



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN**

---

---

---

**Enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones  
lineales en un ambiente virtual. Evidencia  
empírica en educación superior**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**

**DOCTORA EN SISTEMAS Y AMBIENTES EDUCATIVOS**

**PRESENTA**

**Lizzeth Aurora Navarro Ibarra**

**Cd. Obregón, Sonora.**

**Septiembre 2017**




Ciudad Obregón, Sonora 11 de septiembre de 2017


Dra. Ramona Imelda García López  
Responsable de Programa  
Doctorado en Sistemas y Ambientes Educativos  
Presente.


Por este medio se informa que el trabajo titulado "*Enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones lineales en un ambiente virtual. Evidencia empírica en educación superior*", presentado por la pasante de Doctorado *Lizzeth Aurora Navarro Ibarra* cumple con los requisitos teórico-metodológicos para ser sustentado en el examen de grado, para lo cual se aprueba su publicación.

Atentamente

  
Dr. Omar Cuevas Salazar  
Director de tesis

  
Dr. Jaime Martínez Castillo  
Co-director de tesis

  
Dra. Gloria Margarita Gurrola Peña  
Revisora de tesis

  
Dr. Arturo García Santillán  
Revisor de tesis

  
Dra. Ramona Imelda García López  
Revisora de tesis



## *Agradezco*

*A mis padres por inculcarme sus principios y ser un ejemplo a seguir*

*A mi esposo por su apoyo incondicional*

*A mi hija por tantas horas de comprensión*

*Al programa DSAE y a la Dra. Imelda García López por hacer posible esta opción educativa en ITSON*

*A mi Director Dr. Omar Cuevas Salazar por su paciencia y guía permanente*

*A mi Co-Director Dr. Jaime Castillo Martínez por su valiosa aportación*

*A la Dra. Imelda García López por sus revisiones y observaciones oportunas*

*A la Dra. Gloria Margarita Gurrola Peña por su contribución siempre precisa*

*Al Dr. Arturo García Santillán por todos los conocimientos que compartió y que enriquecieron este trabajo*

*A mis Profesores que con sus enseñanzas lograron que este proyecto se realizara*

*A mis compañeros Massiel, Mirsha, Lorenia, Keren, Magui, Karen, Guillermo, Blanca y Juan Pablo, por compartir sus conocimientos durante esta aventura*

## Índice de contenido

Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas .....	ix
Capítulo I. Introducción .....	12
Antecedentes .....	12
Planteamiento del problema.....	28
Preguntas de investigación, objetivos e hipótesis .....	35
Justificación.....	36
Delimitaciones.....	42
Capítulo II. Marco teórico.....	43
Fundamentos matemáticos .....	43
El Cálculo de Newton y Leibniz.....	43
El cambio uniforme: Modelo lineal.....	48
El cambio acumulado: Cálculo aproximado.....	51
Ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas.....	53
Actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología .....	55
Teorías del aprendizaje.....	60
Teoría del conductismo. ....	60
Teoría del constructivismo. ....	63
Teoría del construccionismo.....	69

Teoría del conectivismo.....	71
Modelos de diseño instruccional .....	74
Modalidades educativas empleando TIC .....	78
Ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) .....	80
Autoaprendizaje .....	82
Articulación teórico-conceptual .....	84
Capítulo III. Diseño metodológico .....	88
Fase 1.....	88
Método.....	88
Contexto y participantes. ....	91
Instrumentos. ....	91
Escala sobre la ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas.....	92
Escala sobre la actitud hacia la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas. ....	94
Procedimiento.....	97
Procesamiento de datos. ....	98
Fase 2.....	99
Método.....	99
Contexto y participantes. ....	101
Instrumentos. ....	102
Instrumento de adquisición del conocimiento. ....	102

Encuesta de opinión para valorar el ambiente virtual de aprendizaje.....	102
Instrumento de actitudes hacia las matemáticas y el aprendizaje a través de las computadoras. ....	103
Procedimiento.....	107
Procesamiento de datos. ....	110
Capítulo IV. Resultados .....	111
Fase 1.....	111
Fase 2.....	118
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones.....	156
Conclusiones .....	156
Recomendaciones.....	166
Referencias.....	167
Apéndice A. Escala sobre la ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas (RMARS).....	190
Apéndice B. Instrumento de actitudes hacia las matemáticas y el aprendizaje a través de las computadoras .....	191
Apéndice C. Escala sobre la actitud hacia la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas (MTAS).....	196
Apéndice D. Matrices de correlaciones de las escalas RMARS y MTAS.....	197
Apéndice E. Instrumento de adquisición del conocimiento tema I y tema II .....	198
Apéndice F. Encuesta de opinión para valorar el ambiente virtual de aprendizaje .....	200
Apéndice G. Resultados de encuesta para valorar el ambiente virtual de aprendizaje .....	201
Apéndice H. Resultados del análisis de componentes de las escalas RMARS y MTAS .....	204

## Índice de figuras

Figura 1. Paralelogramo con los componentes horizontal y vertical de la velocidad (Edwards, 1979). .....	44
Figura 2. Representación de puntos $A$ y $B$ con desplazamientos $x$ y $y$ , así como las velocidades correspondientes, $\dot{x}$ y $\dot{y}$ (Edwards, 1979). .....	45
Figura 3. Triángulo de Pascal con infinitesimales construido por Leibniz (Edwards, 1979). .....	46
Figura 4. Rectificación de una curva por Leibniz (Edwards, 1979). .....	47
Figura 5. Recta que pasa por los puntos $A(x_1, y_1)$ y $B(x_2, y_2)$ (Stewart et al., 2007). .....	49
Figura 6. Ejemplos de rectas de varias pendientes (Stewart et al., 2007). .....	50
Figura 7. Recta con pendiente $m$ y ordenada al origen $b$ (Stewart et al., 2007). .....	50
Figura 8. Área de rectángulos que aproxima el área bajo la curva (Hughes-Hallett et al., 2009). .....	51
Figura 9. Rectángulos de base $x_i$ y altura $f(x_i)$ para aproximar el área bajo la curva (Stewart et al., 2007). .....	52
Figura 10. El aumento del número de rectángulos produce un mejor acercamiento al área bajo la curva (Stewart et al., 2007). .....	52
Figura 11. Modelo instruccional ADDIE en cascada (Allen & Sites, 2012). .....	76
Figura 12. Modelo instruccional ADDIE iterativo y recursivo (Allen & Sites, 2012). .....	77
Figura 13. Representación gráfica de la articulación teórico-conceptual. ....	87
Figura 14. Mapa de actividades. ....	127
Figura 15. Página de inicio del ambiente virtual de aprendizaje. ....	128
Figura 16. Introducción al tema I: Estudio del cambio uniforme. ....	129
Figura 17. Lección 1 del tema I. Un automóvil transita por una carretera recta a una velocidad constante. ....	131

Figura 18. Autoevaluación primer contexto real del tema I. ....	132
Figura 19. Autoevaluación contexto formal del tema I. ....	133
Figura 20. Autoevaluación lección 1 del tema II. ....	135
Figura 21. Autoevaluación lección 2 del tema II. ....	136
Figura 22. Resumen del tema II. ....	137
Figura 23. Mapa conceptual del tema I. ....	138
Figura 24. Sección Tarea del tema I. ....	139
Figura 25. Evaluación del tema I. ....	140
Figura 26. Sección comunicación del ambiente virtual. ....	142
Figura 27. Escala de nivel de comprensión del modelo lineal. ....	147
Figura 28. Nivel de comprensión del modelo lineal del grupo experimental. ....	148
Figura 29. Escala de actitud de los estudiantes hacia las matemáticas y la computadora. ....	149
Figura 30. Escala de actitud de los estudiantes hacia la página Web. ....	152
Figura 31. Escala de actitud de los estudiantes hacia las lecciones en video. ....	153
Figura 32. Escala de actitud de los estudiantes hacia los ejercicios de autoevaluación. ....	153
Figura 33. Escala de actitud de los estudiantes sobre la comprensión de los temas. ....	154
Figura 34. Escala de actitud de los estudiantes sobre el ambiente virtual de aprendizaje. ....	155
Figura 35. Modelo de tres componentes de la ansiedad hacia las matemáticas. ....	157
Figura 36. Modelo de cinco componentes de la actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas .....	159



## Índice de tablas

Tabla 1 Preguntas de investigación, objetivos e hipótesis .....	35
Tabla 2 Dimensiones de la escala RMARS de Alexander y Martray (1989) .....	55
Tabla 3 Dimensiones de la escala de Galbraith y Haines (1998) .....	58
Tabla 4 Dimensiones de la escala MTAS de Pierce et al. (2007) .....	59
Tabla 5 Modelos instruccionales (Belloch, s.f.a; Brown & Green, 2016; Hodell, 2016; Muñoz & González, 2009) .....	75
Tabla 6 Descripción de las variables y su nivel de medición en el paradigma cuantitativo en la fase 1 .....	89
Tabla 7 Análisis de confiabilidad escala RMARS .....	92
Tabla 8 Valores de MSA para la escala RMARS .....	94
Tabla 9 Análisis de confiabilidad escala MTAS .....	95
Tabla 10 Valores de MSA para la escala MTAS .....	96
Tabla 11 Descripción de las variables y su nivel de medición en el paradigma cuantitativo en la fase 2 .....	100
Tabla 12 Población de alumnos de los grupos de control y experimental .....	102
Tabla 13 Análisis de confiabilidad de la escala de opinión para valorar el AVA .....	103
Tabla 14 Medida de confiabilidad alfa de Cronbach del instrumento aplicado en CITY University (Galbraith & Haines, 2000) .....	105
Tabla 15 Medida de confiabilidad alfa de Cronbach del instrumento aplicado en Queensland University (Galbraith & Haines, 2000) .....	106
Tabla 16 Análisis de confiabilidad de la escala de actitudes hacia las matemáticas y el aprendizaje a través de las computadoras .....	107

Tabla 17 Diseño instruccional del ambiente virtual de aprendizaje .....	107
Tabla 18 Estructura del ambiente virtual de aprendizaje.....	108
Tabla 19 Componentes principales y comunalidad de la escala RMARS.....	112
Tabla 20 Autovalor y varianza total explicada de la escala RMARS.....	114
Tabla 21 Componentes principales y comunalidad de la escala MTAS.....	115
Tabla 22 Autovalor y varianza total explicada de la escala MTAS.....	117
Tabla 23 Etapa de análisis del ADDIE .....	119
Tabla 24 Etapa de diseño del ADDIE.....	120
Tabla 25 Plan de clase.....	122
Tabla 26 Etapa de desarrollo del ADDIE .....	122
Tabla 27 Etapa de implementación del ADDIE .....	123
Tabla 28 Etapa de evaluación del ADDIE.....	124
Tabla 29 Estadísticos descriptivos del examen de conocimientos aplicado al grupo experimental y al grupo control .....	143
Tabla 30 Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon sobre rendimiento académico en el grupo experimental.....	143
Tabla 31 Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon sobre rendimiento académico en el grupo control .....	144
Tabla 32 Prueba U de Mann-Whitney sobre rendimiento académico en el grupo experimental y el grupo control .....	145
Tabla 33 Estadísticos de contraste sobre el rendimiento académico entre el grupo experimental y el grupo control .....	145
Tabla 34 Porcentajes de estudiantes aprobados y reprobados del grupo experimental y control	146

Tabla 35 Frecuencias, porcentajes y puntos por nivel de comprensión de los estudiantes .....	147
Tabla 36 Valoración sobre la actitud hacia las matemáticas y la computadora por dimensión con puntos .....	149
Tabla 37 Valoración sobre la actitud hacia las matemáticas y la computadora por dimensión..	150
Tabla B1 Variable “Confianza en matemáticas” (Mathematics Confidence) .....	191
Tabla B2 Variable “Motivación en matemáticas” (Mathematics Motivation) .....	191
Tabla B3 Variable “Confianza en la computadora” (Computer Confidence) .....	192
Tabla B4 Variable “Motivación con la computadora” (Computer Motivation) .....	193
Tabla B5 Variable “Interacción Computadora-Matemáticas” (Computer-Mathematics Interaction) .....	194
Tabla B6 Variable “Compromiso en Matemáticas” (Mathematics Engagement) .....	194
Tabla D1 Matriz de correlaciones de la escala RMARS .....	197
Tabla D2 Matriz de correlaciones de la escala MTAS .....	197
Tabla G1 Valoración sobre la página web con frecuencias, porcentajes y puntos .....	201
Tabla G2 Valoración de las lecciones en video con frecuencias, porcentajes y puntos .....	201
Tabla G3 Valoración de los ejercicios de autoevaluación con frecuencias, porcentajes y puntos .....	202
Tabla G4 Valoración sobre la comprensión de los temas con frecuencias, porcentajes y puntos .....	203
Tabla G5 Valoración sobre el ambiente virtual de aprendizaje con frecuencias, porcentajes y puntos .....	203
Tabla H1 Componentes obtenidos en la escala RMARS.....	204
Tabla H2 Componentes obtenidos en la escala MTAS .....	205

## **Capítulo I. Introducción**

### **Antecedentes**

El Artículo Tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2014), establece que todo individuo tiene derecho a recibir educación y es fundamental para adquirir, transmitir y acrecentar la cultura, siendo un proceso continuo, orientado al desarrollo del individuo y la transformación de la sociedad (Ley General de Educación, 2014). La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2008), expresa que la enseñanza debe ser de calidad e inclusiva, que sea capaz de responder a las distintas necesidades de los educandos, además deberá ser pertinente, equitativa y efectiva. Por otra parte, la formación a lo largo de la vida comprende aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser; sin embargo, los sistemas educativos formales se enfocan principalmente en la adquisición de conocimientos minimizando las otras formas de aprendizaje y con ello contraponiéndose a una educación de calidad y que fomente el desarrollo del individuo para el beneficio de la humanidad (Delors, 1994).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico ([OCDE], 2009), expone que actualmente los jóvenes emplean nuevas formas de socialización y de adquisición de capital social en gran medida a través de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). La educación en la escuela o en casa es la que les proporciona valores y actitudes sociales, al igual que experiencias constructivas que les permitirán a los jóvenes crear nuevos espacios de vida social. Por ello, es importante que tanto escuelas como profesores tomen en consideración las habilidades y destrezas de ellos con las TIC. Igualmente, dentro de la educación, la tecnología tiene múltiples retos, pero para lograrlos se debe comprender que no se trata de cambiar sino de

la evolución de las formas de concebir, planear, implementar y evaluar las acciones educativas ya que no basta con disponer de recursos tecnológicos de punta, sino de formar usuarios y consumidores de tecnología (Edel-Navarro, 2010).

La incorporación de las TIC al trabajo educativo se clasifican en tres visiones según Díaz-Barriga (2013): la primera tendencia consiste en habilitar al docente en el uso de programas libres que se encuentran en la red; otros esfuerzos están centrados en desarrollar contenidos que puedan ser estudiados en línea; y por último, el enfoque que trata de incorporar la tecnología al aula tomando criterios psicopedagógicos para crear ambientes de aprendizaje con la construcción de secuencias didácticas.

Para Ramírez y Chávez (2012) y Díaz-Barriga (2013), la tecnología en las aulas no es para disminuir las deficiencias en la capacitación de los docentes, ni para abatir el problema de diseño de los programas de estudios, su función es mejorar la integración de ambos aspectos y proporcionar alternativas a los mediadores del conocimiento, siempre al emplear la tecnología educativa cuando está diseñada con base en un modelo educativo, nunca al revés.

La forma de aprender a través de las TIC para Hernández (2009), es de acuerdo a una conceptualización de la mente. Define como mente instruida cuando se aprende de las computadoras por medio de tutoriales o programas de práctica, llevando a cabo un aprendizaje receptivo. Cuando se aprende por medio de situaciones multimediáticas e hipermediáticas; es decir, aprendizaje elaborativo y significativo, le llama mente multirrepresentacional. En la medida que se utilice la tecnología para ampliar las estrategias cognitivas se presenta un aprendizaje potenciado, una mente amplificadora. Y por último, el aprender con las TIC y en conjunto con otras personas es lo que permite interpensar y distribuir el conocimiento, logrando

un aprendizaje extendido y colaborativo, lo denomina mente distribuida socialmente. Para Hernández y Romero (2011), la mente distribuida socialmente se puede lograr a través de comunidades virtuales de aprendizaje, donde lo importante es el diseño teórico-educativo que pueda crear una experiencia educativa según el contexto social-institucional donde se desenvuelva el alumno.

El aprendizaje utilizando TIC debe considerar el cambio en la actuación del docente en cuanto a su papel en la mediación y, por otra parte, en la adecuada selección de métodos. Esto con el fin de lograr la transferencia y asimilación de conocimientos. A su vez, el estudiante empleará diferentes estrategias cognitivas propuestas por el profesor o adaptadas por él (Bravo, 2012).

Fainholc, Nervi, Romero y Halal (2013), expresan que la formación del docente innovador requiere de inversiones tecnológicas de infraestructura y de redes que proporcionen soportes técnicos continuos que respalden el actuar del profesorado; así como fomentar el aprender a aprender de un modo auto-regulado; es decir, apoyando la autonomía de la persona que aprende en sistemas que combinan la enseñanza presencial y la virtual. Además, la calidad pedagógica y de capacitación de los docentes se refleja en la adecuación y propuestas didácticas que presentan estrategias dinamizadoras y con variedad de recursos. En cuanto a la retención de un aprendizaje, menciona que está en función de la satisfacción de las expectativas y necesidades del alumno al percibir el valor y utilidad de lo aprendido.

Los docentes tienen que comprometerse con su desarrollo profesional continuo para poder implementar el uso de la tecnología en el proceso de enseñanza. Las posibilidades que proporcionan las TIC son amplias y los docentes deben estar preparados para desenvolverse en

diferentes contextos de aprendizaje, niveles de interacción, grados de control del aprendizaje, entre otros (Toro & Joshi, 2012).

Las debilidades son grandes en los docentes en el uso de las TIC, aunado a la evolución constante de la tecnología que incrementa el rezago en el dominio de la misma. Además, las creencias y prácticas de enseñanza arraigadas en ellos y en las instituciones contribuyen al retraso en el dominio e implementación de la tecnología. La falta de planificación y visión de los administradores de las instituciones educativas es parte de la resistencia al cambio y también se refleja en las bajas competencias del profesorado (Camacho, 2014).

En la educación superior, la incorporación de las TIC tiene como objetivo fortalecer y estimular el aprendizaje. Para este fin, las instituciones educativas y el gobierno tienen como papel el proveer de una estructura orientada a la construcción de capacidades específicas y de mejora en la capacidad de investigación. Sin embargo, aunque en la actualidad se reconoce la importancia de las TIC en la educación superior, existen factores que han impedido una mejor integración de ellas. Entre los aspectos que han debilitado el uso de las TIC en la enseñanza universitaria se encuentra la escasa formación de los docentes, la falta de equipo tecnológico, deficiencia en las políticas públicas que apoyen el proceso, así como la baja motivación de los docentes para adquirir las habilidades que les permitan incorporarlas como herramientas para la enseñanza (Starr, 2001).

La educación superior debe corresponder a lo que exige la sociedad actual, una educación abierta, flexible, pero de calidad. Para ello se debe de disponer de los medios tecnológicos y lograr incorporar a los docentes que antes eran los proveedores de conocimiento y que ahora serán facilitadores del mismo (Camacho, 2014).

La adaptación del aprendizaje a un entorno virtual se ha incrementado por el creciente y mejor acceso a las TIC que se está logrando en todos los países. Aun cuando el acceso a Internet implica un gasto, la mayoría de las universidades disponen en sus campus de este servicio de forma gratuita para toda la comunidad universitaria; sin embargo, el solo hecho de desplazarse hasta las instalaciones educativas para utilizar el servicio requiere de tiempo y gasto en transporte (Hinojo & Fernández, 2012).

Por otra parte, en cuanto al aprendizaje formal, tradicionalmente, la Matemática es de las materias que menos entusiasmo a la mayoría de los estudiantes (Ruíz, 2008). En Europa el informe de la red Eurydice, que integra 31 países, analiza la situación de la enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación primaria y secundaria, donde los resultados de los estudios internacionales Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos (PISA, por sus siglas en inglés) y el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS) muestran que existe una proporción grande de alumnos que no alcanzan los niveles esperados de competencia matemática (Eurydice, 2011).

Sin embargo, menos de la mitad de los países europeos han realizado estudios o han informado de las causas que ocasionan las deficiencias en matemáticas. Los países que sí han investigado sobre el bajo rendimiento reportan factores como el nivel de estudios de los padres, la falta de recursos educativos y de ayuda en casa, una escasa motivación intrínseca del alumno y una inadecuada cualificación del profesorado (Eurydice, 2011).

En América Latina y el Caribe, Valverde y Näslund-Hadley (2010), realizaron un estudio sobre la condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales para la etapa preescolar, primaria y secundaria tomando los datos de pruebas internacionales estandarizadas incluyendo el



Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE), TIMSS, PISA, así como los resultados de los exámenes para el Certificado Caribeño de Educación Secundaria (CSEC). La investigación indicó que los niveles promedio de conocimiento y destreza en matemáticas y en áreas importantes de las ciencias naturales están por debajo de las metas establecidas por las políticas educativas locales, y notablemente por debajo del desempeño de los estudiantes de Asia oriental y de los 35 países industrializados que conforman la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Las causas según este trabajo son múltiples: programas débiles, materiales de aprendizaje inadecuados, falta de habilidad de los docentes, memorización de operaciones computacionales de rutina y reproducción mecánica de conceptos (Cabrol & Székely, 2012).

El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) fue creado por la OCDE para solventar la premisa de promover políticas que mejoren el bienestar económico y social en el mundo (OCDE, 2017). La prueba tiene como objetivo evaluar cada tres años a los estudiantes que están por finalizar la educación obligatoria. Los resultados de las evaluaciones permiten determinar si los jóvenes de 15 años han adquirido los conocimientos y habilidades básicas en ciencias, matemáticas y lectura para garantizar su completa participación en la sociedad del saber (PISA, 2017).

Los resultados de PISA aplicada en 2015 indican que el desempeño de los estudiantes mexicanos está por debajo del promedio de la OCDE. En matemáticas, los alumnos alcanzaron un promedio de 408 puntos, siendo 490 puntos el de la OCDE. Aunque de 2003 a 2015 el rendimiento de México en matemáticas se ha incrementado en promedio 5 puntos cada tres años, en 2015 el puntaje obtenido está por debajo del logrado en 2009 (419 puntos). El nivel básico de competencia no lo obtiene en promedio el 23% de los estudiantes de los países participantes; sin

embargo, en México el porcentaje es mucho mayor (57%), situación que no ha cambiado desde 2003. En lo referente al nivel de excelencia, el promedio indica que el 10.7% de los alumnos se ubican en esta categoría, mientras que en México es de solo el 0.3%, además de que disminuyó con respecto al 2006, 2009 y 2012 (OCDE, 2016).

