y seguirse capacitando sobre nuevos avances, explorarlos para que de manera orgánica se dé ese paso necesario, pedagógico-tecnológico, en la ingeniería. Que la Facultad siga marcando la pauta rumbo a una educación más integral, a la vanguardia de las nuevas tecnologías y siempre con miras al futuro. Que esta investigación sirva como un pequeño aporte al futuro de la ingeniería civil, tanto académica como profesionalmente, para que México siga destacando por la calidad y la cantidad de ingenieros capaces que aporta al mundo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centro Virtual Cervantes. (s.f.). *Aprendizaje memorístico*. Noviembre 11, 2021, de Instituto Cervantes Sitio web: [https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/diccio\\_ele/diccionario/aprendizajememoristico.htm](https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/aprendizajememoristico.htm)

Equipo de Expertos. (2018). *El aprendizaje por descubrimiento de Bruner*. Septiembre 13, 2021, de Universidad Internacional de Valencia Sitio web: <https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/el-aprendizaje-por-descubrimiento-de-bruner>

Ghazi, S., Khan, U., Shahzada, G., & Ullah, K. (2014). *Formal Operational Stage of Piaget's Cognitive Development Theory: An Implication in Learning Mathematics*. Journal of Educational Research, Vol. 17 Issue 2, p71-84. 2021, Septiembre 29, De Biblioteca Digital BUAP Education Research Complete Base de datos.

Instituto Bicultural Jean Piaget. (2018). *Teoría del Aprendizaje de Jean Piaget*. Agosto 24, 2021, de Instituto Bicultural Jean Piaget Sitio web: <https://iJeanpiaget.edu.mx/index.php/blog-noticias/item/1-teoria-del-aprendizaje-de-jean-piaget>

Jawad,L., Raheem, M., & Majeed, B. (2021). *The Effectiveness of Educational Pillars Based on Vygotsky's Theory in Achievement and Information Processing Among First Intermediate Class Students*. International Journal of Emerging Technologies in Learning, Vol. 16 Issue 12, p246-262. 2021, Septiembre 28, De Biblioteca Digital BUAP Education Research Complete Base de datos.

Pérez, C., Contreras, S., Infante, C., & Macías, J. (2013). *Ambiente de Aprendizaje basado en simulación y lúdica*. México: Dirección de Fomento Editorial Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Pérez, C. (2009). *Creation of a new learning environment base don the Constructivist Philosophy and Simulating Techniques*. Abril 5, 2022, de Atlantic International University.

Regader, B. (2018). *La Teoría Sociocultural de Lev Vygotsky*. Agosto 15, 2021, de Psicología y Mente Sitio web: <https://psicologiymente.com/desarrollo/teoria-sociocultural-lev-vygotsky>



Torres. A. (2018). *La Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel*. Agosto 28, 2021, de Psicología y Mente Sitio web: <https://psicologiaymente.com/desarrollo/aprendizaje-significativo-david-ausubel>

Universidad de Estudios Avanzados. (2019). *5 de los pedagogos más destacados del mundo*. Enero 12, 2022, De Universidad de Estudios Avanzados Sitio web: <https://unea.edu.mx/blog/index.php/pedagogos/>

## ANEXOS O APÉNDICES

### Glosario de términos

- Egresado: m. y f. Am. Persona que sale de un establecimiento docente después de haber terminado sus estudios.
- Métodos de enseñanza: Un método de enseñanza comprende los principios de la fiscalización y métodos utilizados para la instrucción impartida por los maestros para lograr el aprendizaje deseado por los estudiantes.
- Aplicación: Programa preparado para una utilización específica, como el pago de nóminas, el tratamiento de textos, etc.
- Simuladores: m. Tecnol. Aparato que reproduce el comportamiento de un sistema en determinadas condiciones, aplicado generalmente para el entrenamiento de quienes deben manejar dicho sistema.
- Software: m. Inform. Conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados, que forman parte de las operaciones de un sistema.
- Didáctica: adj. Propio, adecuado o con buenas condiciones para enseñar o instruir.
- Retrospectiva: adj. Que se considera en su desarrollo anterior.
- Pedagogía: f. Ciencia que se ocupa de la educación y la enseñanza, especialmente la infantil.
- Andamiaje: m. Estructura desde la que se organiza y se configura una construcción intelectual, política, teórica, etc.