Por otra parte, en México, la Secretaría de Educación Pública (2014), lleva a cabo una prueba estandarizada para la educación media superior denominada Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE) que evalúa competencias disciplinares básicas de los campos de comunicación (comprensión lectora) y matemáticas. El examen es anual e inició su aplicación en 2008 donde el rendimiento de los estudiantes es clasificado como insuficiente, elemental, bueno o excelente. En 2008 el 46.54% de los estudiantes se encontraban en la categoría insuficiente mientras que en 2014 solamente el 26.60% se ubica en la escala más baja, mejorando de nivel un 19.94% de los evaluados. El rubro de rendimiento elemental disminuyó 3.76% y los estudiantes con resultados considerados como buenos aumentó 7.76% en el mismo periodo. Es notable el incremento de los estudiantes excelentes, de un 3.43% en 2008 a un 19.38% en 2014.

Los resultados de la prueba Enlace son prometedores; sin embargo, Santiago, McGregor, Nusche, Ravela y Toledo (2012), sugieren realizar un estudio a profundidad del impacto de la prueba en las escuelas y en las aulas, así como analizar la posibilidad de regresar al objetivo original de ser una herramienta únicamente diagnóstica y formativa para los estudiantes, y eliminar o al menos reducir el peso de los resultados de la prueba en la evaluación del profesorado. Otra opción es añadir al examen un valor que tendría repercusión en la calificación final o ser parte del certificado del nivel educativo.

Posteriormente en México, a través del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA) se aplicó en 2015 y 2016 la Evaluación del Logro referida al Sistema Educativo Nacional (ELSEN) a estudiantes de sexto grado de primaria y tercero de secundaria. La prueba evalúa matemáticas, lenguaje y comunicación. La evaluación clasifica a los alumnos de acuerdo a cuatro niveles de logro como insuficiente, apenas indispensable, satisfactorio y sobresaliente (Planea, 2017). En educación media superior para el área de matemáticas se tiene que aproximadamente la mitad de los estudiantes tienen un nivel insuficiente (51.3% en 2015 y 49.2% en 2016), una ligera mejoría entre los dos años de aplicación. En el nivel denominado “apenas indispensable” se ubica el 30% de los alumnos para 2016, mejorando solo una décima con respecto a 2015. En el nivel satisfactorio se aumentaron dos puntos entre los dos años (12.4% a 14.4%), siendo la categoría con mayor cambio. Sin embargo, en el nivel sobresaliente se disminuyó una décima para 2016 ubicándose en 6.3% (Planea, 2016).

Los resultados de estas pruebas reflejan las carencias en conocimientos matemáticos que tienen los jóvenes y que afectan su desempeño. Al ingresar a la universidad, estos vacíos de información provocan que se impartan asignaturas iniciales para solventar los rezagos académicos. Además, este tipo de asignaturas generan un retraso en el plan de estudios al no acreditarlas por considerarse “difíciles” debido a la cantidad de conceptos matemáticos que se incluyen.

En el nivel de enseñanza superior no existen pruebas estandarizadas que puedan establecer indicadores sobre el nivel de conocimientos básicos de los estudiantes; sin embargo, el parámetro de eficiencia terminal es monitoreado por cada universidad, aunque son escasas las investigaciones publicadas sobre los factores que la afectan y de las repercusiones de las acciones llevadas a cabo para aumentar el número de egresados. Además, se carece de

organismos públicos o asociaciones que proporcionen información de las eficiencias terminales de las universidades de México dificultándose con ello la realización de estudios comparativos y de investigación en conjunto sobre las causas y posibles acciones a seguir. Los trabajos que enfrentan la problemática de la eficiencia terminal son esfuerzos aislados de universidades como son los llevados a cabo en universidades de los estados de Yucatán y Tabasco.

En la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán los últimos 20 años se han presentado problemas de permanencia y eficiencia terminal principalmente en las licenciaturas de matemáticas y ciencias de la computación. A su vez, se han incrementado los índices de rezago y deserción escolar especialmente en los primeros semestres y en específico en las áreas de cálculo y álgebra. La facultad estima que entre un 60 o 70% de los estudiantes que cursan el primer año logran llegar al segundo, y aunque se han llevado a cabo acciones remediales y emergentes como lo son los cursos propedéuticos y los talleres extracurriculares de cálculo no se ha logrado abatir el problema (Aparicio, 2006).

Un estudio sobre los problemas relacionados con la eficiencia terminal desde la perspectiva de los estudiantes universitarios fue realizado en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco en México, específicamente con la licenciatura en Ingeniería Química. La investigación fue bajo el enfoque cualitativo con grupos focales a quienes se entrevistó para identificar los factores que influyen en la eficiencia terminal. Dentro de los aspectos académicos, los alumnos expresaron que el principal elemento que influye en la comprensión de los contenidos de las asignaturas es la carencia de conocimientos previos, situación que consideran es la causa de la reprobación de materias de física, cálculo diferencial, ecuaciones diferenciales, termodinámica y laboratorio, y propiedades termodinámicas. A su vez, también indicaron que el ambiente en el aula no estimula la interacción al ser el profesor quien imparte el discurso y los estudiantes sólo

son receptores de la información (Domínguez, Sandoval, Cruz, & Pulido, 2014).

Los estudiantes consideran difícil el estudio de las matemáticas y carente de uso posterior en la vida, lo que provoca rechazo, según Ruíz (2008). Además, el investigador expresa que el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática es afectado por la poca vinculación del contenido con situaciones cotidianas, así como por la falta de uso en otras asignaturas pertenecientes a un mismo plan de estudio y la relación del contenido matemático a realidades ajenas a las de los estudiantes.

Una alternativa de solución es cambiar el enfoque tradicional de la enseñanza con estrategias didácticas no usualmente empleadas en una asignatura de matemáticas para lo cual se requeriría reestructurar el plan de clase y las secuencias didácticas de cada tema. Otra alternativa es incorporar las tecnologías de la información y comunicación con el objetivo de hacer más eficientes y productivos los procesos de enseñanza; sin embargo, una tercera alternativa es emplear las TIC como instrumentos que transformen los procesos cognitivos involucrados en la enseñanza y en el aprendizaje aprovechando el potencial de las tecnologías para generar nuevas formas de aprender y enseñar (Coll, 2009a).

En la visualización de gráficas de objetos matemáticos, la tecnología permite tener un panorama global y local, tanto de forma cualitativa como cuantitativa lo que facilita la exploración y establecer argumentos que expliquen el fenómeno en cuestión. Sin embargo, es necesario que las actividades que desarrollen los alumnos sean dirigidas a generar conocimientos matemáticos integradores. Por ello, es importante utilizar problemas de situaciones reales en donde se facilite al estudiante transitar entre los diferentes registros de representación (simulación, verbal, tabular, gráfica y algebraica) con y sin tecnología (Torres, 2004).

En cuanto a investigaciones en el campo de la educación matemática realizadas en México, en la obra de Camarena y González (2013), se presentan los resultados de la búsqueda, recopilación y análisis durante el período 2002 al 2011. La investigación fue realizada tomando como fuentes para el análisis artículos de revistas de investigación reconocidas, libros, capítulos de libros y tesis de doctorado. En total se encontraron 51 investigaciones, dentro de las cuales solamente cinco corresponden a estudios de los recursos para la enseñanza de las matemáticas, siendo insuficiente la producción de investigación vinculada al nivel de educación superior. Esto posiblemente se deba a que la gran mayoría de los docentes que imparten clases en programas que incluyen matemáticas en sus planes de estudio no son matemáticos.

En el Instituto Politécnico Nacional se llevó a cabo un estudio cualitativo para determinar los tipos de razonamiento que emergen cuando los estudiantes resuelven problemas de matemáticas e interactúan en un ambiente virtual, así como identificar las competencias tecnológicas requeridas. El contenido matemático fue sobre funciones y sus diferentes representaciones comprendidas en una secuencia de ocho actividades. El estudio se realizó en estudiantes que cursaban la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral del primer semestre de una carrera de ingeniería en un ambiente Moodle. Los resultados mostraron dos tipos de razonamiento, basados en el contexto y en las restricciones demostrando una comprensión más completa del problema al establecer relaciones entre las variables. También se evidenció la necesidad de que los estudiantes desarrollen nuevas habilidades para efectuar discusiones en grupos, responder por correo electrónico y participar en discusiones de foros. Además, la interacción colaborativa, así como la comunicación virtual debe ser planeada y dirigida por el facilitador porque no surge de forma espontánea (García & Benítez, 2011).

En el College of Saint Benilde, De La Salle University en Filipinas se desarrolló en el

ciclo escolar 2009-2010 un curso de álgebra bajo la modalidad b-learning (Acelajado, 2011).

Ésta incluye en su diseño instruccional tanto actividades on-line como presenciales, integrándose de esta forma a las exigencias de la sociedad actual con flexibilidad en el tiempo, espacio, contenidos, así como en la construcción de conocimiento a través de un diseño teórico-educativo (Turpo, 2010).

En el curso de álgebra realizado por Acelajado (2011), el Internet se utilizó para ingresar a páginas web específicas, así como a materiales de aprendizaje colocados en una plataforma que contenían presentaciones en Power Point, contenido teórico del curso, hojas de trabajo y asignaciones. Además, los estudiantes debían compartir a través de su grupo de Yahoo material adicional que hubieren investigado sobre el tema. Al final de cada tema se realizó una sesión presencial para aclarar dudas. Los resultados obtenidos por las entrevistas realizadas al finalizar el curso a los estudiantes muestran que se sintieron motivados por la novedad de la estrategia utilizada e inclusive disfrutaron de las actividades elaboradas porque tuvieron diferentes alternativas para el aprendizaje, mejorando su actitud y confianza en sí mismos ante las matemáticas. También se encontró una diferencia significativa a favor de la modalidad b-learning en cuanto a los conocimientos adquiridos al compararse con un grupo en modalidad presencial, por ello concluyen que se debe continuar la investigación en esta estrategia de proporcionar diversas técnicas didácticas a través de las TIC para que los estudiantes logren el aprendizaje de conceptos.

Miller (2011) realizó un estudio en la Universidad Estatal de Ohio, donde sugiere el uso de lecturas digitales para los cursos de Cálculo introductorio, que cuenten con figuras interactivas, sección de notas, videos y preguntas de autoevaluación; ya que al realizarse el estudio piloto comprobó que los estudiantes estaban más interesados en el material, concentrados

y participativos durante las sesiones presenciales. Además, de mayor aprendizaje después de clases al interactuar con la tecnología desarrollada para este fin. El uso de realidad aumentada es sugerido por Malinka y Georgi (2011), para exponer conceptos virtualmente en forma interactiva y atractiva, dando como resultado una mejor comprensión de la teoría presentada a través de los modelos y escenarios 3D.

La introducción al Cálculo propuesta por Thompson, Byerley y Hatfield (2013), para el estudio de la derivada e integral, es a través de un acercamiento simultáneo a la acumulación y la razón de cambio. Para ello, utiliza un software diseñado para manipular funciones y sus gráficas. En cada clase se emplean las ideas de razón de cambio para construir las funciones de acumulación, y conceptos de acumulación para obtener funciones de razón de cambio, nunca se trataron por separados los conceptos de acumulación y razón de cambio, estando presente continuamente el teorema fundamental de Cálculo.

El cálculo del área bajo la curva es propuesto por Salinas et al. (2012). Para realizarlo, a través de aproximaciones, utiliza una hoja electrónica donde los datos y operaciones se llevan a cabo por celdas. Este enfoque es numérico y se aplica en problemas de contexto extramatemático. El software permite disminuir el valor de  $\Delta x$  aumentando el tamaño de la tabla que se forma al ir copiando las fórmulas de cada fila. La hoja electrónica ahorra tiempo y esfuerzo que se requiere para las operaciones aritméticas, así como en evaluar la función.

En la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, Lois y Milevicich (2008), diseñaron un software para el abordaje del cálculo integral por medio de la integral definida asociado al área bajo la curva. Se tenía como objetivo además crear un puente entre la conceptualización de integración y los problemas de aplicación de ingeniería. El taller se llevó a



cabo con un grupo de estudiantes de primer año de Ingeniería Eléctrica, iniciando con ejercicios matemáticos y al final con los problemas de aplicación. El examen post test estuvo integrado por actividades que planteaban problemas completamente matemáticos, sin aplicaciones. El proyecto también tenía como finalidad promover que los alumnos conjeturen, experimenten, analicen retrospectivamente, extrapolen, argumenten, pregunten a sus pares y a sus docentes, se comprometan a desarrollar las actividades, discutan sobre sus errores y sus desempeños.

En 2009 se inició en la Universidad de San Buenaventura, Colombia un proyecto de implementación de un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) denominado Mymathlab para los cursos de matemáticas, donde se ofrece a los alumnos un ambiente de aprendizaje personalizado e interactivo para avanzar según su propio ritmo y medir el progreso. El laboratorio virtual incluye ejercicios tutoriales interactivos, ayudas didácticas multimedia, plan de estudios flexible, libro electrónico e historial académico individual. De igual forma el profesor puede hacer un seguimiento del avance de los estudiantes y llevar a cabo retroalimentaciones con respecto al avance individual y grupal (Bravo, 2012).

En los resultados iniciales del AVA “Mymathlab” creado por Bravo (2012), se determinó que los estudiantes vieron el AVA como una gran ayuda en el proceso de aprendizaje y un reto novedoso, reflejándose en un aumento de 20% y 30% en el promedio de las calificaciones y un descenso en la desviación estándar de los datos. Sin embargo, detectaron que uno de los recursos de ayuda denominado “ver un ejemplo”, lo estaban utilizando algunos estudiantes para inferir los resultados en los ejercicios de tarea; es decir, identificaban patrones y los reproducían en las asignaciones, situación que no necesariamente refleja el dominio del proceso en sí o el enfoque específico para la solución de un problema. En el estudio concluyen que el AVA es un recurso que, dependiendo de su diseño, se pueden generar diferentes estrategias para potenciar algunos

procesos cognitivos más que otros.

Material didáctico digital fue desarrollado para un curso de Cálculo Integral y Vectorial en una y varias variables en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata utilizando el software Maple. La herramienta informática utilizada fue seleccionada porque permite el cálculo, la manipulación y visualización matemática, resolviendo problemas de forma simbólica. Los objetivos de la propuesta didáctica son ofrecer un entorno para la exploración, la experimentación y la visualización, así como motivar el uso de un software matemático, favorecer la comprensión y apropiación de los conceptos a partir de la visualización, obtener conclusiones de las gráficas, promover el trabajo grupal, evitar los cálculos tediosos, reforzar conceptos que resulten difíciles de asimilar, vincular conceptos comunes de la matemática y la física, complementar las actividades de la clase y servir como medio para la autoevaluación (Costa, Di Domenicantonio, & Vacchino, 2010).

En la Universidad de los Llanos sede Barcelona, Valbuena, Ortiz, y Agudelo (2015), desarrollaron material didáctico multimedia para fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje de matemáticas I. El tratamiento se aplicó en el ciclo académico de 2011 con alumnos de Ingeniería Electrónica. En el software se promueve la interactividad docente-contenidos-estudiante y el autoaprendizaje a través de la diversificación de actividades. El material didáctico comprende los temas de funciones, límites, derivadas y sus aplicaciones que se abordan por medio de diferentes animaciones y simulaciones las cuales el alumno puede repetir y revisar las veces que necesite de acuerdo a sus conocimientos previos, capacidad de aprendizaje y además con ello se promueve su autonomía y autoaprendizaje.

Los resultados de la investigación de Valbuena, Ortiz, y Agudelo (2015), muestran que el

material tuvo un 90% de satisfacción en los estudiantes, mientras que el experto en contenidos evaluó satisfactoriamente el producto digital. En cuanto a la evaluación cuantitativa, ésta se realizó con un examen de conocimientos adquiridos con base de 20 puntos, en el grupo de control con un método de enseñanza tradicional el promedio fue de 9.44, mientras que el grupo que trabajó con el material multimedia obtuvo 13.83 puntos de promedio. En la investigación se concluye que la correlación de los resultados de la evaluación cualitativa y cuantitativa muestran que la estrategia de enseñanza apoyada con TIC favorece el aprendizaje significativo del cálculo diferencial.

Una propuesta para fomentar los aprendizajes significativos y la autorregulación del aprendizaje fue elaborada por Rodríguez, Abraham, y Ávila (2014), en la Universidad Tecnológica Nacional en Argentina. La estrategia se implementó en los cursos de Álgebra y Geometría Analítica. La intervención consistió en que los alumnos realizaban autoevaluaciones virtuales a la par de las clases presenciales. El estudio se llevó a cabo en la Facultad Regional de Tucumán en 2012 donde se les dio la opción de participar voluntariamente a 204 alumnos de cinco grupos seleccionados al azar de un total de 12. Las autoevaluaciones eran complementarias a la clase tradicional y se hacían al final de cada tema, permitiendo que el alumno verifique su progreso y el dominio sobre los nuevos conceptos. El banco de datos para formar las autoevaluaciones está integrado por diferentes clases de preguntas como son: de opción múltiple, verdadero/falso, respuestas cortas, numéricas, de lectura de gráficas y para relacionar. Los cuestionarios se generan con preguntas tomadas al azar y permiten varios intentos, quedando registrada la calificación de cada autoevaluación.

Los resultados del estudio de Rodríguez, Abraham, y Ávila (2014), mostraron que los alumnos que manifestaron interés desde el inicio obteniendo una nota buena en la primera

autoevaluación también se reflejaron en un mayor rendimiento académico en el parcial. Por lo anterior, concluyen que el diseño de evaluaciones utilizando las TIC aporta beneficios si son frecuentes porque refuerzan conceptos, motivan a los estudiantes y sirven para monitorear su propio aprovechamiento escolar.

### **Planteamiento del problema**

La sociedad contemporánea ha creado instituciones cuya finalidad es la enseñanza y ha propiciado en la población una visión científica del mundo al articular el saber con las matemáticas. El currículo de matemática y los métodos de enseñanza se han basado a lo largo del tiempo en las matemáticas formales, métodos didácticos memorísticos y en habilidades algorítmicas, lo que genera con frecuencia que el estudiante no perciba los vínculos entre los procedimientos matemáticos estudiados en el aula con las aplicaciones en su vida cotidiana, limitándose los procesos de aprendizaje que pueden experimentar por sí mismos (Cantoral, 2001).

Radford y André (2009), expresan que posiblemente los problemas de la enseñanza tradicional de las matemáticas a nivel superior son debido que al estar centrada en el papel y el lápiz no promueve conexiones permanentes con la experiencia sensorial vivida por los estudiantes durante los primeros años escolares, de tal forma que los algoritmos aparecen abstractos, sin fundamento y carentes de sentido. Sin embargo, una de las fortalezas de las matemáticas es la abstracción que se logra con su lenguaje, por lo cual es necesario crear propuestas pedagógicas que permitan superar la barrera de lo abstracto.

De igual forma, Peñalva (2010), señala que el costo y la complejidad de resolver un problema por medio de los entes reales son razones suficientes para no hacerlo. La construcción

de modelos al hacer una abstracción de la realidad se alcanza cuando se desarrolla una actividad mental cognitivamente madura en el estudiante.

La enseñanza de la Matemática en México de acuerdo a Ávila (2004), se puede dividir como la enseñanza antes de la reforma de 1993, donde la enseñanza-aprendizaje se hacía a través de fórmulas y procedimientos únicos, repetitivos, sin lograr el entendimiento del por qué y para qué lo aprendido. Después de la reforma de 1993, se desarrolló un programa académico con el objetivo de actualizar los contenidos del aprendizaje de las matemáticas a través de la enseñanza por planteamiento de problemas, para lograr una enseñanza razonada basada en el entorno; sin embargo, no se logró el objetivo por factores como la capacitación docente, los estilos de formación y la contextualización del programa académico.

Por otra parte, el ingreso masivo de jóvenes a la universidad, según Amador (2010), fenómeno característico de las últimas tres décadas de este siglo, hace que el estudio de la matemática educativa sea fundamental para lograr mejoras en el proceso de enseñanza aprendizaje. Además, Camarena (2006), expresa que las matemáticas se han convertido en el filtro de la matrícula escolar de cualquier institución educativa. En ciencias como la Matemática, además de la dificultad que surge por las diferencias entre la forma de enseñar y aprender; este conocimiento representa para muchos estudiantes un saber que no les atrae, lo rechazan, les provoca miedo e inclusive pueden dudar de sus capacidades para aprenderlo según expresan Rouquette y Suárez (2013).

Muchos estudiantes odian las matemáticas y como resultado, los adultos en todo el mundo sienten miedo hacia éstas y tratan de evitarlas. Las matemáticas para la mayoría de los jóvenes son inútiles; sin embargo, más que otra asignatura, tiene el poder de aplastar la confianza

de los estudiantes y también para disuadirlos de aprender métodos y herramientas que utilizarán en la vida adulta (Boaler, 2015).

La ansiedad acerca de las matemáticas está ligada a calificaciones bajas y puntajes de exámenes estandarizados, pero no todos los individuos con ansiedad matemática se desempeñan igualmente mal en dicha área. Lyons y Beilock (2012), realizaron un estudio donde a través de imágenes de resonancia magnética separaron la actividad neuronal cuando se anticipaba una tarea matemática y durante la misma actividad matemática. Los hallazgos de este estudio sugieren que las intervenciones educativas donde se enfatice el control de las respuestas emocionales negativas a los estímulos matemáticos serán más efectivas en lugar de simplemente un entrenamiento adicional de matemáticas. Esto con el fin de detectar dentro de una población a los individuos matemáticamente competentes, que de lo contrario podrían no ser descubiertos.

A su vez, se requiere de una adaptación en los modos de enseñanza que hagan que las matemáticas sean atractivas para todos los estudiantes, y al ser un producto cultural, adquieren significado en un momento social e histórico preciso. Esto determina el uso que se les da de acuerdo al contexto y las herramientas disponibles (D'Amore & Godino, 2007).

En matemáticas, quizás más que en otras ciencias, es fundamental diseñar actividades de enseñanza aprendizaje que de manera práctica resulten en una herramienta que contribuya a la resolución y comprensión de diferentes fenómenos, mostrando de esta forma su relevancia y funcionalidad para que no se perciba como un conocimiento obsoleto o sin sentido, según Coll (2009b). La construcción de situaciones didácticas en donde se diseñen escenarios para que interactúen estudiantes, docentes y medio, con el fin de favorecer el aprendizaje de las matemáticas es propuesta por Brousseau (2007).

Camarena (2009), expone que en las carreras técnicas y profesionales, la desarticulación entre los cursos de matemática y las otras asignaturas se transforma en un conflicto cotidiano para los estudiantes, aunado a que la mayoría del alumnado no tiene claro por qué estudia matemáticas. Esto ocasiona que les sea muy difícil desarrollar la modelación matemática y lo que conlleva la matemática en la ingeniería; aun cuando es un tema establecido en los objetivos curriculares no se muestra de forma explícita en los programas de estudio (Camarena, 2013).

Según Cantoral (2001), la problemática surge a partir del hecho didáctico que demuestra que la enseñanza actual no produce aprendizaje, situación que se constata en la práctica cotidiana. La enseñanza tradicional de la Matemática en términos generales permite satisfacer el contrato didáctico, pero no parece lograr un verdadero aprendizaje entre los estudiantes. Además, se continúa empleando la tecnología para que el docente haga mejor, más rápido y más eficazmente lo que ha hecho siempre, impidiendo el surgimiento de prácticas emergentes de acuerdo al potencial de las tecnologías que pueden apoyar en el desarrollo de la creatividad, pensamiento crítico, aprender a aprender (Correa & Pablos, 2009).

El Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) inicia con la integración de la tecnología para apoyar los procesos formativos en el 2004. El ITSON es una Universidad ubicada en el sur del Estado de Sonora que ofrece programas de licenciatura y posgrado. Su oferta académica consta de un programa de profesional asociado, 23 licenciaturas, una especialidad, 11 programas de maestría y tres programas de doctorado. Dentro de las 23 licenciaturas, 10 de ellas son de Ingeniería según información recuperada del portal del Instituto Tecnológico de Sonora (s.f.).

El proyecto de integración tecnológica del ITSON inicia, ofreciendo cursos curriculares en modalidad virtual-presencial y se involucraron distintos programas educativos de licenciatura,

profesional asociado y posgrado de los planes 2002 en adelante para proporcionar a los estudiantes, alternativas de formación. La modalidad virtual-presencial utiliza una plataforma tecnológica institucional denominada Sistema de Apoyo a la Educación con Tecnologías de Internet (SAETI) y SAETI2. El sistema fue desarrollado para soportar cursos donde se tuviera la capacidad para que los estudiantes interactuarán entre sí y con el profesor-facilitador las 24 horas del día (Instituto Tecnológico de Sonora, 2006).

La plataforma Moodle empezó a utilizarse para asignaturas en la modalidad virtual presencial en ITSON a partir de 2014 como una iniciativa paralela a SAETI2. Sin embargo, el apoyo en cuanto a recursos ha sido limitado lo que restringe el número de materias y usuarios. La principal plataforma para los cursos en la modalidad virtual presencial en ITSON es SAETI2, según información del Departamento Tecnologías y Servicios de Información.

En el Departamento de Matemáticas se han impartido asignaturas en la modalidad virtual presencial en diferentes planes de estudio. En el plan 2002-2009 se ofreció la materia “Lenguaje matemático” para las licenciaturas de Ciencias Económico Administrativas y Educación en la plataforma SAETI. Los materiales didácticos se desarrollaron en archivos de Word y Power Point. Los exámenes se hacían dentro de la plataforma, pero de forma presencial en un aula física y en presencia del docente a cargo del grupo. Los grupos estaban conformados con aproximadamente 20 alumnos y se tenía un 30% de aprobación, según información proporcionada por la Coordinadora de Academia.

En la actualidad, se imparten en la modalidad virtual presencial las asignaturas “Matemáticas para negocios” y “Matemáticas” correspondientes a los planes 2009 y 2016, respectivamente. La plataforma virtual donde se ofrecen estas materias es SAETI2. Las



licenciaturas donde se ofrecen estas asignaturas son Administración, Contabilidad, Economía y Finanzas, y Turismo. El porcentaje promedio de aprobación ha sido de 45% de acuerdo a datos facilitados por el Coordinador de Academia.

En la universidad se realizó un estudio para evaluar el impacto de la implementación de objetos de aprendizaje en un curso de matemáticas en la modalidad virtual presencial durante 2008. Específicamente, las competencias analizadas fueron sobre exponentes y operaciones con polinomios, comparándose las calificaciones obtenidas por el grupo donde se utilizaron los objetos de aprendizaje y el grupo donde no se emplearon. Como conclusión, se obtuvo una disminución en el índice de reprobación en el grupo que utilizó los objetos de aprendizaje con respecto al grupo sin acceso a ellos (Peralta-García, Cuevas-Salazar, Ansaldo-Leyva, Morimoto-Garcés, & Rojas-Tenorio, 2009).

La asignatura Cálculo I pertenece al segundo semestre de todas las Ingenierías, siendo de formación básica y requisito indispensable para cursar otras asignaturas. Esta materia solo se imparte de forma presencial. En el semestre agosto-diciembre se tiene una matrícula de alrededor de 250 estudiantes y en el semestre enero-mayo se inscriben aproximadamente 1200 alumnos conforme a registros de la Academia de Cálculo I aportados por su Coordinador.

La materia Cálculo I en ITSON presenta un porcentaje de alumnos reprobados que en el semestre agosto-diciembre de 2010 fue del 41% y del 48% en 2015 según información de la Academia de Cálculo I proporcionada por su Coordinador. El porcentaje de reprobación es elevado y las causas pueden ser múltiples como falta de interés de los estudiantes y vacíos de conocimiento que repercuten en las evaluaciones. La reprobación se presenta según Zúñiga (2007), porque es raro que un estudiante conciba a la Matemática como algo que le pueda ser útil

más allá de tener alguna habilidad en la resolución de ecuaciones, desarrollar procedimientos, aplicar fórmulas y métodos.

Actualmente la asignatura de Cálculo I en ITSON se imparte con el libro *Cálculo Aplicado. Competencias Matemáticas a través de Contexto Tomo I* de Salinas et al. (2012), donde se abordan los temas por medio de situaciones problema para que el estudiante se involucre e identifique las variables que se presentan. El teorema fundamental de Cálculo se estudia a través de los conceptos de razón de cambio y de acumulación analizados en forma conjunta en cada problema. Sin embargo, este acercamiento novedoso no ha logrado captar el interés de los aprendices para que se integren en la dinámica de esta propuesta educativa.

La universidad ha realizado múltiples esfuerzos a través del Departamento de Matemáticas para disminuir la problemática presentada en los cursos básicos del área. Las iniciativas han consistido en establecer programas de capacitación para los docentes, ofrecer asesorías de pares a los alumnos, así como talleres adicionales para los estudiantes con el fin de disminuir los vacíos de conocimiento que van dificultando la comprensión y aprendizaje de nuevos conceptos. Sin embargo, las alternativas para solventar el problema no se han visto reflejadas en la disminución del índice de reprobación.

En las diferentes opciones que ha implementado la universidad para la enseñanza de la Matemática que promueve la adquisición de nuevo conocimiento no se ha considerado la ansiedad de los alumnos hacia su aprendizaje, que se manifiesta como miedo, rechazo y disminución de la confianza, según expresan Rouquette y Suárez (2013) y Boaler (2015). De igual forma, no se ha hecho uso de la tecnología como instrumento para transformar los procesos cognitivos que intervienen en la enseñanza aprendizaje como indica Coll (2009a).

Considerando todo lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente pregunta ¿un ambiente virtual que considere la ansiedad de los alumnos hacia las matemáticas y la actitud ante la tecnología puede lograr la adquisición de conocimiento con comprensión, mejorar el rendimiento académico y los índices de aprobación?

### **Preguntas de investigación, objetivos e hipótesis**

La problemática expuesta permite plantear un objetivo general, así como tres preguntas de investigación. Éstas a su vez, se dividen en dos fases que comprenden en conjunto, siete objetivos específicos e hipótesis (ver Tabla 1).

**Objetivo General:** Desarrollar un ambiente virtual para el autoaprendizaje del modelo lineal que permita adquirir nuevo conocimiento con comprensión, mejorar el rendimiento académico, los índices de aprobación y la disposición hacia las matemáticas, considerando la ansiedad y actitud de los alumnos.

Tabla 1

#### *Preguntas de investigación, objetivos e hipótesis*

Pregunta de investigación	Objetivo específico	Hipótesis de investigación
Fase 1		
1. ¿Cuál es el conjunto de variables latentes que permiten explicar el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática?	1. Identificar el conjunto de variables que permiten explicar el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática.	1. Hay un conjunto de variables que explican el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática.
2. ¿Cuál es el conjunto de variables que permiten conocer la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática?	2. Identificar el conjunto de variables que permiten conocer la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática.	2. Hay un conjunto de variables que permiten conocer la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática.

(continúa)

Tabla 1

(continuación)

*Preguntas de investigación, objetivos e hipótesis*

Pregunta de investigación	Objetivo específico	Hipótesis de investigación
Fase 2		
3. ¿En qué medida el desarrollo de un ambiente virtual para el autoaprendizaje de las matemáticas contribuirá a la adquisición de nuevo conocimiento con comprensión, a mejorar el rendimiento académico, los índices de aprobación y valorar la disposición de los alumnos?	3. Diseñar un ambiente virtual para que el alumno aprenda con comprensión el modelo lineal.	3. El ambiente virtual logra que el alumno aprenda con comprensión el modelo lineal.
	4. Implementar el ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal para determinar el nivel de aceptación de los alumnos.	4. El ambiente virtual logra un nivel de aceptación bueno en los alumnos.
	5. Valorar la disposición de los alumnos hacia las matemáticas y el uso de las computadoras para su aprendizaje.	5. La disposición de los alumnos hacia las matemáticas y el uso de las computadoras para su aprendizaje después de la implementación del ambiente virtual es favorable.
	6. Evaluar el conocimiento adquirido para disminuir los índices de reprobación.	6. El ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal disminuye el índice de reprobación.
	7. Medir el efecto del ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal a través del conocimiento adquirido para mejorar el rendimiento académico.	7. El ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal mejora el rendimiento académico.

**Justificación**

Los entornos virtuales de aprendizaje ofrecen diversas posibilidades como: favorecer la adopción de un modelo de enseñanza centrado en el alumno, extender los límites espacio-temporales del aula presencial, ampliar las oportunidades de comunicación, proponer nuevas estrategias metodológicas y utilizar nuevos recursos didácticos (hipertextos y multimedia interactivo, simulaciones, animaciones, archivos de sonido, videos, publicaciones periódicas disponibles online, entre otros). No obstante, la traslación directa de la planeación didáctica de un programa presencial a uno virtual no es garantía de que el proceso pedagógico se desarrolle de forma eficiente; por ello, Rodríguez (2009), expresa la necesidad de generar patrones específicos para

la educación virtual que se centren en el diseño instruccional, las funciones del tutor a distancia y la gestión necesaria en las plataformas virtuales de enseñanza. El integrar la tecnología en las clases no es garantía de mejorar la calidad ni de la enseñanza, ni del aprendizaje (Garduño, 2009; Salinas, 2011).

Lo deseable según Salinas (2012), es lograr mayor calidad utilizando estrategias didácticas que mejor respondan a las características del usuario, al conocimiento que queremos transmitir, a la organización y al contexto de la región, empleando herramientas de software que faciliten la interacción y estructuras de información y conocimiento. Aunado a lo anterior, las TIC fomentan el cambio del proceso de enseñanza aprendizaje de un enfoque heterónomo del sujeto a un enfoque autónomo donde el alumno toma sus propias decisiones, que al alcanzarse la autonomía se mejora considerablemente el proceso de aprendizaje por los estímulos recibidos a través del espacio virtual ampliándose la conectividad y transferencia de conocimiento (Capacho, 2011).

Asimismo, Coll (2009a), expresa que ni la incorporación ni el uso en sí de las TIC producen de forma automática la transformación, innovación y mejora de las prácticas educativas. De igual forma, Delgado y Solano (2009), comentan que ni las estrategias didácticas por sí solas generan conocimiento, ni la plataforma virtual por sí misma crea un espacio atractivo de aprendizaje, el verdadero cambio se dará en el aprendizaje en entornos virtuales con estrategias didácticas creativas donde el docente sea un facilitador que actúe como mediador de las temáticas del curso y que use las herramientas de la plataforma de forma eficiente.

Por ello, Ferreiro (2008), así como Ferreiro y De Napoli (2008), mencionan que el diseño de nuevos ambientes de aprendizaje debe incorporar a las TIC por el potencial de estos recursos

para obtener mayor participación, interactividad alumno-contenido de enseñanza, así como interacción alumno-alumno y alumno-maestro, fomentar las relaciones de colaboración donde la función del maestro sea la de mediador. Además, las posibilidades de las TIC en la educación universitaria para Turpo (2010), se orientan a mejorar la competencia académica-profesional, la innovación y renovación científica-tecnológica, la ampliación y actualización del conocimiento, así como para mantener las habilidades técnicas requeridas de acuerdo a los estándares.

Con el empleo de las TIC la presentación global del contenido pretende disminuir las restricciones de las asignaturas por medio de la caracterización de la información, conceptos y habilidades en diversos contextos. El conocimiento y las destrezas se introducen y desarrollan dentro de contextos significativos para el estudiante. Los recursos que proporciona la tecnología permite el dominio de un concepto al incorporar datos que se adquieren al navegar entre las diversas fuentes disponibles (Ferrer, 2007).

En la sociedad actual con amplio desarrollo tecnológico, se debe revalorar el qué hacer y cómo hacer para que la Matemática pueda ser aprendida y que se constituya en el instrumento para el cual la humanidad la creó; es decir, un medio para resolver problemas del entorno optimizando los recursos que son más escasos cada vez. Debe haber una transformación del proceso enseñanza y aprendizaje del Cálculo desde la perspectiva algebrizada, descontextualizada, formalizada por la abstracción de las matemáticas a una disciplina cuya finalidad sea la comprensión significativa de los conceptos y que prevalezcan las necesidades de la Ingeniería sobre los criterios de los matemáticos (García, 2013).

Lois y Milevicich (2008), comentan que el uso de la computadora en el aula como un recurso didáctico puede ser un medio que facilite el proceso de coordinar los distintos registros

de representación de un concepto matemático. Además, opinan que la mayor contribución de las TIC es la creación de medios personalizados de acuerdo a los requerimientos pedagógicos. Sin embargo, el uso de software específico, hipertextos y equipos multimedia estimulan el proceso de exploración, elaboración de algoritmos y formación de habilidades lógicas. A su vez, la tecnología como medio de investigación y resolución de problemas, favorece la motivación de los alumnos, hace posible proponer diferentes vías de solución ensayando varias respuestas, formular hipótesis, y en conjunto contribuyendo a la formación de un pensamiento reflexivo y científico.

La mediación didáctica en contexto que incluya a las TIC beneficia el proceso de fijación de conceptos matemáticos según Zaldívar, Cruz y Gamboa (2015), al consolidar lo aprendido, demostrando solidez y durabilidad de los aprendizajes adquiridos. Las relaciones entre objetos y los aprendices deben ser activas y reflexivas, y por ello es necesario incluir el contexto para estimular el proceso de enseñanza aprendizaje. La tecnología además de ser un medio para presentar conceptos y los vínculos entre estos, debe emplear sus potencialidades de movilidad, de sonido, de imágenes y simulaciones para acercar al estudiante ante contextos que pueda asociar con su realidad.

La investigación de Turégano (1998), señala que los estudiantes pueden aprender de forma intuitiva conceptos de Cálculo por medio de la visualización que pueden proporcionar las TIC y con ello dar significado al concepto de integral definida y a sus propiedades a través del área bajo una curva. La introducción a la integral definida por medio de su definición geométrica favorece la transferencia a otros contextos, generando las bases para que el estudiante identifique a la función que relaciona dos magnitudes, donde a cada valor de una de ellas corresponde un valor de la otra, presentándose de esta forma un problema de Cálculo integral. La imagen visual

ayuda a la formación y transformación de intuiciones, así como a la creación de imágenes del concepto. El apoyo de la tecnología evita las operaciones manuales permitiendo la concentración en la exploración y discusión de los conceptos.

En el área de Matemáticas la expectativa de los ambientes virtuales de aprendizaje es diseñar nuevas mediaciones cognitivas con enfoque interactivo para incrementar la calidad en los aprendizajes y el rendimiento escolar, permitiendo una formación en matemáticas por medio del descubrimiento, evaluación y creación, sin descartar la comprensión conceptual, el desarrollo de habilidades para los procesos matemáticos y sus aplicaciones (Bravo, 2012).

En el análisis regional del informe Horizon (Johnson et al., 2013), uno de los retos planteados expone que para transformar la educación superior en Latinoamérica se requiere implementar nuevas pedagogías y tecnologías. En los métodos emergentes identificados se hace énfasis en el aprendizaje personalizado para llegar a más estudiantes y que se tome en cuenta los estilos de pensamiento y aprendizaje dentro del mismo curso. Por ello, se necesita un aprendizaje mixto, presencial y mediado por TIC.

En el aprendizaje del Cálculo se requiere lograr una participación activa del estudiante dentro de los procesos de instrucción y para ello es trascendental identificar cómo y cuándo prestarle la ayuda necesaria para que continúe el esfuerzo intelectual durante el proceso de asimilación. Es por ello que Méndez y Delgado (2013), mencionan que los métodos activos como los enfocados a la resolución de problemas son los que requiere la educación matemática porque se le da prioridad a la actividad del estudiante durante el aprendizaje, las tareas que debe realizar, la interacción e influencia entre los participantes para la adquisición del conocimiento. Además, para Burkle (2011), y Díaz-Barriga (2013), el ambiente de aprendizaje en matemáticas



debería integrar un conjunto de secuencias didácticas basadas en actividades significativas para el estudiante, que involucren temas, problemas o aspectos de la realidad que lo rodean, de tal manera que pueda articular el contenido que se va a trabajar con sus experiencias y conocimientos previos.

El aprendizaje activo conlleva que el sujeto aprenda cómo aprender; es decir, deberá desarrollar competencias que involucren la capacidad para buscar, jerarquizar y organizar la información que se encuentra a través de las TIC, pero además es necesario que el sujeto realice una interacción con esa información que le permita reconstruirla en procesos internos que sólo él puede realizar para encontrarle sentido y significado; es decir, hacerla propia. Como consecuencia, el sujeto podrá ir adquiriendo conocimientos y habilidades que se requieren a lo largo de la vida, prosiguiendo su formación educativa en estructuras formales o no formales (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2005; Díaz-Barriga, 2013).

Además, este estudio permitirá la identificación de las variables que causan ansiedad hacia las matemáticas en los estudiantes, así como las variables que determinan la actitud de ellos ante la tecnología cuando se utiliza para la enseñanza aprendizaje de esta asignatura. Esto facilita a su vez, generar estrategias para enfrentar las condiciones adversas que están influyendo en los alumnos de ITSON.

Por otra parte, el diseño, desarrollo e implementación de un AVA donde se estudie una asignatura de matemáticas a través de recursos interactivos contribuirá con una metodología. Ésta sería aplicable para desarrollar los contenidos de materias de matemáticas en un nivel de educación superior.

## **Delimitaciones**

La investigación se limitó a desarrollar un ambiente educativo para la asignatura Cálculo I para Ingenierías del Instituto Tecnológico de Sonora, integrando solamente las unidades de competencia I y II que se refieren al estudio del cambio uniforme (modelo lineal) y al cálculo del valor aproximado del cambio acumulado, respectivamente. La propuesta se implementó durante los meses de agosto y septiembre de 2016 con los alumnos inscritos en la asignatura Cálculo I que correspondieron a grupos intactos.

## **Capítulo II. Marco teórico**

En este capítulo se exponen los fundamentos matemáticos sobre el modelo lineal, los constructos de ansiedad y actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología. De igual forma, se describen las teorías clásicas del aprendizaje que se consideraron para la construcción del ambiente virtual. Por otra parte, se presentan los modelos de diseño instruccional analizados, así como el modelo seleccionado para este estudio. A su vez, también se desarrolla el concepto de ambiente virtual de aprendizaje. Por último, se realiza la articulación teórica-conceptual que comprende esta investigación.

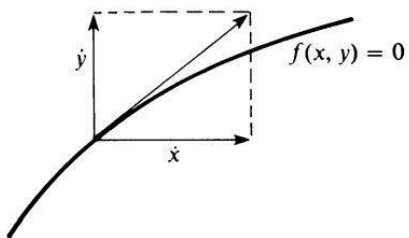
### **Fundamentos matemáticos**

En este apartado se hace una descripción de cómo surgió el Cálculo moderno, presentando la propuesta de Newton y la de Leibniz. Posteriormente se desarrollan los conceptos matemáticos del cambio uniforme a través del modelo lineal y el cambio acumulado con el cálculo aproximado, que comprende el alcance de este estudio.

**El Cálculo de Newton y Leibniz.** A fines del siglo XVII se resolvían problemas de tangentes y de áreas a través de diferentes métodos, siendo Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz quienes por diferentes acercamientos establecieron lo que se conoce como el Teorema Fundamental de Cálculo. El teorema expresa explícitamente la relación inversa entre los problemas de tangentes y áreas que en términos modernos se denomina derivación e integración. La contribución por la que son reconocidos Newton y Leibniz no es sólo por identificar el teorema como un hecho matemático sino por emplearlo como una poderosa herramienta para el cálculo algorítmico.

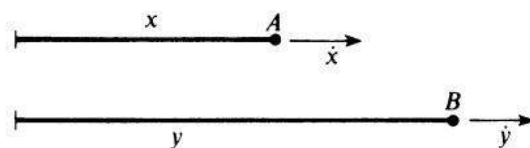
El Cálculo de acuerdo a Newton. Isaac Newton (1642-1727) originario de Inglaterra realizó grandes aportaciones en su carrera científica a través de sus logros en el Cálculo, la naturaleza de la luz y la teoría gravitacional. A finales de 1665, Newton resolvió el problema de la tangente por el método de los componentes de la velocidad de un punto en movimiento en un sistema coordenado apropiado. Este acercamiento ya había sido desarrollado por Roberval, pero probablemente era desconocido para Newton. El estudio de la tangente, por medio de los componentes en movimiento, sentaron las bases para el nuevo método de “fluxiones” y la clave para sus aplicaciones geométricas (Merzbach & Boyer, 2011).

Newton consideró la curva  $f(x, y) = 0$  como el lugar de intersección de dos líneas en movimiento, una vertical y la otra horizontal. Las coordenadas  $x$  y  $y$  del punto en movimiento están entonces en función del tiempo  $t$ , específicamente de las ubicaciones de las líneas vertical y horizontal, respectivamente. El movimiento está compuesto por el movimiento horizontal con el vector velocidad  $\dot{x}$  y el movimiento vertical representado por el vector velocidad  $\dot{y}$ . Por la ley del paralelogramo para la suma de los vectores velocidad (empleado para el caso de vectores de velocidad constante, y aquí aplicado para vectores con velocidad instantánea), el vector velocidad tangente es la suma en el paralelogramo de los vectores horizontal y vertical (figura 1). De ello se obtiene que la pendiente de la línea tangente a la curva es  $\dot{y}/\dot{x}$  (Edwards, 1979).



*Figura 1.* Paralelogramo con los componentes horizontal y vertical de la velocidad (Edwards, 1979).

Bajo este contexto Newton considera el modelo geométrico de dos (o más) puntos  $A$  y  $B$  desplazándose distancias  $x$  y  $y$  a lo largo de diferentes líneas rectas en iguales periodos de tiempo, como  $f(x, y) = 0$  en todo momento, con velocidad  $\dot{x}$  y  $\dot{y}$ , respectivamente en un tiempo dado (ver figura 2). Newton no intenta definir la velocidad de flujo de los puntos  $A$  y  $B$ , las “fluxiones”  $\dot{x}$  y  $\dot{y}$  de  $x$  y  $y$ , con las cuales los dos puntos se mueven o “fluyen” en el tiempo. Sin embargo, el concepto de velocidad de un punto moviéndose a lo largo de una línea recta se considera intuitivamente en el campo de la física. En términos modernos, las “fluxiones”  $\dot{x}$  y  $\dot{y}$  son simplemente las derivadas de  $x$  y de  $y$  con respecto a  $t$ , es decir,  $\dot{x} = dx/dt$  y  $\dot{y} = dy/dt$ , donde su razón es la derivada de  $y$  con respecto a  $x$ ,  $\dot{y}/\dot{x} = dy/dx$  (Struik, 1987).



*Figura 2.* Representación de puntos  $A$  y  $B$  con desplazamientos  $x$  y  $y$ , así como las velocidades correspondientes,  $\dot{x}$  y  $\dot{y}$  (Edwards, 1979).

Una vez calculado  $dy/dx = \dot{y}/\dot{x}$  para una ecuación polinomial  $f(x, y) = 0$ , Newton analiza el problema inverso: encontrar  $y$  en términos de  $x$ , dada una ecuación que expresa la relación entre  $x$  y la razón  $\dot{y}/\dot{x}$  de sus fluxiones. En este caso la ecuación se puede escribir como  $\dot{y}/\dot{x} = \phi(x)$ , lo que ahora se conoce como antidiferenciación. En 1666, Newton describe el cálculo de áreas a través de la antidiferenciación. Esta sería la primera aparición del Teorema Fundamental de Cálculo en su forma explícita  $dA/dx = y$ , donde  $A$  representa al área bajo la curva  $y = f(x)$ , proporcionando la base para el algoritmo del cálculo de áreas (Edwards, 1979).

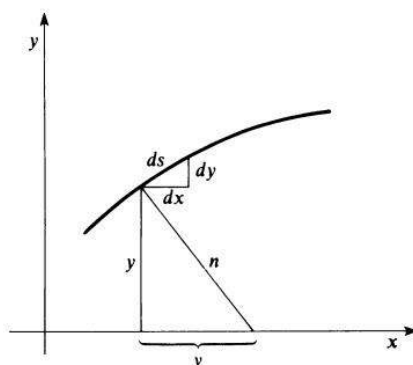
Mientras las técnicas anteriores basadas en infinitesimales, donde el cálculo de un área se

obtenía a través del límite de una suma (o, como la suma de infinitesimales o elementos indivisibles de un área), Newton propuso encontrar primero la razón de cambio del área deseada (con respecto a  $x$ ), y después calcular el área por antidiferenciación. En conjunto, el enfoque “fluxional” de las tangentes y las razones de cambio contribuyeron a clarificar la naturaleza inversa de la relación entre los problemas de tangentes y de áreas, y el hecho de que ambos cálculos son parte del mismo concepto matemático que se caracteriza por procedimientos algorítmicos de aplicación general (Merzbach & Boyer, 2011).

El Cálculo de acuerdo a Leibniz. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) de origen alemán recibió el doctorado en filosofía en 1667, iniciando el estudio formal de la matemática en 1672, a la edad de 26 años. El primer hallazgo de Leibniz consistió en comprender la aplicación del triángulo de Pascal infinitesimal en una curva arbitraria, donde el radio de un círculo sería la normal a la curva dada (ver figura 3). Por triángulos semejantes se obtiene que

$$\frac{ds}{n} = \frac{dx}{y}$$

o  $y ds = n dx$ . La suma de infinitesimales sería  $\int y ds = \int n dx$ , aunque Leibniz creó esta notación hasta dos años después (Edwards, 1979; Struik, 1987).



*Figura 3.* Triángulo de Pascal con infinitesimales construido por Leibniz (Edwards, 1979).

Al mismo tiempo, Leibniz vio cómo aplicar el método del triángulo característico en problemas de rectificación y cuadratura. Dada una curva donde se busca su longitud de arco (ver figura 4),  $t$  representa la longitud de la recta tangente interceptada por el eje  $x$  y una ordenada vertical de longitud  $a$ . Entonces por semejanza de triángulos tenemos que  $ds/t = dy/a$  o  $a ds = t dy$ . Por lo tanto,  $\int a ds = \int t dy$ , así que la rectificación de una curva dada se reduce a un problema de cuadratura, es decir, el cálculo del área de la región entre el eje  $y$  y una segunda curva cuya abscisa  $x$  es la tangente  $t$  a la curva dada (Merzbach & Boyer, 2011).

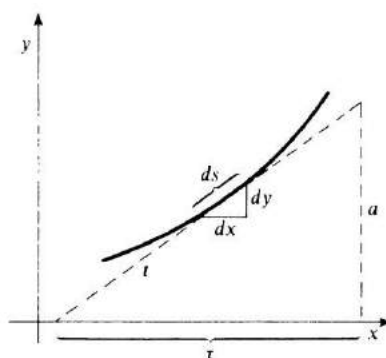


Figura 4. Rectificación de una curva por Leibniz (Edwards, 1979).

La tercera aplicación del triángulo característico para Leibniz fue precisar que la semejanza de triángulos (ver figura 3) implica que  $dy/v = dx/y$  o  $v dx = y dy$ , donde  $v$  es la subnormal a la curva dada. Por lo tanto  $\int v dx = \int y dy$ . Leibniz observó que si la curva pasa por el origen y la base del triángulo es el intervalo  $[0, b]$ , la integral  $\int v dx$  es simplemente el área  $b^2/2$  de un triángulo con base y altura igual a  $b$ . Leibniz describe que las líneas rectas que continuamente se incrementan desde cero, cuando cada una es multiplicada por su incremento, forman juntas un triángulo. Si  $v = y(dy/dx)$ , entonces  $\int y(dy/dx)dx = \int y dy$ . De esta forma fue como Leibniz presentó las dos ideas principales en que se fundamenta su cálculo, la

transformación de integrales por medio de sustituciones y la reducción de los problemas de cuadratura a invertir problemas de tangentes, siendo este último en el cual el área bajo una curva es encontrada a partir de su línea tangente (Edwards, 1979).

**El cambio uniforme: Modelo lineal.** Una función simboliza la dependencia de una cantidad respecto a otra y se pueden representar con tablas, gráficas, fórmulas y descripciones verbales. Las funciones que se usan más frecuentemente son las lineales donde la tasa de aumento o disminución es constante, es decir, la pendiente es igual en cualquier lugar. Una función lineal tiene la forma  $y = f(x) = b + mx$  donde la gráfica es una recta tal que  $m$  es la pendiente o tasa de cambio de  $y$  con respecto a  $x$  y  $b$  es la ordenada al origen, o el valor  $y$  cuando  $x$  es cero (Hughes-Hallett et al., 2009).

La inclinación de una recta, o qué tan rápido se levanta o desciende desde la izquierda hacia la derecha se denomina pendiente. El desplazamiento horizontal es la distancia hacia la derecha y desplazamiento vertical corresponde a la magnitud que la recta sube o cae. La pendiente de una recta es la relación de desplazamiento horizontal a desplazamiento vertical.

$$pendiente = \frac{\text{desplazamiento vertical}}{\text{desplazamiento horizontal}}$$

Si la recta está en un plano coordenado, el desplazamiento horizontal es el cambio en la coordenada  $x$  y el desplazamiento vertical es el cambio en la coordenada  $y$  entre dos puntos cualesquiera de la recta (Stewart, Redlin, & Watson, 2007).

En problemas de la vida real, la pendiente de una recta se puede interpretar como una razón o una tasa. Si los ejes  $x$  y  $y$  tienen la misma unidad de medida, entonces la pendiente no tiene unidades y es una razón. Si los ejes tienen unidades de medida diferentes, entonces la



pendiente es una tasa o rapidez de cambio (Larson & Hostetler, 2008).

La pendiente  $m$  de una recta que no es vertical (ver figura 5) y que pasa por los puntos  $A(x_1, y_1)$  y  $B(x_2, y_2)$  es:

$$m = \frac{\text{desplazamiento vertical}}{\text{desplazamiento horizontal}} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

La variación vertical al desplazarse de izquierda a derecha es  $\Delta y = y_2 - y_1$  y el cambio horizontal entre esos dos puntos es  $\Delta x = x_2 - x_1$ . La pendiente  $m$  de una recta no vertical que pasa por los puntos  $(x_1, y_1)$  y  $(x_2, y_2)$  con  $x_1 \neq x_2$  para Larson, Hostetler y Edwards (2006), se representa como:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

La pendiente es independiente de los puntos que se tomen de la recta, esto se puede observar a partir de los triángulos de la figura 5, donde

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y'_2 - y'_1}{x'_2 - x'_1}$$

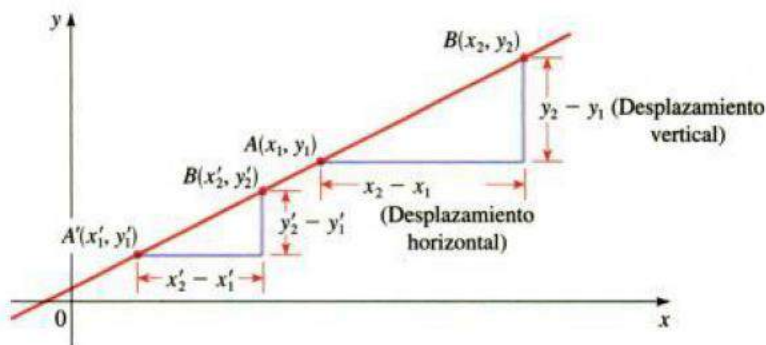


Figura 5. Recta que pasa por los puntos  $A(x_1, y_1)$  y  $B(x_2, y_2)$  (Stewart et al., 2007).

La pendiente positiva es cuando la recta sube de izquierda a derecha y negativa cuando la recta baja de izquierda a derecha. La recta horizontal tiene pendiente igual a cero, mientras que en la recta vertical la pendiente es indefinida. En la figura 6 se muestran ejemplos de rectas con pendientes positivas, negativas y con pendiente igual a cero (Larson & Hostetler, 2008).

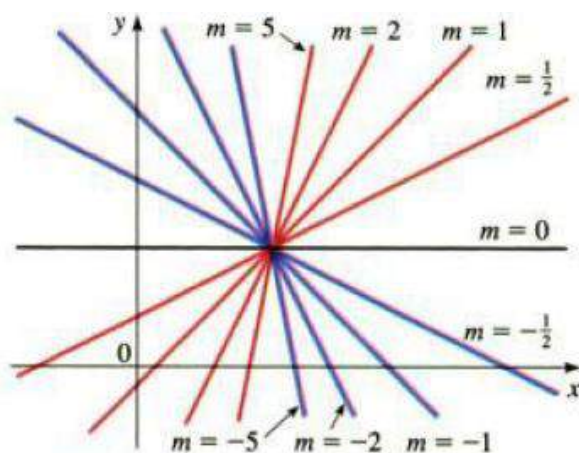


Figura 6. Ejemplos de rectas de varias pendientes (Stewart et al., 2007).

El parámetro  $b$  de la función lineal que representa a la ordenada en el origen (ver figura 7), es el valor de la magnitud  $y$  cuando  $x = 0$ . En el caso de que  $y = 0$  cuando  $x = 0$ , la función lineal quedaría expresada como  $y = mx$  (Salinas et al., 2012).

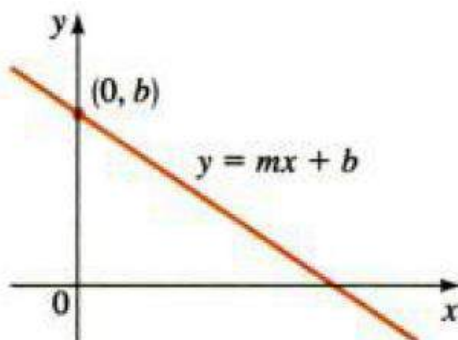
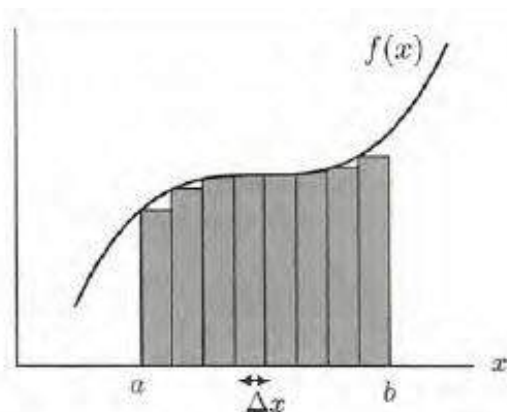


Figura 7. Recta con pendiente  $m$  y ordenada al origen  $b$  (Stewart et al., 2007).

**El cambio acumulado: Cálculo aproximado.** En las funciones en donde la razón de cambio no es constante, sino que cambia continuamente, la estrategia consiste en considerarla constante en pequeños intervalos para obtener un valor aproximado. Entre mayor sea el número de intervalos, el acercamiento es mejor debido a que los valores de la razón de cambio varían menos entre más cercanos estén los puntos de medición (Salinas et al., 2012).

El procedimiento para obtener el área bajo la curva consiste en formar rectángulos, y a medida que el ancho de los rectángulos ( $\Delta x$ ) se aproxime a cero, los rectángulos se ajustarán de forma más exacta a la curva y con ello el área se acercará más al área bajo la curva (ver figura 8). En el caso de que la función esté por debajo del eje  $x$ , el área se estima de la misma forma considerando que los valores serán negativos al evaluar la función para las alturas de los rectángulos (Hughes-Hallett et al., 2009).



*Figura 8.* Área de rectángulos que aproxima el área bajo la curva (Hughes-Hallett et al., 2009).

El área bajo la curva  $y = f(x)$  en el intervalo  $[a, b]$  estaría formada por la suma de los rectángulos de base  $\Delta x$  en subintervalos sucesivos  $x_i$ , donde  $x_1 = a + \Delta x$ ,  $x_2 = a + 2\Delta x$ ,  $x_3 = a + 3\Delta x, \dots, x_k = a + k\Delta x$  y la altura de cada rectángulo se calcula al evaluar la función en  $x_i$

(ver figura 9). La sumatoria  $f(x_1)\Delta x + f(x_2)\Delta x + \cdots + f(x_n)\Delta x$  da como resultado un acercamiento al área bajo la curva (Stewart et al., 2007).

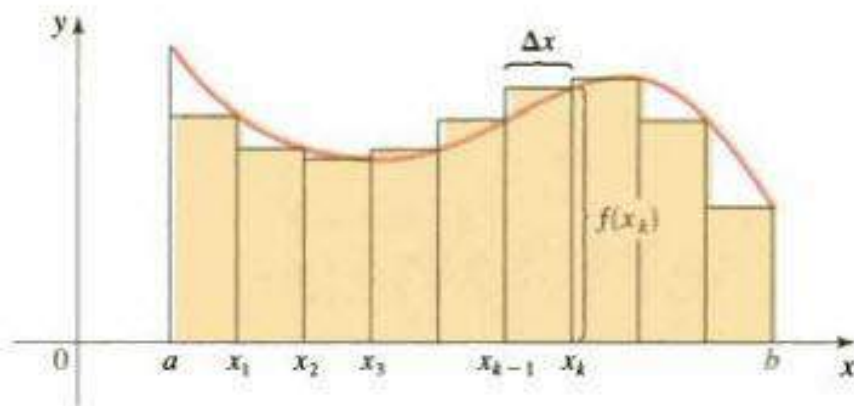


Figura 9. Rectángulos de base  $x_i$  y altura  $f(x_i)$  para aproximar el área bajo la curva (Stewart et al., 2007).

El valor asignado al  $\Delta x$  contribuye al número de rectángulos que se formarán en el intervalo  $[a, b]$  y la mejor aproximación al área buscada se logra al generar rectángulos con más angostos; es decir, con  $\Delta x$  tendiendo a cero (ver figura 10). En la práctica se pueden utilizar calculadoras o una computadora para realizar las sumas de una gran cantidad de rectángulos que lleven a un valor de área más cercano al real (Hughes-Hallett et al., 2009).

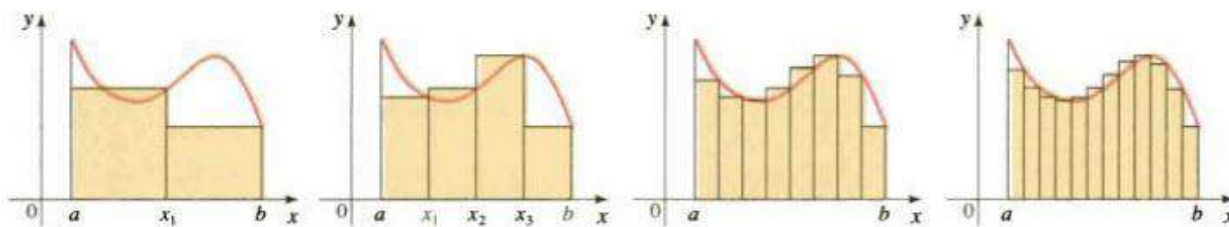


Figura 10. El aumento del número de rectángulos produce un mejor acercamiento al área bajo la curva (Stewart et al., 2007).

## **Ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas**

La ansiedad matemática se empezó a estudiar a inicios de 1950 por psicólogos dedicados a la educación. Sin embargo, el término “ansiedad hacia las matemáticas” surge posteriormente, y es utilizado por Dreger y Aiken (1957), para describir las actitudes y dificultades de los estudiantes con las matemáticas. Otra definición del constructo es propuesta por Ashcraft y Ridley (2005), quienes la describen como los estados negativos que experimenta una persona al enfrentarse a situaciones matemáticas. Las respuestas emocionales pueden involucrar aprensión, miedo y el temor al presentarse situaciones cotidianas donde el individuo tiene que manipular números (como en la compra de alimentos) o en asignaturas escolares.

Es considerada también, como un rasgo de la personalidad para esta situación según Anton y Klisch (1995). Además, consideran que los estudiantes con altos niveles de ansiedad hacia las matemáticas enfrentarán estas situaciones con elevados estados de ansiedad y preocupación. A su vez, estos dos factores podrían afectar adversamente el desempeño en esa área.

En un meta-análisis realizado por Hembree (1990), con 151 estudios sobre este constructo, se encontró que está relacionado con el pobre desempeño en los exámenes de matemáticas. Por otra parte, la ansiedad matemática se relaciona inversamente con la actitud positiva hacia las matemáticas y está vinculado directamente con evitar la asignatura.

En un inicio, el constructo fue medido por Richardson y Suinn (1972), a través de una escala para poder diagnosticar al individuo y con ello ofrecer una alternativa de tratamiento. El instrumento recibió el nombre de Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS) y estuvo compuesto por 98 variables que correspondían a un solo factor. Otra escala para medir la

ansiedad hacia las matemáticas es la de Fennema-Sherman (Fennema & Sherman, 1976), que se ha empleado para medir las actitudes y creencias de los estudiantes en todos niveles académicos. En diferentes adaptaciones de esta escala, se ha encontrado una fuerte relación entre las actitudes positivas y las creencias hacia las matemáticas y el éxito académico (Ashcraft & Kirk, 2001; Schenkel, 2009; Sherman & Christian, 1999; Tapia & Marsh, 2004; Van der Sandt, 2007).

Una escala de nueve ítems fue desarrollada por Hopko, Mahadevan, Bare y Hunt (2003). La escala tiene como nombre Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS) y está compuesta por dos dimensiones, ansiedad relacionada al aprendizaje de las matemáticas y ansiedad relacionada a los exámenes de matemáticas.

Otra escala de años más recientes es la construida por Mato (2006), y Muñoz y Mato (2007). El instrumento está integrado por 24 ítems y cinco factores, con una fiabilidad alfa de Cronbach de .95. Además, se han desarrollado diversas investigaciones empíricas con estas escalas (García-Santillán, Flores-Serrano, López- Morales, & Ríos-Álvarez, 2014; García-Santillán, Escalera-Chávez, Moreno-García, & Santana-Villegas, 2015).

Con base en la escala MARS de Richardson y Suinn (1972), se construyeron otras versiones donde el número de preguntas se reduce y se amplía el número de factores. Una revisión de la escala fue hecha por Alexander y Martray (1989), donde el instrumento fue reducido a 25 afirmaciones que integran a su vez, tres dimensiones. Esta versión de la escala recibe el nombre de “Revised Mathematics Anxiety Rating Scale” (RMARS) y fue implementada en 517 estudiantes donde se obtuvo una confiabilidad interna de .96 y una confiabilidad en test-retest de .90 (ver Apéndice A).

Una de las dimensiones de la escala RMARS es para medir la ansiedad por los exámenes

de matemáticas al exponer situaciones que describen las reacciones de los alumnos ante una actividad de evaluación. La segunda dimensión es acerca de las tareas numéricas, donde se describen afirmaciones sobre reacciones ante actividades básicas de multiplicación y división. La tercera dimensión es para medir la ansiedad hacia la asignatura de matemáticas y plantea situaciones sobre la reacción del alumno cuando está en una clase de matemáticas. En la Tabla 2 se presentan los ítems que conforman las dimensiones de la escala.

Tabla 2

*Dimensiones de la escala RMARS de Alexander y Martray (1989)*

Dimensión	Ítems
Ansiedad hacia los exámenes de matemáticas	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15
Ansiedad hacia las tareas numéricas	A16, A17, A18, A19, A20
Ansiedad hacia el curso de matemáticas	A21, A22, A23, A24, A25

A su vez también se han llevado a cabo trabajos empíricos donde se utilizan las escalas anteriormente mencionadas, como son los de García-Santillán, Flores-Serrano, López-Morales y Ríos-Álvarez (2014), y García-Santillán, Escalera-Chávez, Moreno-García y Santana-Villegas (2015), en donde los instrumentos se aplican en diferentes contextos del centro y sureste de México.

### **Actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología**

La actitud de los estudiantes hacia las matemáticas está definida por la percepción de los estudiantes de sus logros (autoeficacia) y sus aspiraciones en la disciplina (Vale & Leder, 2004). El estudio de este constructo se ha desarrollado durante varias décadas; sin embargo, al término actitud se le han asignado diferentes significados. Además, la relación entre actitud y desempeño

todavía no está clara, aunque frecuentemente se han encontrado correlaciones positivas entre estas variables (Galbraith & Haines, 2000).

Las investigaciones más antiguas sugieren que las variables afectivas pueden predecir el logro; no obstante, la dirección causal de la relación no está claramente establecida (Fennema & Sherman, 1976; Meyer, 1985; Hart, 1989; Shoenfeld, 1989; Hembree, 1990; Tall & Razali, 1993; Hensel & Stephens, 1997). La variable afectiva confianza es descrita por Tartre y Fennema (1995), como la que relaciona de forma más consistente con el logro en matemáticas.

El estudio de la actitud hacia las TIC es reciente, y surge a partir del incremento de la tecnología en todas las áreas. En la educación las investigaciones se desarrollan principalmente sobre el uso de computadoras, y en menor medida en otros contextos de aprendizaje (Galbraith, Haines, & Pemberton, 1999). La importancia del estudio de las actitudes hacia las TIC y hacia las matemáticas en conjunto, es consecuencia del aumento en el uso de tecnología y de los posibles efectos positivos en el proceso enseñanza aprendizaje, aunque una evaluación del impacto es difícil de hacer. Algunos trabajos se han llevado a cabo para identificar los factores que componen la actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con el uso de tecnología, sin embargo, los resultados no han sido concluyentes (Mackie, 1992; Melin-Conjeros, 1992; Park, 1993).

La confianza con la tecnología se considera como “sentirse seguro de sí mismo” al operar un equipo tecnológico, además de creer poder realizar cualquier procedimiento que se les solicite. A su vez, los estudiantes manifiestan más optimismo de sus respuestas cuando tienen apoyo de las TIC para obtenerlas y en caso de errores en un trabajo tienen la certeza de resolver el problema por ellos mismos (Galbraith & Haines, 1998; Pierce, Stacey, & Barkatsas, 2007).



El compromiso es otra variable que influye en el logro y, por tanto, se estudia para determinar la actitud de los estudiantes. El compromiso de comportamiento está compuesto por las acciones que realizan los alumnos para el aprendizaje de las matemáticas. Ejemplo de lo anterior es cuando manifiesta que elaborar material con información redundante facilita el recuerdo, el estudio del material a intervalos espaciados ayuda a la retención a largo plazo, la memorización de conceptos se aumenta cuando el aprendiz los manipula (Anderson, 1995). Sin embargo, hay autores que incluyen la variable compromiso afectivo, donde se ven expresadas las reacciones afectivas hacia las actividades de la escuela y del aula. Éstas expresiones incluyen el aburrimiento, la felicidad y los sentimientos de pertenencia (Chapman, 2003; Vale & Leder, 2004; Fredricks, Blumenfeld, & Paris, 2004).

Así como existen escalas para medir la ansiedad hacia las matemáticas, también se han desarrollado instrumentos para medir la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología. Uno de estos instrumentos es la escala de Galbraith y Haines (1998), la cual se ha integrado por 48 ítems y seis dimensiones (ver Apéndice B).

En la escala se consideran las variables confianza, motivación, interacción y compromiso. La variable confianza comprende dos dimensiones, confianza en matemáticas y confianza en la computadora. De igual forma la variable motivación la aborda en las dimensiones referentes a las matemáticas y hacia la computadora, describiéndolas como motivación en matemáticas y motivación con la computadora. La variable interacción tiene una sola dimensión que va evaluar la interacción con la computadora para matemáticas. A su vez, la variable compromiso incluye la dimensión denominada compromiso en matemáticas. Las dimensiones están conformadas por ocho ítems cada una (ver Tabla 3). La escala utilizada para los ítems del instrumento es tipo Likert, el cual consiste en una serie de afirmaciones o juicios en donde se solicita la reacción de

los participantes.

Tabla 3

*Dimensiones de la escala de Galbraith y Haines (1998)*

Dimensión	Ítems
Confianza en matemáticas	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8
Motivación hacia las matemáticas	C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16
Confianza en la computadora	C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24
Motivación con la computadora	C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31, C32
Interacción con la computadora para matemáticas	C33, C34, C35, C36, C37, C38, C39, C40
Compromiso en matemáticas	C41, C42, C43, C44, C45, C46, C47, C48

En 1994 se aplicó por primera vez el instrumento a 156 estudiantes de primer año de ingeniería, matemáticas y actuaría en CITY University en Londres. Los resultados de la prueba piloto indicaron que todos los ítems contribuían en sus respectivas escalas de forma significativa. Posteriormente se administró el mismo instrumento a grupos similares en 1995 y 1996, de 146 y 140 participantes, respectivamente. Los datos se analizaron cada año y después se integraron para realizar un estudio en conjunto de la información. Los resultados de la correlación de las dimensiones indicaron que era factible llevar a cabo un análisis de factores utilizando como variables de entrada a las seis dimensiones con una solución de dos factores. Adicionalmente, el instrumento fue aplicado en 1997 a 175 estudiantes de primer año de licenciatura de matemáticas en Queensland University en Australia. Los datos se analizaron con el estudio de dos factores donde el porcentaje de varianza fue de 73.0. Los resultados confirmaron lo obtenido con la información de CITY University (Galbraith & Haines, 2000).

En 1997 el instrumento también se aplicó a 56 estudiantes de primer año que cursaban una asignatura de matemáticas en Queensland University. Los resultados del estudio fueron

similares a los de la prueba piloto realizada en 1994 según Galbraith, Haines y Pemberton (1999). La consistencia en los resultados de la aplicación en diferentes sitios, permiten concluir que tanto la selección y orden de los ítems favorables y desfavorables es la correcta y ello proporciona validez a la construcción del instrumento (Galbraith & Haines, 1998).

Otra escala es la de Pierce, Stacey y Barkatsas (2007), con 20 ítems y cinco subescalas, orientada a medir la actitud de los estudiantes en el aprendizaje de la matemática con tecnología (ver Apéndice C). Las dimensiones que comprende esta escala son confianza en las matemáticas, confianza con la tecnología, actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología, compromiso afectivo y compromiso de comportamiento. En la Tabla 4 se muestran los ítems que integran cada una de las dimensiones de la escala.

Tabla 4

*Dimensiones de la escala MTAS de Pierce et al. (2007)*

Dimensión	Ítems
Compromiso de comportamiento	T1, T2, T3, T4
Confianza con la tecnología	T5, T6, T7, T8
Confianza en matemáticas	T9, T10, T11, T12
Compromiso afectivo	T13, T14, T15, T16
Actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología	T17, T18, T19, T20

Este instrumento se aplicó a 350 estudiantes de seis escuelas. El análisis de componentes principales indicó que los cinco factores, cada uno con un valor propio mayor a uno, explicaban el 65% de la varianza, donde casi el 26% se atribuyó al primer factor. El análisis de confiabilidad con alfa de Cronbach dio valores entre .65 a .89. Lo anterior indica la fortaleza en la consistencia interna de cada subescala.

Un estudio para analizar las relaciones entre las actitudes hacia las matemáticas y la computadora entre estudiantes de secundaria y bachillerato fue desarrollado por Gómez-Chacón (2010). En este trabajo el grupo de estudio fue de 392 estudiantes, donde se aplicaron diferentes instrumentos, entre ellos, la escala de Galbraith y Haines (2000), además también se hicieron estudios de casos. Los resultados sugieren que se deben de tomar en cuenta los perfiles de los estudiantes en la elaboración de nuevos instrumentos y que éstos se centren en algún software matemático en específico.

Existen además evidencias empíricas de trabajos donde el objetivo es encontrar las variables que intervienen en la actitud de los estudiantes, tanto hacia las matemáticas como al aprendizaje de las mismas con tecnología. Las investigaciones de García-Santillán, Escalera-Chávez y Córdova-Rangel (2012), García-Santillán, Escalera-Chávez, Camarena-Gallardo y García-Díaz Mirón (2012), y García-Santillán, Ortega-Ridaura y Moreno-García (2016), son estudios que proporcionan evidencia empírica de lo antes mencionado.

### **Teorías del aprendizaje**

En la revisión de las teorías clásicas del aprendizaje, así como de las teorías de reciente surgimiento que consideran la interacción con las TIC, se seleccionaron para su análisis aquellas que aportan aspectos que contribuyen al logro del objetivo de la investigación y conforme al proceso de instrucción que se pretende lograr. Las teorías que se describen a continuación y que son parte de la sustentación de estudio son: conductismo, constructivismo, construccionismo y conectivismo.

**Teoría del conductismo.** En 1913 John Broadus Watson publicó un artículo denominado “Psychology as the behaviorist views it” que proponía una psicología centrada en el estudio de la

conducta sin tomar en cuenta la conciencia ni emplear la introspección para encontrar datos válidos. La psicología de Watson era una ciencia natural, de laboratorio y sin supuestos filosóficos especulativos. Expresaba que la conducta de los seres humanos y de los animales se puede analizar sin tomar en cuenta la conciencia, además que los seres humanos se pueden modificar y no dependen de condiciones biológicas o genéticas, siendo que el ambiente es de primordial importancia para lograrlo (Ardila, 2013).

El conductismo está interesado en lo que el individuo hace ante un estímulo o dada una situación qué reacción se obtiene. El organismo está constantemente en presencia de estímulos que se reciben a través del ojo, el oído, la nariz, la boca y el tacto de los objetos del entorno. Ante un estímulo, el organismo responde, se mueve, la respuesta puede ser tan pequeña que se puede observar sólo con el uso de instrumentos. La respuesta puede limitarse simplemente a un cambio en la respiración, o por un aumento o disminución de la presión arterial, un movimiento del ojo, entre otros. Las respuestas más comúnmente observadas; sin embargo, son movimientos de todo el cuerpo, movimientos del brazo, la pierna, el tronco o la combinación de todas las partes móviles. El conductista afirma que hay una respuesta a cada estímulo eficaz y es inmediata (Watson, 2009).

Para Bélanger (1999), en el conductismo el objeto de estudio es la conducta, animal y humana. El objetivo es describir, predecir y manipular dicha conducta. La teoría conductista se fundamenta en tres preceptos: La situación, la respuesta o conducta y el organismo. El concepto de organismo se refiere a un individuo biológico que comprende dos aspectos, el primero se refiere a la noción de individuo y el segundo es sobre el funcionamiento biológico. La conducta es un cambio del estado biológico de un organismo que incluye interacciones con el entorno exterior. Por último, la situación son los estímulos que recibe el organismo para obtener una

reacción.

Esta teoría considera al sujeto como pasivo que permite la entrada de información del entorno y establece el condicionamiento como paradigma experimental del conductismo; es decir, tiene una concepción asociacionista al establecer la creación de conocimiento al relacionar los antecedentes de una situación con sus consecuencias. El conductismo se caracteriza por: a) aprender asociando estímulos y respuestas, b) el aprendizaje está en función del entorno, c) el aprendizaje requiere ser reforzado y d) el aprendizaje es memorístico, repetitivo, mecánico y responde a estímulos (Leiva, 2005).

Los principios básicos de la teoría conductista que son pertinentes para el diseño de instrucción son: 1) producir resultados observables y medibles en los estudiantes, 2) evaluación previa de los alumnos para determinar el punto de inicio de la instrucción, 3) dominio de los primeros pasos antes de avanzar a niveles más complejos de desempeño, 4) uso de refuerzos para estimular el desempeño y 5) uso de pistas o indicios, modelaje y práctica para formar una asociación estímulo-respuesta (Ertmer & Newby, 1993).

El aprendizaje en el conductismo se relaciona con los cambios en la conducta observable tanto en la forma como en la frecuencia que se presente. El aprendizaje se alcanza cuando ante un estímulo ambiental específico se obtiene o exhibe una respuesta apropiada. En este proceso interactúan el estímulo, la respuesta y la asociación entre ellos. Lo primordial es identificar cómo se presenta la asociación entre el estímulo y la respuesta, después reforzar y mantener esa relación. Por ello el conductismo se enfoca en la importancia sobre las consecuencias a las conductas y sostiene que las respuestas seguidas de un refuerzo tienen mayor probabilidad de repetirse en un futuro (Sackney & Mergel, 2007).

La finalidad de la instrucción en el conductismo es lograr la respuesta deseada del estudiante ante un estímulo. El alumno debe identificar bajo qué condiciones dar cada respuesta, por ello en la instrucción se crea un ambiente ante el cual puede practicar dando respuestas a diferentes estímulos. La conexión de estímulo-respuesta requiere inicialmente de pistas o indicios para facilitar la “extracción” de la respuesta, además se emplean refuerzos para consolidar las respuestas correctas. El trabajo del instructor será determinar cuáles son las pistas o indicios que pueden extraer la respuesta deseada, estructurar situaciones de práctica y establecer refuerzos ante las respuestas correctas (Ertmer & Newby, 1993).

**Teoría del constructivismo.** El constructivismo está conformado por diferentes tendencias de la investigación psicológica y educativa como son la teoría genética de Piaget, la sociocultural de Vigotsky, la del aprendizaje significativo de Ausubel y la psicología cognitiva de Bruner. En el constructivismo, los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento del individuo, así como en los afectivos no son resultado del ambiente o de las disposiciones internas, sino una construcción propia que se va generando continuamente como producto de la interacción entre estos factores. Por ello, el conocimiento es una construcción del ser humano a partir de los esquemas que ya posee, es decir, de lo ya construido en el medio que interactúa (Carretero, 1997).

En la teoría constructivista, las ideas de Piaget y Vigotsky son fundamentales para el ámbito educativo. Las fases por las que atraviesa la inteligencia son expuestas por Piaget (1968), explicando las cuatro etapas del desarrollo cognoscitivo: sensorio-motora, preoperacional, de las operaciones concretas y de las operaciones formales. En cada etapa, el pensamiento del niño es cualitativamente distinto y una vez que entra a una de ellas, no retrocede a una forma anterior de razonamiento ni de funcionamiento. A su vez, éstas llevan una secuencia y todos los niños pasan

por ellas en el mismo orden, aunque puede variar el tiempo que dura cada una dependiendo del individuo y la cultura. El desarrollo cognoscitivo no sólo consiste en cambios cuantitativos de los hechos y de las habilidades, sino en transformaciones radicales de la forma de organización del conocimiento.

Al pasar de un estadio a otro se adquieren esquemas y estructuras mentales nuevas, donde los esquemas son definidos por Piaget como conjuntos de acciones físicas, de operaciones mentales, de conceptos o teorías con los cuales se organizan y se adquiere información del mundo. Por ello, el desarrollo cognoscitivo no consiste solamente en construir nuevos esquemas, sino también reorganizar y diferenciar los que ya existen formando nuevas estructuras mentales (Araújo & Chadwick, 1993).

La adaptación del niño a un entorno la describe Piaget con los términos asimilación y acomodación. Asimilación se refiere a cuando el niño moldea la información nueva para que encaje en sus esquemas actuales. Cuando la información nueva es compatible con la ya existente se alcanza el equilibrio, pero si no es así, habrá que cambiar la forma de pensar o adaptarla. A este proceso de modificar los esquemas actuales le llama acomodación. Ambos conceptos explican los cambios de conocimiento a lo largo de la vida (Vielma & Salas, 2000).

Una de las contribuciones principales de Vigotsky al constructivismo es considerar al conocimiento como producto de la interacción social y de la cultura. Los procesos psicológicos superiores (comunicación, lenguaje, razonamiento, entre otros) se adquieren primero en un entorno social y luego se internalizan, pero para lograrlo se requiere el uso de un determinado comportamiento cognitivo en un contexto social (Carretero, 1997).

Otra aportación relevante de Vigotsky (1978), es el concepto de la zona de desarrollo



próximo que se refiere a la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad para resolver un problema de forma independiente y el nivel de desarrollo potencial, establecido por la capacidad de resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz. Lo anterior se completa con cuatro puntos: a) lo que actualmente se realiza con el apoyo de una persona con más conocimientos sobre un tema, en un futuro se podrá realizar sin necesidad de ayuda, b) la autonomía en el desempeño se logra como resultado de la asistencia recibida dando lugar a una relación dinámica entre aprendizaje y desarrollo, c) es un proceso psicológico superior al ser un aprendizaje organizado que se convierte en desarrollo mental e impulsa los mecanismos evolutivos, y d) la interacción entre personas con diferentes niveles de conocimiento debe ser a través de situaciones de enseñanza aprendizaje que generen desarrollo (Baquero, 1997).

La actividad colaborativa entre personas donde una de ellas es experta, la denomina Vigotsky como andamiaje y debe poseer tres características para cumplir con la finalidad de que el sujeto con menos conocimientos se apropie gradualmente del saber del experto. Por ello el andamiaje debe ser: a) ajustable, conforme al nivel de competencia del menos experto y los progresos que se generen, b) temporal, debe darse un desmontaje progresivo, y c) audible y visible; es decir, explícito y reconocido como un proceso de adquisición complejo donde es asistido para la ejecución de la actividad (Baquero, 1997).

La aportación Ausubel a la teoría constructivista se orienta a la adquisición y retención de conocimientos significativos, refiriéndose tanto a un contenido con organización lógica como a la relación con conocimientos previamente existentes en la estructura mental del sujeto. A su vez, en el proceso de instrucción se enfoca a la presentación de contenidos con sentido más que de los procesos cognitivos del aprendiz (Carretero, 1997).

En el proceso de instrucción, Ausubel propone que los contenidos sean con sentido; es decir, no arbitrarios y relacionados con la estructura del conocimiento del aprendiz, según Araújo y Chadwick (1993). También sugiere utilizar organizadores avanzados como contenidos introductorios para crear una conexión entre lo que el alumno ya conoce y lo que requiere saber. Dentro de los organizadores avanzados se distinguen dos tipos, los expositivos que se emplean para proporcionar subsuntores importantes para un contenido completamente nuevo y los organizadores comparativos cuando se busca integrar nuevas ideas con conceptos similares o para aumentar el discernimiento entre ideas aparentemente similares.

Otra recomendación para la instrucción es la reconciliación integrativa, donde para lograr el aprendizaje superordenado se deben hacer explícitas las relaciones entre ideas, identificando similitudes y diferencias. Por otra parte, propone que las materias se programen en orden decreciente de inclusión a lo que llamó diferenciación progresiva (Araújo & Chadwick, 1993).

La transmisión del conocimiento por parte del docente puede ser eficaz al producir aprendizaje si se toman en cuenta los conocimientos previos del estudiante, así como su capacidad de comprensión. El nivel educativo está directamente relacionado con las estrategias docentes de enseñanza receptivo-significativa, porque entre más alto sea el nivel educativo los alumnos serán más capaces de tratar con el lenguaje oral y escrito como medio de comunicación. En contraparte, en los niveles educativos previos a la pubertad, los alumnos requerirán más apoyos físicos sobre los conceptos que se estudian (Carretero, 1997).

Al finalizar el proceso de instrucción se espera que el estudiante haya comprendido y adquirido significados sobre los conceptos y proposiciones enseñados. La evidencia del aprendizaje se obtiene por la retención de los significados y la transferencia del conocimiento

que se comprueba por la aplicación de los significados adquiridos según Ausubel (2000).

La investigación del desarrollo humano desde la perspectiva intelectual cognitiva es propuesta por Bruner, quien sustenta que la mente es un funcionamiento cualitativo del cerebro. La construcción de modelos mentales es a base de la recepción de datos, el almacenamiento de los mismos y de las inferencias realizadas de quien aprende. A su vez, el desarrollo humano es en etapas construidas por las representaciones mentales del sujeto, tanto de sí mismo como del medio que lo rodea. La construcción de significado depende de la selección de la información relevante para un contexto determinado. La actividad constructiva del sujeto por tanto es mediadora entre sí mismo y el contenido a ser apropiado dentro de una situación dada (Vielma & Salas, 2000).

La influencia de las variables cognitivas y motivacionales en la percepción comprenden tres fases según Bruner: 1) la fase pre-perceptiva, donde el sujeto está a la expectativa de lo que sucederá enmarcado por sus esquemas intelectuales o motivacionales, 2) la fase de recepción de información y 3) la fase de evaluación de las hipótesis perceptivas, en la que el sujeto hace una valoración entre las expectativas y la información recibida. Al confirmarse la hipótesis se tiene un nuevo precepto, en caso contrario se generan nuevas hipótesis (Oyarbide, 2004).

En la educación, según Bruner, la negociación de sentido fomenta un cambio de actitud donde no se dé la imposición sino una interacción fundamentada en el diálogo. Adicionalmente impulsar el interés por aprender por medio de actividades significativas que provoquen un esfuerzo para alcanzar una capacidad superior mejorará el aprendizaje. A su vez, la aplicabilidad del saber está directamente relacionada con la comprensión de la estructura fundamental de un concepto, esto trae como consecuencia que los currículos se deban realizar como una espiral al

retomar continuamente y a niveles cada vez más amplios los conceptos básicos de cada materia (Posada, 1993).

La teoría de instrucción de acuerdo a Bruner debe considerar factores personales del alumno como lo son el interés, la curiosidad, el placer, el deseo de aprender, entre otros. De igual forma, los temas de estudio deben estar de acuerdo al nivel de desarrollo del alumno, así como también concientizar al aprendiz de la importancia de sus esfuerzos para el logro de objetivos a largo plazo. Por lo anterior, Bruner especifica que la retroalimentación debe ser inmediata, el conocimiento de los resultados debe darse al momento de resolver el problema. La instrucción donde el aprendizaje sea por descubrimiento es lo que puede infundirle confianza en sí mismo al alumno, liberándolo de la motivación externa (Oyarbide, 2004).

Las premisas en el constructivismo que sustentan cómo el ser humano va adquiriendo conocimiento, según Kilpatrick (1990), son: a) el conocimiento se construye activamente por el sujeto, no es pasivamente recibido del entorno, b) llegar a saber es un proceso adaptativo que organiza un entorno experimental, no descubierto e independiente.

El pensamiento constructivista expone los siguientes planteamientos: todo conocimiento es construido; existen estructuras cognitivas que se activan durante los procesos de construcción; y las estructuras cognitivas están en continuo desarrollo, cuando la actividad tiene un propósito se induce la transformación de las estructuras existentes (Rico, 1998).

En la teoría constructivista según Belloch (s.f.a), se identifican los conocimientos previos, las creencias y las motivaciones de los alumnos; por ello, es trascendental la formación de entornos y ambientes de aprendizaje motivadores que estimulen a los estudiantes en la construcción de nuevos conocimientos, experiencias y actitudes. El aprendizaje significativo se

alcanza por medio de actividades y conocimientos coherentes y con sentido para el estudiante al desarrollar competencias necesarias tanto en su futuro personal como profesional. El aprendizaje colaborativo se lleva a cabo utilizando las redes sociales donde se permite el intercambio de información y el desarrollo de habilidades sociales (responsabilidad, empatía, liderazgo, colaboración) e intelectuales (argumentación, toma de decisiones, entre otras).

**Teoría del construccionismo.** Es una teoría educativa que fundamenta el uso de tecnologías digitales para el proceso de enseñanza-aprendizaje y fue propuesta por Seymour Papert del Laboratorio de Medios del Instituto Tecnológico de Massachussets, sustentada en la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget. La teoría se basa en aprender “haciendo” donde el aprendizaje se presenta en la interacción dinámica de las personas con el mundo físico, social y cultural en el que está inmerso (Badilla & Chacón, 2004).

El concepto fundamental postula que el conocimiento es una construcción del sujeto activo, y la mejor forma de lograrlo es mediante la construcción de algún elemento, auxiliándose de la tecnología. El ser humano puede conocer y aprender de formas diferentes de acuerdo a la personalidad, intereses, estilos de conocimiento, por ello el enfoque fomenta la autonomía intelectual y afectiva del alumno (Obaya, 2003, Ruíz-Velasco, 2007).

El medio para promover el aprendizaje debe ofrecer estímulos y respuestas a las acciones de los estudiantes para incrementar el desarrollo cognitivo. El grado de manipulación y posibilidades de actuación del educando sobre el medio favorece su progreso. Es fundamental que el alumno tenga la opción de experimentar con sus ideas, razonamientos e inclusive sus errores (Obaya, 2003).

El crear mejores condiciones para que los aprendices construyan cada vez más

conocimiento es considerado por el construccionismo a través de la interacción hombre-máquina; es decir, por medio de la interacción y la interactividad cognitiva que generen los entornos de aprendizaje. La interacción se refiere a interactuar con los contenidos permitiendo que los estudiantes construyan significados por ellos mismos a través de su interacción abierta dentro de un entorno de aprendizaje. Las interacciones se realizan según el diseño del software donde el sistema ya está definido y difícilmente se pueden modificar, por ello los contenidos son prioritarios para asegurar el éxito de un software educativo. A su vez, la interactividad presenta la posibilidad de aumentar la velocidad de asimilación y el grado de retención de los conceptos (Papert, 1993; Ruíz-Velasco, 2007).

En el construccionismo, los aprendices tienen un rol activo en su aprendizaje situándolos como diseñadores de sus propios proyectos y para ello la sociedad debe proveer los recursos necesarios. El reto es integrar los aspectos afectivos y motivacionales del estudiante durante el aprendizaje tomando en cuenta que la interacción estudiante-maestro-tecnología tiene beneficios cognitivos. La retroalimentación se debe presentar posterior a la interactividad, es decir, después de haber provocado actividades cognitivas en los alumnos (Papert, 1982; Ruíz-Velasco, 2007).

Además, las tecnologías de la información y comunicación aumentan la cooperación entre estudiantes, estimulando el aprendizaje colaborativo bajo una construcción activa del conocimiento en un enfoque auto dirigido. Además, las tecnologías han eliminado las distancias e inclusive se puede manipular el tiempo (Ruíz-Velasco, 2007).

En la teoría de Papert se describen tres conceptos esenciales para promover la construcción en los estudiantes: objetos para pensar, entidades públicas y micromundos. Los objetos para pensar son artefactos cognitivos que pueden ser utilizados por el individuo para

pensar sobre otras cosas al intervenir en la construcción del mismo. Entidades públicas denomina a los objetos construidos por el aprendiz y que son compartidos con los demás, adquiriendo de esta forma un aprendizaje reforzado al exponer tanto el proceso de creación como el producto final. El micromundo es un espacio dentro del cual el aprendiz puede explorar alternativas, probar hipótesis y descubrir hechos que son verdad según Badilla y Chacón (2004).

A su vez, para esta teoría el conocimiento se divide en dos clases: el matemático y el matético. El primero se refiere a los objetos matemáticos en sus diversas representaciones. La expresión “matético” se utiliza para describir el aprendizaje, donde se sugiere recurrir a experiencias previas para la resolución de situaciones actuales y poder construir nuevos significados (Papert, 1982).

**Teoría del conectivismo.** La concepción de aprendizaje surgida a partir de la tecnología se considera en el conectivismo o conectismo (Siemens, 2004). La teoría fue desarrollada por George Siemens y en ella se integran los principios de las teorías de caos, redes, complejidad y auto-organización. El aprendizaje se define como un proceso en el interior de ambientes difusos de elementos principales cambiantes, que no están en total control del individuo y se identifica como conocimiento aplicable. A su vez, el aprendizaje puede encontrarse fuera de las personas, ya sea en una organización o en una base de datos.

El proceso de aprendizaje se presenta al conectar conjuntos de información especializada y esas conexiones son las que tienen mayor importancia que el estado actual de conocimiento. En el conectivismo continuamente se está adquiriendo nueva información y las decisiones están fundamentadas en principios que cambian constantemente. Es prioritario identificar la información importante y la que no resulta vital. Además, se debe tener la habilidad de reconocer

si los nuevos datos cambian el entorno basado en decisiones anteriores (Siemens, 2004).

El término conectivismo, según Downes (2012), describe una forma de conocimiento y una pedagogía basada en la idea de que el conocimiento se distribuye a través de una red de conexiones y que el aprendizaje consiste en la capacidad de construir a través de esas redes. La teoría del aprendizaje conectivista, por lo tanto, se basa en la teoría de cómo las redes aprenden; es decir, cómo las redes crecen, se desarrollan y forman redes con la conexión de las estructuras neuronales.

Lo más importante a entender es que la teoría del aprendizaje conectivista es acerca de cómo las conexiones se forman en el cerebro, y para el caso de cómo las conexiones se forman en las redes en general. Los conectivistas hablan de no simplemente las redes en el cerebro, sino que también hablan de las redes de aprendizaje en la sociedad en general, las redes de personas en la sociedad que están conectados entre sí (Downes, 2012).

Los principios del conectivismo contemplan que el aprendizaje y el conocimiento dependen de la diversidad de opiniones y de conectar nodos o fuentes de información especializados. De igual forma expresan que el aprendizaje puede residir en dispositivos no humanos siendo la capacidad de saber más lo prioritario y que se incrementa con la habilidad de ver conexiones entre áreas, ideas y conceptos. En el proceso de aprendizaje, la toma de decisiones al escoger qué aprender y el significado de la información que se obtiene es una realidad cambiante que puede estar equivocada por alteraciones futuras del entorno (Siemens, 2004).

El conectivismo según Siemens (2006), se centra en el proceso de formación y la creación de redes significativas que puede incluir aprendizaje mediado por tecnología; reconoce



el aprendizaje que se produce en el diálogo con los demás al adquirir conocimiento de los amigos y viceversa. El conectivismo se fundamenta en gran medida en la vinculación a las fuentes de conocimiento y no simplemente tratando de explicar cómo se forma el conocimiento en nuestras cabezas. Se prioriza la rapidez del desarrollo del conocimiento más que poseerlo internamente. La interacción de la red, el contexto y otras entidades dan lugar a un nuevo enfoque o concepción del aprendizaje donde la creación activa de nuestra propia red de aprendizaje es el aprendizaje real, ya que nos permite continuar aprendiendo y beneficiarnos de nuestra red en comparación con un curso que se ha fijado fecha de inicio y fin.

En la pedagogía conectivista enseñar es modelar y demostrar según Downes (2012). Enseñar sobre experiencias presentes en las personas para que puedan comenzar a formar estas conexiones en su mente. Y luego de aprender es formar activamente estas conexiones mediante la práctica, por la repetición, y por reflexionar sobre esa práctica. Ambos implican lo que podría llamarse la participación en una auténtica comunidad de práctica. La idea aquí es que para aprender es ponerse en una situación en la que usted está practicando en el camino cualquiera que sea la disciplina.

El papel del profesor en este modelo es realizar las actividades de una manera abierta. Este ha sido un reto para casi toda la sociedad por la idea de que aquí en vez de hacer las actividades de forma aislada, lo haces de manera abierta y transparente, de modo que la gente puede ver lo que estás haciendo (Downes, 2012).

El modelo de aprendizaje del conectivismo reconoce el impacto de las TIC sobre la sociedad en donde el aprendizaje ya no es una actividad interna e individual además del cambio en la forma de trabajar y funcionar de las personas al utilizar nuevas herramientas. En el

conectivismo el punto inicial es el individuo por ser el conocimiento personal el que alimenta a las organizaciones y éstas a su vez, retroalimentan a la red suministrando nuevo aprendizaje para los individuos. Este ciclo de desarrollo del conocimiento es lo que genera que las personas se mantengan actualizadas en su área a través de las conexiones que han establecido (Siemens, 2004).

Para el aprendizaje, en esta teoría, es participar en una comunidad. La mayoría de las personas cuando trabajan en cualquier profesión, están involucrados en una comunidad de práctica, donde se comparten formas de hacer las cosas, vocabulario común, responsabilidad conjunta y comprensión de lo que constituye el éxito. En este modelo, el estudiante se debe integrar en un ambiente como este. Lo ideal sería una comunidad real en sí, o puede ser una simulación de ese grupo, lo importante es ubicar al estudiante dentro de una congregación de práctica para que se involucre en situaciones que beneficien su aprendizaje (Downes, 2012).

Una vez revisadas las teorías de aprendizaje anteriormente expuestas, se retoman elementos de cada una de ellas para el desarrollo del estudio. En la articulación teórica-conceptual se presentan los componentes de las teorías, así como su participación dentro de la investigación.

### **Modelos de diseño instruccional**

El objetivo de los modelos de diseño instruccional es guiar el diseño y presentación de contenidos educativos, así como las actividades de aprendizaje y evaluación (Londoño, 2011). Para la selección del modelo de diseño instruccional que se utilizó en este estudio se analizaron los modelos ASSURE, ADDIE, de Gagné y Briggs, de Davis y el modelo de Dick, Carey y Carey. En la Tabla 5 se presentan los fundamentos y etapas de los cinco modelos.

Tabla 5

*Modelos instruccionales (Belloch, s.f.a; Brown & Green, 2016; Hodell, 2016; Muñoz & González, 2009)*

Modelo instruccional	Fundamentos	Etapas
ASSURE	Teoría de Gagné  Desarrollado por Robert Heinich, Michael Molenda y James D. Russell.	1. Análisis de los estudiantes. 2. Fijar objetivos. 3. Seleccionar los métodos de formación, la tecnología y los medios de distribución de materiales didácticos. 4. Utilizar los medios y los materiales. 5. Requiere la participación del alumno. 6. Evaluar y revisar.
ADDIE	Es un proceso interactivo diseñado en 1975 por la Universidad de Florida. Fue modificado en 1981 por Russell Watson.	1. Análisis 2. Diseño 3. Desarrollo 4. Implementación 5. Evaluación
De Gagné y Briggs	Basado en el enfoque de sistemas.  Toma elementos de la teoría de Piaget, de Bandura, de Skinner y de Ausubel.	Nivel del sistema: 1. Análisis de necesidades, objetivos y prioridades. 2. Análisis de recursos, restricciones y sistemas de distribución alternativos. 3. Determinación del alcance y secuencia del currículum y cursos. Dueño del sistema de distribución.  Nivel del curso: 4. Determinación de la estructura y secuencia del curso. 5. Análisis de los objetivos del curso.  Nivel de lección: 6. Definición de los objetivos de desempeño. 7. Preparación de planes (o módulos) de la lección. 8. Desarrollo o selección de materiales y medios. 9. Evaluación del desempeño del estudiante.  Nivel de sistema final: 10. Preparación del profesor. 11. Evaluación formativa. 12. Prueba de campo y revisión. 13. Evaluación sumativa. 14. Instalación y difusión.
De Davis	Teoría del conductismo.	1. Descripción del estado actual del sistema de aprendizaje. 2. Derivación y elaboración de los objetos de aprendizaje. 3. Planificación y aplicación de la evaluación.

(continúa)

Tabla 5

(continuación)

*Modelos instruccionales (Belloch, s.f.a; Brown & Green, 2016; Hodell, 2016; Muñoz & González, 2009)*

Modelo instruccional	Fundamentos	Etapas
		4. Realización de la descripción y análisis de la tarea. 5. Aplicación de los principios del aprendizaje humano.
De Dick, Carey y Carey	Basado en el enfoque de sistemas.  Toma elementos de la teoría conductista y del cognitismo.	1. Identificar la meta instruccional. 2. Llevar a cabo un análisis instruccional. 3. Análisis de los estudiantes y del contexto. 4. Redacción de objetivos. 5. Desarrollo de instrumentos de evaluación. 6. Elaboración de la estrategia instruccional. 7. Desarrollo y selección de materiales instruccionales. 8. Diseño y desarrollo de la evaluación formativa. 9. Diseño y desarrollo de la evaluación sumativa. 10. Revisar la instrucción.

El modelo elegido para este trabajo fue el ADDIE por ser un modelo genérico, simple, interactivo y puede ser aplicado a cualquier situación instruccional. El modelo instruccional ADDIE es nombrado con el acrónimo de las etapas que integran el diseño instruccional, siendo Analyze (analizar), Design (diseño), Development (desarrollo), Implementation (implementación) y Evaluation (evaluación). Estas etapas pueden llevarse a cabo de forma secuencial en diseño de cascada (ver figura 11) como mencionan Allen y Sites (2012).

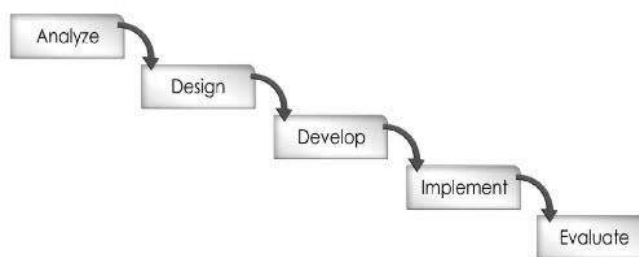
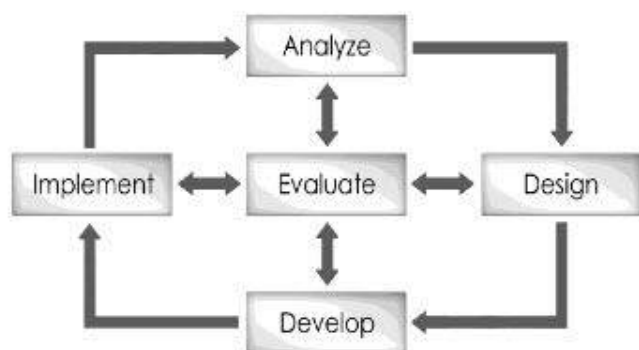


Figura 11. Modelo instruccional ADDIE en cascada (Allen & Sites, 2012).

También, se pueden realizar las fases de forma simultánea, con la posibilidad de ser tanto

iterativo como recursivo (ver figura 12). Esto permite que a partir de la evaluación formativa de cada una de las fases del modelo se pueda regresar a la fase anterior. Otra ventaja de este modelo es su carácter global al ser un marco de trabajo general para el desarrollo de proyectos tanto presenciales como virtuales (Muñoz & González, 2009).



*Figura 12.* Modelo instruccional ADDIE iterativo y recursivo (Allen & Sites, 2012).

La fase de análisis es donde el diseñador realiza una evaluación de las necesidades del entorno, define el problema, identifica qué causa el problema y busca posibles soluciones. Los productos de esta fase son las características de los alumnos, el objetivo de aprendizaje, recursos y medios con que se cuenta en la institución, periodo de puesta en práctica, principales limitantes para la aplicación del diseño y las actividades previas. Esta información a su vez, será la entrada de la siguiente fase (Maribe, 2009).

La fase de diseño retoma los productos de la fase de análisis con el fin de planificar una estrategia para el desarrollo de la instrucción. Se describe cómo alcanzar las metas educativas y se amplían los fundamentos educativos. Los elementos que integran esta fase son: tipo de ambiente de aprendizaje, objetivos instruccionales, estrategias pedagógicas, desglose de temas y diseño del contenido del curso, es decir, el plan de clase (Jones & Davis, 2011).

En la fase de desarrollo se retoman los productos de las fases de análisis y diseño para generar las unidades, módulos y los materiales didácticos. En este apartado se crea el guion y se realiza la programación de las páginas web y de los materiales multimedia. Los aspectos que integran esta fase son: crear el ambiente de aprendizaje, definir interacciones en el ambiente, tipo de formato de los recursos y los medios de comunicación (Parekh, 2013).

La implementación consiste en la puesta en práctica de la instrucción didáctica desarrollada, aunque puede tratarse de una implementación del prototipo, una prueba piloto o la implementación total del proyecto. En esta fase se debe considerar: duplicar y distribuir materiales, implementar el curso, así como, resolver problemas técnicos y definir planes alternos (Jones & Davis, 2011).

La fase de evaluación comprende dos aspectos, la evaluación de los estudiantes y la del curso en general. En la segunda, se debe considerar la valoración del diseño de instrucción y de la construcción del ambiente (Allen & Sites, 2012).

### **Modalidades educativas empleando TIC**

La educación mediada por TIC, dependiendo del grado de presencialidad o de la interacción del docente y el alumno, se clasifica en tres modelos según Área y Adell (2009). El modelo presencial con Internet donde el docente imparte la asignatura a sus estudiantes dentro de un espacio físico de forma sincrónica y el aula virtual se utiliza como un complemento o recurso de apoyo. El modelo semipresencial que implica la combinación del aula virtual con el aula física; es decir, hay actividades que se realizan de forma presencial en el aula física y otras actividades se desarrollan en el aula virtual. El modelo a distancia solamente dispone del aula virtual como el único espacio educativo donde interactúa el docente con los alumnos, y éstos entre sí.

El modelo presencial con Internet es un sistema que sin alejar al estudiante del aula física le permite recurrir a un espacio virtual al que se puede acceder cada vez que lo necesite para consultar toda la información acerca del desarrollo y evaluación de la asignatura, los contenidos y actividades que se realizarán, materiales, recursos necesarios, bibliografía básica y complementaria, entre otros (Mirete, García-Sánchez, & Maquilón, 2014).

La modalidad mixta o semipresencial permite la construcción del aprendizaje mediante la colaboración de todos los que participan al formarse redes de comunicación que facilitan la ayuda constante entre los sujetos. Esta metodología es una evolución de la educación a distancia que mediante la cooperación genera un enriquecimiento mayor y un estudiante autónomo menos dependiente del docente. La retroalimentación personalizada es otro factor clave en este tipo de enfoque que motiva al estudiante por el reconocimiento ante el trabajo realizado (Hinojo & Fernández, 2012).

En la educación a distancia existe una separación entre profesor/formador y alumno/participante en el espacio físico y en el tiempo, salvo cuando se presente la comunicación sincrónica utilizando tecnología. Otra característica es el estudio independiente donde el estudiante organiza su agenda para realizar las actividades académicas. La comunicación puede ser sincrónica o asincrónica entre el docente y el alumno, y entre los estudiantes a través de diferentes recursos con la oportunidad de generar socialización y aprendizaje colaborativo. A su vez, se requiere el soporte de una institución que planifique, diseñe y produzca materiales, evalúe, realice seguimiento y motivación de los estudiantes a través de la tutoría. La enseñanza a distancia es definida como un sistema que por medio de la tecnología lleva a cabo la comunicación multidireccional que puede ser masiva al emplear una acción sistemática y conjunta de recursos didácticos. Además, dispone del apoyo de una

organización y tutoría que aun separados físicamente de los alumnos genera un aprendizaje independiente y cooperativo (García-Aretio, 2001).

Los entornos virtuales de aprendizaje son espacios para enseñar y producir aprendizaje, el cual es modelado pedagógicamente e integrado con diversos componentes como son: la plataforma tecnológica, las actividades, los materiales, que en conjunto tienen como objetivo generar aprendizaje. A su vez, la interacción de la comunidad por medio de las herramientas tecnológicas enriquece la calidad del aprendizaje (Silva, 2011).

### **Ambientes virtuales de aprendizaje (AVA)**

Los AVA son de gran importancia para las modalidades educativas antes descritas, debido a que son espacios donde los estudiantes y profesores interactúan durante el proceso enseñanza aprendizaje. Los elementos que lo integran proporcionan a los alumnos las herramientas necesarias para la adquisición de conocimientos.

Un AVA según Lloréns, Espinosa y Castro (2013), es una colección de herramientas tecnológicas que permiten administrar actividades propuestas para los estudiantes, tener un sistema de comunicación efectivo y un mejor control escolar siempre y cuando se combine con estrategias psicopedagógicas, la comunidad de actores (estudiantes y profesores) y los productos generados por estos.

Para Salinas (2011), existen tres razones para el uso de entornos virtuales de formación:

- 1) para adaptar la enseñanza al contexto socio-cultural contemporáneo; es decir, la sociedad de la información y al perfil de sus destinatarios; 2) para contribuir a la alfabetización digital que es indispensable en la cultura del siglo XXI y 3) para promover la innovación curricular a través de



la mejora en la calidad educativa.

Un AVA en la enseñanza de las matemáticas es un espacio donde las TIC facilitan la comunicación pedagógica profesor estudiante durante el proceso de enseñanza-aprendizaje promoviendo la auto-construcción del sujeto educable. El diseño de un AVA debe incluir cinco aspectos: 1) conocimiento (diseño de contenidos digitales interactivos y con enfoque pedagógico), 2) colaboración (interacción alumno-alumno, alumno-profesor y profesor-profesores), 3) asesoría (sincrónica y asincrónica), 4) experimentación (simulaciones) y 5) gestión (tareas, evaluación y seguimiento) todo ello para lograr que la tecnología estimule el aprendizaje requerido (Bravo, 2012).

La estructuración de un AVA en una asignatura debe cubrir diferentes aspectos según Cabero, et al. (2014):

- Declaración de los objetivos del tema. En este caso, los objetivos expresados son los indicados para la competencia a abordar según el programa analítico de la asignatura.
- Mapa conceptual del tema. Muestra gráficamente los conocimientos que se estudiarán en un tema indicando las relaciones entre conceptos.
- Introducción. En este apartado se explican las características generales de la propuesta didáctica del tema, además de proporcionar al estudiante indicaciones para interactuar con el material de forma que obtenga el máximo beneficio.
- Bloque de contenidos. Son los elementos que intervendrán para la formación del estudiante, en cuanto a conocimientos, habilidades y actitudes que se pretenden de acuerdo a la competencia en estudio.
- Sumario. Son fragmentos de información que sintetiza las ideas claves y significativas del

tema.

- Ejercicios de autoevaluación. Son actividades que permiten al estudiante tomar conciencia sobre el dominio de los contenidos ya estudiados.
- E-actividades. Son las tareas que los estudiantes desarrollan en el entorno digital para lograr un aprendizaje específico.
- Foro de dudas. En este espacio los alumnos podrán manifestar dudas en cuanto al espacio virtual, el uso de las herramientas, los contenidos y en particular sobre las e-actividades del tema.
- Bibliografía específica del tema. Son los recursos bibliográficos que se tomaron como fuentes para la creación de los contenidos y a los cuales pueden recurrir los estudiantes para ampliar la visión del tema.
- Para saber más. En esta sección se colocan elementos como clip de videos, artículos de revistas, sitios de internet, entre otros, para que los alumnos tengan la opción de profundizar en determinados conocimientos.

En los AVA se requiere tener la habilidad del aprendizaje autónomo, también denominado como autoaprendizaje, aprendizaje independiente, estudio autodirigido, aprendizaje autoplaneado, aprendizaje autorregulado, autoeducación, autoinstrucción o aprendizaje individual. El autoaprendizaje se fundamenta en la andragogía aunque se está empleando en todos los niveles educativos (Niedmann & Illesca, 1993).

### **Autoaprendizaje**

Para Brookfield (2009), y Zimmerman (2008), el autoaprendizaje es el proceso por el cual el individuo decide por sí mismo o con ayuda de otros cuáles son sus necesidades de aprendizaje, selecciona los recursos de aprendizaje tanto humanos como materiales, elige e implementa

estrategias de aprendizaje, y finalmente evalúa su aprendizaje.

Las características del autoaprendizaje según Brookfield (2009), Garrison (1997), Niedmann e Illesca (1993), se describen en los siguientes puntos:

- El estudiante es quien inicia el aprendizaje, la motivación nace de él mismo al seleccionar lo que quiere aprender.
- Las necesidades del estudiante son las que determinan el aprendizaje.
- El estudiante es quien dirige el aprendizaje, qué, cómo, cuándo y cuánto.
- El profesor tiene una mínima participación en la interacción con el estudiante, siendo el aprendiz quien decide cuando interactuar o consultar al docente.

El aprendizaje autorregulado al aplicar estrategias, autoevaluación y acciones para modificar el estudio promueve que el estudiante sea más activo, participativo y crítico en cuanto a las decisiones relativas a su educación; lo que dará como resultado en la formación de entornos más significativos. En la sociedad actual del aprendizaje permanente, éste no solo se adquiere por medios formales, sino también en los no formales e informales, pero no todos los estudiantes tienen las habilidades para el estudio autónomo, por lo que se debe fomentar el desarrollo de las mismas para que se alcance el conocimiento pretendido (Cabero, 2013).

En las matemáticas según Pape (2005), el aprendizaje autorregulado permite a los estudiantes planear, guiar y evaluar sus procesos de razonamiento ante una situación problema, de forma que puedan profundizar en ella y resolverla de forma correcta. De igual forma, la planeación organizada de actividades con el objetivo de alcanzar una meta es prioritario en el área de las matemáticas y en la resolución de problemas (Pape & Wang, 2003).

Además, la reflexión consciente del propio estudiante sobre el proceso para enfrentar un

problema y solucionarlo, también llamado aproximación metacognitiva, contribuye en favorecer un aprendizaje significativo y permanente de los conceptos matemáticos. Las habilidades de autorregulación incluyen tener un pensamiento perspicaz y una visión metacognitiva los cuales favorecen el incremento de los niveles de logro en matemáticas y por tanto se mejora el rendimiento escolar (Kramarski & Gutman, 2006; Carr, Alexander, & Folds-Bennett, 1994).

En lo referente al aspecto motivador de la autorregulación, si los estudiantes consideran que son buenos para las matemáticas trae como consecuencia que sean más perseverantes ante los conflictos que se presentan durante la instrucción; y con ello, se genera un mejor aprovechamiento académico. Además, estos estudiantes aprecian mejor el valor de lo que han aprendido que aquellos que se consideran no buenos para las matemáticas (Covington & Müeller, 2001).

### **Articulación teórico-conceptual**

La ansiedad de los estudiantes hacia las matemáticas es una variable que interviene en el proceso enseñanza aprendizaje, de tal forma que identificar los factores que la conforman lleva a establecer estrategias que permitan disminuirla. A su vez, la actitud que presentan los alumnos ante el aprendizaje de las matemáticas con el uso de la tecnología puede influir en la aceptación y aprovechamiento académico ante la implementación de TIC en una propuesta didáctica.

En el desarrollo del AVA se consideraron además de las variables ansiedad y actitud, las teorías clásicas del aprendizaje: constructivismo, conductismo, construccionismo y conectivismo. En el análisis de las teorías se identificaron los elementos que aportan para el diseño del ambiente de aprendizaje utilizando TIC y que se describen a continuación.

El constructivismo y el conductismo contribuyen a la fundamentación del AVA al exponer el proceso de adquisición de conocimiento por el que tiene que transitar el ser humano. El constructivismo menciona que a partir de los conocimientos previos se pueden adquirir esquemas y estructuras mentales nuevas, organizando y diferenciando la información que ya existe y la recién adquirida. De igual forma esta teoría afirma que el conocimiento es producto de la interacción social al apropiarse de él en un entorno social y después se internalizan.

Sin embargo, el nuevo aprendizaje debe ubicarse en la zona de desarrollo próximo del aprendiz; es decir, debe contar con las herramientas suficientes para enfrentar un problema que impliquen un esfuerzo y al lograr su solución por medio de la guía de una persona más capaz o de forma colaborativa mejorará el aprendizaje. Los conocimientos que se motiven a adquirir a los estudiantes deben ser significativos y además se debe dar en un proceso de instrucción con contenidos que tengan sentido realizando actividades donde la retroalimentación sea inmediata. También, sustenta la idea de crear contenidos introductorios por medio de organizadores avanzados para establecer relación entre lo que el alumno ya sabe y lo que va aprender. El logro del aprendizaje se comprueba por medio de la aplicación de los conocimientos adquiridos.

A su vez, la teoría del conductismo aunque considera al sujeto pasivo, lo hace en el sentido de que permite la entrada de la información de su entorno y reacciona ante el estímulo. El aprendizaje se presenta con la asociación de estímulos y respuestas, por lo cual se considera memorístico, repetitivo y mecánico en la reacción. El ambiente de aprendizaje recurrirá a la utilización de modelaje y práctica del estudiante para lograr la asociación estímulo respuesta, posteriormente se emplearán refuerzos para fortalecer el logro.

Dentro de las doctrinas educativas que surgieron a partir del desarrollo de las TIC se

encuentra la teoría del construccionismo en donde el aprendizaje se presenta cuando el sujeto construye algo auxiliándose de la tecnología. El medio digital donde interactúa el aprendiz debe ofrecer posibilidades de manipulación y respuestas a las acciones para favorecer el desarrollo cognitivo. De igual forma, el ambiente educativo debe permitir al estudiante experimentar con sus ideas y cometer errores. La interactividad con los contenidos es lo que permite la construcción de significados, además de aumentar la velocidad de aprendizaje y retención de conceptos.

Otra teoría que emerge con el avance de las TIC es el conectivismo que enuncia que el proceso de aprendizaje ocurre al conectar información con el estado de conocimiento previo. Es por ello que el estudiante debe identificar los datos importantes de los que no los son, analizando las fuentes de información y conectando nodos especializados. El sujeto aprende con base al modelaje y la demostración, para posteriormente activar las conexiones a través de la práctica, la repetición y la reflexión.

Las características expuestas de las doctrinas se reflejarán dentro de las actividades y estructuración del AVA para motivar la adquisición del conocimiento pretendido. La libertad del estudiante para elegir el orden y tipo de recursos a utilizar, así como la frecuencia y tiempo de navegación en la plataforma son parte de la propuesta educativa provenientes de las teorías educativas. Además, en las secuencias didácticas, el aprendiz tendrá la oportunidad de probar diferentes alternativas, cometer errores y proponer soluciones al interactuar con simuladores y software dinámico. De esta forma las cuatro teorías mencionadas anteriormente contribuyen en la fundamentación del ambiente virtual de aprendizaje.

El modelo de instrucción ADDIE fue la base para la planeación de la instrucción dentro

del ambiente virtual. Las cinco fases se desarrollan dentro del AVA haciendo uso de las TIC para facilitar los procesos de interacción. En la figura 13 se muestra una representación gráfica de la articulación teórico conceptual donde se exponen las variables ansiedad y actitud, las teorías de aprendizaje y el modelo de instrucción ADDIE. El esquema además indica las relaciones entre los factores que conforman las variables en estudio y los elementos de las teorías de aprendizaje que se toman para el desarrollo del AVA. De igual forma, se indican las variables con las cuales se mide la implementación del ambiente.

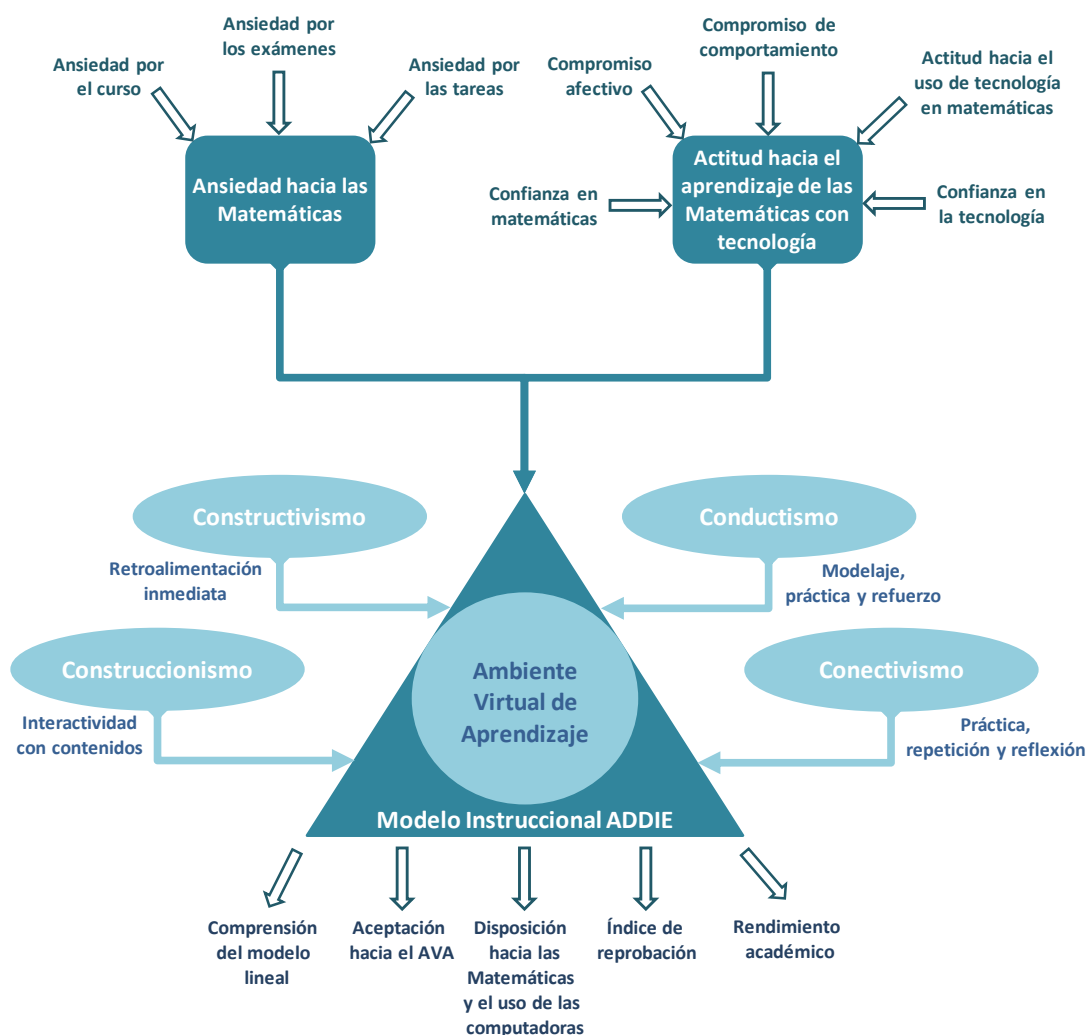


Figura 13. Representación gráfica de la articulación teórico-conceptual.

Fuente: Elaboración propia

### **Capítulo III. Diseño metodológico**

La investigación tomó como guía el modelo ADDIE, y de acuerdo al diseño instruccional, se dividió el estudio en dos fases. En la primera se indaga sobre las variables que influyen en la ansiedad hacia las matemáticas de los estudiantes, así como en la actitud que presentan hacia la tecnología para el aprendizaje; esto corresponde a la etapa de análisis del diseño instruccional. En la segunda fase se concluye la etapa de análisis del diseño instruccional, y se realizan las de diseño, desarrollo, implementación y evaluación. Es en ésta donde se construye el ambiente virtual para la enseñanza del modelo lineal y se implementa para determinar el efecto en los alumnos.

#### **Fase 1**

En esta fase se buscó conocer los factores que provocan ansiedad hacia las matemáticas en los estudiantes universitarios, así como la actitud que presentan ante la tecnología cuando se utiliza durante el proceso de enseñanza. Los objetivos fueron identificar el conjunto de variables que describen el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática, así como las variables que reflejan la actitud del estudiante hacia el uso de la tecnología cuando se utiliza durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática.

**Método.** El estudio es de tipo cuantitativo no experimental al no presentarse manipulación de las variables. La colecta de datos a través de la aplicación de los instrumentos es en un solo momento por tanto es de corte transversal. El estudio es de tipo explicativo al analizar cómo se comportan las variables ansiedad hacia la matemática y actitud hacia el aprendizaje de la matemática con tecnología.



En la Tabla 6 se exponen algunos elementos teóricos y empíricos del método utilizado en trabajos similares en donde se analizaron las variables que son parte de este estudio, con la intención de justificar el método a seguir en este trabajo.

Tabla 6

*Descripción de las variables y su nivel de medición en el paradigma cuantitativo en la fase 1*

Pregunta de investigación	Objetivo	Hipótesis	Variables implicadas	Tipo	Instrumento de medida
PI <sub>1</sub> : ¿Cuál es el conjunto de variables latentes que permiten explicar el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática?	O <sub>1</sub> : Identificar el conjunto de variables que permiten explicar el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática.	Ho: No hay un conjunto de variables latentes que expliquen la ansiedad matemática.	Percepción  Aprendizaje de las matemáticas	Ordinal  Escalamiento Likert	Escala RMARS de Alexander y Martray (1989), con propiedades psicométricas para medir la ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas.
PI <sub>2</sub> : ¿Cuál es el conjunto de variables que permiten conocer la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática?	O <sub>2</sub> : Identificar el conjunto de variables que permiten conocer la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática.	Ho: No hay un conjunto de variables latentes que expliquen la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática.	Percepción  Uso de la tecnología	Ordinal  Escalamiento Likert	Escala MTAS de Pierce et al. (2007), con propiedades psicométricas para medir la actitud hacia el uso de la tecnología.
Procedimiento de análisis de datos	La relación entre las variables en estudio se determina aplicando la técnica multivariante de análisis factorial con extracción de componentes (García-Santillán, 2017). Los criterios son los siguientes: validación del test con alfa de Cronbach, la pertinencia del análisis factorial a través del test de esfericidad de Bartlett con Kaizer KMO, el test $X^2$ con grados de libertad y significancia .01, las medidas de adecuación muestral (MSA) y cargas factoriales de .70. Hipótesis estadística $H_0 = 0$ y $H_1 \neq 0$ . En investigaciones recientes de García-Santillán et al (2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017), Moreno-García et al (2014) y Escalera-Chávez et al (2017) se ha realizado el procedimiento para el análisis factorial con estos criterios.				
Estadístico de prueba y criterio de decisión	El estadístico de prueba es Ji cuadrada $X^2$ . El criterio de decisión para el rechazo de $H_0$ en todos los casos sería: Rechazar $H_0$ si $X^2$ calculada es mayor a $X^2$ teórica. En caso contrario, no rechazar.				

En este estudio se utilizó el método de rotación Varimax. El argumento que justifica la

utilización de la rotación Varimax obedece a que en un análisis de componentes principales los ejes que se obtienen son ortogonales. Sin embargo, al hacer la rotación se puede exigir que los ejes rotados continúen siendo ortogonales o no establecer este requisito. Esta condición genera dos tipos de rotación de factores: ortogonal y oblicua.

En el caso de la rotación ortogonal, las cargas factoriales concuerdan con las correlaciones entre las variables observadas y los factores; por tanto, se pueden utilizar éstas variables de forma directa para interpretar los factores. Aunque conceptualmente pueda resultar menos realista, el beneficio de esta rotación es que maximiza la varianza explicada de ahí que la ortogonalidad puede resultar más útil en determinados estudios, como lo han referenciado en otros trabajos García-Santillán, Escalera-Chávez y Córdova-Rangel (2012), García-Santillán, Venegas-Martínez, Escalera-Chávez y Córdova-Rangel (2013), Escalera-Chávez, García-Santillán y Venegas-Martínez (2014), y Escalera-Chávez, Moreno-García, García-Santillán y Rojas-Kramer (2017).

Por el contrario, cuando la rotación es oblicua, no hay coincidencia de las correlaciones entre las variables observadas y los factores, ocasionando que se tenga que seleccionar la matriz más apropiada para interpretar los factores. Por lo anterior, en la práctica el asumir rotaciones ortogonales con el método Varimax se ha hecho común para facilitar la interpretación de los factores (F-Jardon & Martos, 2011).

Otro argumento que justifica el uso de esta técnica de rotación ortogonal, es que el método Varimax tiene la característica de minimizar el número de variables que presentan saturaciones altas en cada factor. Además, simplifica la interpretación de los factores y tiende a producir grupos de factores múltiples. A su vez, en cada factor las cargas grandes se incrementan

y las pequeñas se disminuyen, generando que cada factor esté integrado por pocas variables con cargas grandes (F-Jardon & Matos, 2011; IBM Knowledge Center, 2017).

**Contexto y participantes.** El estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Sonora que es una universidad ubicada en el sur del Estado de Sonora. En esta se ofrecen programas de licenciatura y posgrado con una población estudiantil de 16,442 alumnos en el ciclo escolar 2015-2016 (Instituto Tecnológico de Sonora, 2016).

En el estudio participaron 522 alumnos inscritos en alguna asignatura de matemáticas durante el semestre agosto-diciembre de 2016. Los estudiantes colaboraron de forma voluntaria y anónima.

El muestreo fue por conveniencia, al aplicar la escala en los grupos de asignaturas de matemáticas donde el docente permitió ceder un lapso de tiempo para ello. Los instrumentos se respondieron en papel y en presencia del encuestador dentro de las instalaciones de la universidad.

En la muestra solo un tercio fueron mujeres con un promedio de 18 años de edad y donde el 17% trabaja al menos 10 horas a la semana. En los estudiantes varones el promedio de edad fue de 18 años y el 27% trabaja al menos 10 horas a la semana. El 75% de los alumnos mencionaron tener recursos económicos suficientes para sus estudios, mientras que el 13% expresó que eran insuficientes y solo el 12% indicó que eran excelentes.

**Instrumentos.** En esta fase se administraron la escala de ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas y la escala sobre la actitud hacia la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas.

***Escala sobre la ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas.*** La variable ansiedad hacia las matemáticas se abordó por medio del instrumento “Revised Mathematics Anxiety Rating Scale” (RMARS) desarrollado por Alexander y Martray (1989), tomando como base la escala de 98 factores de los autores seminales Richardson y Suinn (1972). El instrumento está integrado por 25 ítems que se distribuyen en tres dimensiones (ver Apéndice A). Los factores para esta escala son: ansiedad hacia los exámenes de matemáticas (ítems de 1 al 15), ansiedad hacia las tareas matemáticas (ítems del 16 al 20) y ansiedad hacia el curso de matemáticas (ítems del 21 al 25).

El escalamiento es de tipo Likert con cinco opciones de respuesta (nada, poco, regular, mucho y demasiado). Los valores asignados para las respuestas son del uno al cinco, donde uno es para nada hasta cinco en la opción demasiado.

Alexander y Martray (1989), implementaron la escala en 517 estudiantes donde obtuvieron una confiabilidad interna de .96 y una confiabilidad en test-retest de .90. En este estudio la confiabilidad del instrumento se revisó a través del alfa de Cronbach. En la Tabla 7 se exponen los resultados de dicho análisis.

Tabla 7

*Análisis de confiabilidad escala RMARS*

Dimensiones	Alfa de Cronbach	No. de ítems
Ansiedad hacia los exámenes de matemáticas	.92	15
Ansiedad hacia las tareas matemáticas	.89	5
Ansiedad hacia el curso de matemáticas	.85	5
Global	.94	25

Los valores del alfa de Cronbach para todos los ítems (.94) y para las dimensiones (.92,

.89 y .85) son superiores a .60 que indica Hair, Anderson, Tatham y Black (1999), como aceptables. Por lo anterior, el instrumento cumple con las características de consistencia interna y confiabilidad que se requieren para la validez del instrumento.

Para verificar que es apropiado aplicar la técnica de análisis factorial de acuerdo al comportamiento de los datos, se realizó la prueba de esfericidad de Bartlett y la medida de suficiencia muestral. El test de esfericidad de Bartlett con KMO es para probar que la matriz de correlaciones es una matriz identidad cuyos valores pueden variar entre cero y uno.

Si el valor de KMO es inferior a .5 implica que las correlaciones entre pares de variables no pueden ser explicadas por otras variables y por tanto el análisis factorial no es adecuado para estos datos en específico. En el test de esfericidad de Bartlett se obtuvo  $X^2 = 8463.636$  con 300 grados de libertad, que es un valor alto y la significancia fue menor a .01.

A su vez, la medida de adecuación muestral  $KMO = .93$  es mayor a .5 que indica la existencia de correlación de las variables o dimensiones. Por lo anterior, el análisis factorial es apropiado para explicar el fenómeno en estudio.

Además, según los criterios establecidos para aceptar o rechazar la hipótesis nula, se puede rechazar la hipótesis nula que establece que las variables no están correlacionadas, ya que hay evidencia de que existe correlación, por tanto, la hipótesis nula se rechaza. En el Apéndice D se presenta la matriz de correlaciones, en ella se puede observar que contiene valores aceptables, es decir, mayores a .5 entre las variables en estudio.

En la Tabla 8 se presentan los valores de medida de suficiencia muestral (MSA) para cada ítem. En el ítem A19 se tuvo el valor menor con .882 y en el A6 el mayor con .968.

Tabla 8

*Valores de MSA para la escala RMARS*

Ítem	MSA	Ítem	MSA	Ítem	MSA
A1	.961	A10	.966	A19	.882
A2	.929	A11	.929	A20	.917
A3	.942	A12	.966	A21	.958
A4	.942	A13	.959	A22	.953
A5	.932	A14	.948	A23	.949
A6	.968	A15	.943	A24	.935
A7	.948	A16	.961	A25	.962
A8	.892	A17	.961		
A9	.883	A18	.912		

***Escala sobre la actitud hacia la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas.*** La variable actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología se midió con la escala “Mathematics and Technology Attitudes Scale” (MTAS) construida por Pierce et al. (2007). El instrumento está compuesto por 20 ítems que a su vez integran cinco dimensiones (ver Apéndice C). Los factores para esta escala son: compromiso de comportamiento hacia las matemáticas (ítems de 1 al 4), confianza en la tecnología (ítems del 5 al 8), confianza en matemáticas (ítems del 9 al 12), compromiso afectivo hacia las matemáticas (ítems del 13 al 16) y actitud hacia el aprendizaje de la matemática con tecnología (ítems del 17 al 20).

El escalamiento es de tipo Likert con cinco opciones de respuesta. En los ítems del uno al cuatro las opciones de respuesta son casi nunca, a veces, la mitad de las veces, usualmente y casi siempre.

En los ítems del cinco al veinte, se puede responder con muy en desacuerdo, en

desacuerdo, no estoy seguro, de acuerdo y muy de acuerdo. Los valores asignados para las respuestas son del uno al cinco, donde uno es para casi nunca o muy en desacuerdo, hasta cinco en la opción casi siempre o muy de acuerdo.

Pierce et al. (2007), aplicaron el instrumento a 350 estudiantes de seis escuelas. El análisis de confiabilidad con alfa de Cronbach presentó valores entre .65 a .89. Lo anterior indica la fortaleza en la consistencia interna de cada subescala.

En este trabajo, la confiabilidad de la escala se revisó a través del alfa de Cronbach. En la Tabla 9 se puede observar que los valores son superiores a .60 que se consideran aceptables. En el análisis de todos los ítems ( $\alpha = .83$ ) y para las cinco dimensiones ( $\alpha > .60$ ), por ello la escala cumple con las características de consistencia interna y confiabilidad que se especifican para la validez del instrumento.

Tabla 9

*Análisis de confiabilidad escala MTAS*

Dimensiones	Alfa de Cronbach	No. de ítems
Compromiso de comportamiento hacia las matemáticas	.71	4
Confianza en la tecnología	.81	4
Confianza en matemáticas	.87	4
Compromiso afectivo hacia las matemáticas	.70	4
Actitud hacia el aprendizaje de la matemática con tecnología	.87	4
Global	.83	20

Para verificar si la técnica de análisis factorial es apropiada de acuerdo al comportamiento de los datos, se procedió a efectuar la prueba de esfericidad de Bartlett y la medida de suficiencia muestral. En la prueba de esfericidad de Bartlett con KMO se prueba si la

matriz de correlaciones es una matriz identidad, donde los valores varían entre cero y uno. En el caso de que el valor de KMO sea inferior a .5 indicaría que las correlaciones entre variables no pueden ser explicadas por otras variables, dando como resultado que el análisis factorial no es apropiado para estos datos.

En el test de esfericidad de Bartlett, el valor de  $X^2 = 4335.515$  con 190 grados de libertad es alto y la significancia es menor a .01. La medida de adecuación muestral  $KMO = .85$  es mayor a .5 que señala la existencia de correlación entre las variables.

En la Tabla 10 se exponen los valores de medida de suficiencia muestral (MSA) para cada ítem, que se ubican entre .772 (para el ítem T5 con el valor más bajo) y de .918 como valor más alto en el ítem T13. Por otra parte, la matriz de correlaciones se observan valores mayores a .5 para las variables en estudio, los cuales son aceptables (Apéndice D).

Tabla 10

*Valores de MSA para la escala MTAS*

Ítem	MSA	Ítem	MSA
T1	.895	T11	.897
T2	.849	T12	.897
T3	.858	T13	.918
T4	.852	T14	.909
T5	.772	T15	.892
T6	.803	T16	.899
T7	.775	T17	.845
T8	.803	T18	.810
T9	.876	T19	.797
T10	.870	T20	.796



Por tanto, el análisis factorial es el indicado para explicar el fenómeno en estudio. A su vez, de acuerdo a los criterios fijados anteriormente para aceptar o rechazar la hipótesis nula, se puede rechazar la hipótesis nula que expresa que las variables no están correlacionadas, porque hay evidencia de la existencia de correlación, por ello, se rechaza la hipótesis nula.

**Procedimiento.** Se inició con una revisión de la lectura y posteriormente se hizo una búsqueda de instrumentos sobre los constructos. Una vez identificadas las escalas que podrían determinar las variables en estudio, se procedió a solicitar la autorización de los autores para su adaptación al español y al contexto mexicano. La traducción al español la realizó un traductor nativo del habla inglesa. Después se hizo un piloteo para verificar la comprensión de las instrucciones, de los ítems y de las opciones de respuesta.

Previo a la aplicación de las escalas, se habló con las autoridades de la universidad para exponerles el objetivo y alcance de la investigación con el fin de obtener el permiso para ingresar a los grupos de asignaturas de matemáticas. La institución accedió a participar en el estudio y proporcionó los horarios, número de aulas, nombres de los profesores y de las asignaturas para proceder con la aplicación.

La implementación de las escalas se realizó asistiendo el encuestador a cada grupo, donde a cada profesor se le mostró la encuesta y se le explicó el objetivo del estudio, además de manifestarle que ya se tenía el permiso de la universidad. A su vez, se le solicitó al docente a cargo del grupo, el espacio para administrar los instrumentos.

Una vez que se tenía la autorización del docente, se procedió a explicar a los estudiantes el objetivo de la investigación, e indicarles que su participación era voluntaria y anónima. Se

entregó a cada alumno una impresión física del instrumento e iniciaron con la lectura de las instrucciones y respondiendo cada ítem.

Las respuestas de cada encuesta se registraron de forma digital para conformar una base de datos. Ésta se limpió y se procedió con los análisis estadísticos.

La relación entre las variables en estudio se determinó aplicando la técnica multivariante de análisis factorial con extracción de componentes (García-Santillán, 2017). Los criterios que se utilizaron son: validación del test con alfa de Cronbach, la pertinencia del análisis factorial a través del test de esfericidad de Bartlett con Kaizer (KMO), el test  $X^2$  con grados de libertad y significancia .01, las medidas de adecuación muestral (MSA) y cargas factoriales de 0.70. En investigaciones recientes de García-Santillán et al (2012, 2013 y 2014), se ha realizado el procedimiento para el análisis factorial con los criterios antes mencionados.

La hipótesis nula  $H_o = 0$  indica que no hay correlación, mientras que la hipótesis alternativa  $H_i \neq 0$  muestra que hay correlación. La decisión para rechazar la hipótesis nula  $H_o$  es si  $X^2$  calculada es mayor a  $X^2$  de tablas.

**Procesamiento de datos.** La información se analizó con el programa estadístico *Statistical Package for the Social Sciences*, denominado como SPSS (por sus siglas en inglés). Con el software se hizo la validación del test con el alfa de Cronbach y se verificó la pertinencia para utilizar el análisis factorial a través del test de esfericidad de Bartlett con Kaizer, la prueba  $X^2$  con grados de libertad y significancia, así como las medidas de suficiencia muestral. Una vez comprobado que el comportamiento de los datos permite aplicar la técnica multivariante, se continuo con la obtención de las cargas factoriales.

## Fase 2

En esta fase se desarrolla el ambiente virtual para el aprendizaje de las matemáticas y se implementa con estudiantes universitarios. La finalidad del ambiente virtual es mejorar el rendimiento académico y disminuir los índices de reprobación. La valoración de la influencia del AVA se hizo por medio de tres instrumentos.

Los objetivos comprendieron diseñar el ambiente virtual, implementarlo y valorarlo. Para establecer el efecto del AVA, se determinó el rendimiento académico, los índices de reprobación, el aprendizaje con comprensión y la actitud del estudiante hacia el aprendizaje de las matemáticas a través de las computadoras.

**Método.** La investigación es experimental al incluir la aplicación de un estímulo al exponer a los estudiantes ante el ambiente educativo para medir su reacción. El empleo de dos grupos intactos de participantes, donde en uno de ellos se manipularon las variables y en el otro grupo no se aplicó el estímulo, ubica al estudio como cuasiexperimental. Por ello la investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo con diseño de grupo de control no equivalente con pretest y posttest (Creswell, 2014).

En esta fase se tuvo una pregunta de investigación que expresa ¿en qué medida el desarrollo de un ambiente virtual para el autoaprendizaje de las matemáticas contribuirá a la adquisición de nuevo conocimiento con comprensión, a mejorar el rendimiento académico, los índices de aprobación y la disposición de los alumnos?

En la Tabla 11 se describen los objetivos, hipótesis, variables, el instrumento de medida y el procedimiento de análisis que corresponden a la fase 2.

Tabla 11

*Descripción de las variables y su nivel de medición en el paradigma cuantitativo en la fase 2*

Objetivo	Hipótesis	Variables implicadas	Tipo	Instrumento de medida
O <sub>3</sub> : Diseñar un ambiente virtual para que el alumno aprenda con comprensión el modelo lineal.	Ho: El ambiente virtual logra que el alumno aprenda con comprensión el modelo lineal.	Conocimiento matemático del modelo lineal	Ordinal	Examen de conocimientos de la academia de Cálculo I.
O <sub>4</sub> : Implementar el ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal para determinar el nivel de aceptación de los alumnos.	Ho: El ambiente virtual logra un nivel de aceptación bueno en los alumnos.	Percepción	Ordinal Escalamiento Likert	Encuesta de opinión para valorar el ambiente virtual de aprendizaje desarrollado para este estudio.
O <sub>5</sub> : Valorar la disposición de los alumnos hacia las matemáticas y el uso de las computadoras para su aprendizaje.	Ho: La disposición de los alumnos hacia las matemáticas y el uso de las computadoras para su aprendizaje después de la implementación del ambiente virtual es favorable.	Actitud hacia las matemáticas Actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas a través de las computadoras	Ordinal Escalamiento Likert	Escala de Galbraith y Haines (1998), con propiedades psicométricas para medir la actitud hacia las matemáticas y el aprendizaje a través de las computadoras.
O <sub>6</sub> : Evaluar el conocimiento adquirido para disminuir los índices de reprobación.	Ho: El ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal disminuye el índice de reprobación.	Conocimiento matemático del modelo lineal	Razón	Examen de conocimientos de la academia de Cálculo I.
O <sub>7</sub> : Medir el efecto del ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal a través del conocimiento adquirido para mejorar el rendimiento académico.	Ho: El ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal mejora el rendimiento académico.	Conocimiento matemático del modelo lineal	Razón	Examen de conocimientos de la academia de Cálculo I.
Procedimiento de análisis de datos	O <sub>3</sub> : Se estableció una escala en función del conocimiento reflejado en las respuestas de los ítems del instrumento. El nivel de comprensión se definió como malo, regular, bueno y muy bueno, dividiendo la escala en tercios. Los extremos de la escala fueron malo y muy bueno. Se le asignó un punto a la categoría malo incrementando hasta cuatro para el nivel muy bueno. El puntaje más bajo es de 68 y el más alto de 272, siguiendo el procedimiento indicado por Salkind (1999).			

(continúa)

Tabla 11

(continuación)

*Descripción de las variables y su nivel de medición en el paradigma cuantitativo en la fase 2*

Objetivo	Hipótesis	Variables implicadas	Tipo	Instrumento de medida
	O <sub>4</sub> , O <sub>5</sub> : Se clasificó el nivel de actitud estableciendo un escalamiento de acuerdo al puntaje mínimo y máximo según los ítems. Las categorías son: actitud muy desfavorable, desfavorable, neutral, favorable y muy favorable. La escala se dividió en cuartiles, siendo los extremos las categorías muy desfavorable y muy favorable. El procedimiento fue el señalado por Salkind (1999).			
	O <sub>6</sub> : Se obtuvo el estadístico Z para la diferencia de proporciones de dos poblaciones. El nivel de significancia se fijó en .05%, teniendo un valor crítico $z = \pm 1.96$ con contraste bilateral. Hipótesis estadística $H_0=0$ y $H_1 \neq 0$			
	O <sub>7</sub> : Acorde al trabajo de Cabero y Llorente (2006), se realiza el análisis intra grupo con la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon y el análisis inter grupos con la prueba U de Mann-Whitney. En ambos casos con significancia .01. Hipótesis estadística $H_0=0$ y $H_1 \neq 0$			
Estadístico de prueba y criterio de decisión	O <sub>6</sub> : El estadístico de prueba es Z. El criterio de decisión para el rechazo de $H_0$ sería: Rechazar $H_0$ si la significancia es menor a .05. En caso contrario, no rechazar.			
	O <sub>7</sub> : El estadístico de prueba es Z. El criterio de decisión para el rechazo de $H_0$ sería: Rechazar $H_0$ si la significancia es menor a .01. En caso contrario, no rechazar.			

**Contexto y participantes.** El estudio se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Sonora cuya oferta académica está conformada por 23 programas de licenciatura y un programa de profesional asociado; dentro de las licenciaturas, diez de ellas son de Ingeniería. La asignatura Cálculo I forma parte de todos los programas de ingeniería en su segundo semestre y es requisito para cursar otras materias (Instituto Tecnológico de Sonora, s.f.).

La población en el semestre agosto-diciembre 2016 fue de 250 alumnos inscritos en Cálculo I de acuerdo a datos proporcionados por el Coordinador de la Academia de la asignatura. La propuesta didáctica se llevó a cabo con los estudiantes que cursan la asignatura Cálculo I en el semestre agosto-diciembre del 2016, de donde se seleccionaron dos grupos intactos. En uno de los grupos se aplicó la propuesta didáctica y el otro grupo fue el de control, donde se impartieron los temas con la enseñanza tradicional. Los grupos se describen en la Tabla 12.

Tabla 12

*Población de alumnos de los grupos de control y experimental*

Grupo	Número de alumnos por grupo		
	Población	Mujeres	Hombres
Control	60	8	52
Experimental	68	7	61

**Instrumentos.** Se aplicaron tres instrumentos, un examen de adquisición de conocimientos, una encuesta de opinión para valorar el AVA y una escala de actitudes hacia las matemáticas y el aprendizaje por medio de computadoras.

***Instrumento de adquisición del conocimiento.*** La adquisición de conocimiento se midió con un examen que incluye los conceptos estudiados en los temas I y II. El examen está integrado por dos problemas similares a los analizados en el ambiente virtual de aprendizaje. La situación problema del tema I presenta cinco preguntas abiertas, mientras que en el tema II, se hacen cuatro cuestionamientos sobre la problemática descrita. El instrumento fue creado por la coordinación de la asignatura en conjunto con la academia de profesores y es el que se instruye se aplique en todos los grupos (ver Apéndice E).

***Encuesta de opinión para valorar el ambiente virtual de aprendizaje.*** El instrumento se desarrolló para valorar el AVA según la apreciación de los estudiantes con base a la escala propuesta por Valenzuela (2014). La encuesta se estructuró con 16 afirmaciones positivas y una pregunta, con cinco posibles respuestas. El escalamiento tipo Likert presentó las opciones totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, neutral, de acuerdo y totalmente de acuerdo (ver Apéndice F).

Las afirmaciones comprendieron aspectos del espacio en general, de las lecciones en

video y de los ejercicios de autoevaluación. También, se presentaron reactivos donde los estudiantes manifestaron si el ambiente virtual había ayudado a la comprensión de los temas. La confiabilidad de la escala se verificó por medio del alfa de Cronbach. En la Tabla 13 se exponen los resultados de dicho análisis.

Tabla 13

*Análisis de confiabilidad de la escala de opinión para valorar el AVA*

Dimensiones	Alfa de Cronbach	No. de ítems
Página Web	.82	6
Lecciones en video	.79	5
Ejercicios de autoevaluación	.70	2
Comprensión de los temas	.86	4
Global	.93	17

En la Tabla 13 se puede observar que los valores del alfa de Cronbach son superiores a .60 que se consideran aceptables. En el análisis de todos los ítems ( $\alpha = .93$ ) y para las cuatro dimensiones ( $\alpha > .60$ ), por ello la escala cumple con las características de consistencia interna y confiabilidad que se especifican para la validez del instrumento.

***Instrumento de actitudes hacia las matemáticas y el aprendizaje a través de las computadoras.*** El instrumento que se utilizó para medir la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas enseñadas por medio de una computadora fue desarrollado por Galbraith y Haines (1998), quienes en su propuesta consideran las variables *confianza*, *motivación*, *interacción* y *compromiso*. La variable confianza está integrada por las dimensiones confianza en matemáticas (ítems del 1 al 8) y confianza en la computadora (ítems del 17 al 24). La variable motivación comprende motivación con la computadora (ítems del 25 al 32) y motivación hacia las

matemáticas (ítems del 9 al 16). La variable interacción se evalúa con interacción con la computadora para matemáticas (ítems del 33 al 40). La variable compromiso tiene una sola dimensión denominada compromiso en matemáticas (ítems del 41 al 48). Los ítems están redactados por sus creadores en inglés. Tanto los ítems originales como su traducción al español se encuentran en el Apéndice B.

El escalamiento tipo Likert utilizado por Galbraith y Haines (1998), comprende siete categorías de respuestas (strongly agree, agree, mildly agree, neutral, mildly disagree, disagree y strongly disagree) en español serían: Totalmente de acuerdo, de acuerdo, levemente de acuerdo, neutral, levemente en desacuerdo, en desacuerdo y totalmente en desacuerdo. Con este instrumento los estudiantes pueden expresar acuerdo o desacuerdo con alto o bajo nivel e inclusive se permiten opciones intermedias. La actitud respecto a un atributo específico la determina el individuo seleccionando una de las categorías de respuesta.

En las afirmaciones positivas las categorías del instrumento de actitud de Galbraith y Haines (2000), se califican con (7) totalmente de acuerdo, (6) de acuerdo, (5) levemente de acuerdo, (4) neutral, (3) levemente en desacuerdo, (2) en desacuerdo y (1) totalmente en desacuerdo. Las afirmaciones negativas se codifican al contrario de las positivas, quedando (1) totalmente de acuerdo, (2) de acuerdo, (3) ligeramente de acuerdo, (4) neutral, (5) ligeramente en desacuerdo, (6) en desacuerdo y (7) totalmente en desacuerdo.

El instrumento de actitudes fue redactado en inglés por su autor, por ello se llevó a cabo la traducción al español tomando en cuenta un lenguaje comprensible para los estudiantes universitarios. Debido a la adaptación del lenguaje se realizó un pilotaje del instrumento con doce alumnos que integraban un grupo de Cálculo I en mayo de 2015. El grupo seleccionado



para el pilotaje se caracterizaba porque el docente realizaba sesiones en aulas de cómputo donde el alumno interactuaba con software matemático.

La aplicación del instrumento tuvo como objetivo identificar si las instrucciones eran claras, así como para determinar la comprensión tanto de las afirmaciones del instrumento como de la escala utilizada para las opciones de respuesta. El docente a cargo del grupo de Cálculo I fue quien aplicó el instrumento, sin la intervención del investigador. Los estudiantes que participaron en el pilotaje no manifestaron dudas sobre las instrucciones y en cuanto a los ítems solamente comentaban entre ellos las afirmaciones que iban leyendo sin indicar falta de entendimiento.

Galbraith y Haines (1998), llevaron a cabo la prueba piloto del instrumento en 1994 en CITY University en Londres, donde se analizó la confiabilidad de la escala obteniendo una categoría buena. En los datos en conjunto de tres años de aplicación 1994, 1995 y 1996 con 156, 140 y 146 estudiantes, respectivamente, se calculó la confiabilidad. La información de 1994 sirve como punto de comparación para la estabilidad de las respuestas a través del tiempo, y corresponden a los valores entre paréntesis (ver Tabla 14).

Tabla 14

*Medida de confiabilidad alfa de Cronbach del instrumento aplicado en CITY University*  
(Galbraith & Haines, 2000)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Dimensión	Alfa de Cronbach
Confianza en matemáticas	.81 (.77)	Confianza en la computadora	.80 (.82)
Motivación en matemáticas	.72 (.80)	Motivación con la computadora	.82 (.85)
Compromiso en matemáticas	.51 (.57)	Interacción computadora-matemáticas	.68 (.69)

En el instrumento aplicado en 1997 a los 175 alumnos de Queensland University en Australia se determinó la confiabilidad con alfa de Cronbach (ver Tabla 15). Lo anterior confirmó los resultados de CITY University (Galbraith & Haines, 2000).

La aplicación del instrumento en 1997 a 56 estudiantes de primer año inscritos en un curso de matemáticas en Queensland University dio resultados de confiabilidad similares a los de la prueba piloto llevada a cabo en 1994 según Galbraith et al. (1999). Los valores del alfa de Cronbach obtenidos a partir de los datos recolectados por medio del instrumento de actitudes a alumnos en diferentes contextos permite concluir que el instrumento es confiable (Galbraith & Haines, 2000).

Tabla 15

*Medida de confiabilidad alfa de Cronbach del instrumento aplicado en Queensland University (Galbraith & Haines, 2000)*

Dimensión	Alfa de Cronbach	Dimensión	Alfa de Cronbach
Confianza en matemáticas	.87	Confianza en la computadora	.89
Motivación en matemáticas	.85	Motivación con la computadora	.87
Compromiso en matemáticas	.57	Interacción computadora-matemáticas	.69

En este trabajo la confiabilidad de la escala se verificó por medio del alfa de Cronbach. En la Tabla 16 se exponen los resultados del análisis para todos los ítems, así como el valor global. En el análisis de todos los ítems ( $\alpha = .91$ ); sin embargo, en dos dimensiones (motivación hacia las matemáticas y compromiso en matemáticas), los valores de alfa de Cronbach son inferiores a .60. Una posible causa de estos valores bajos es el número de participantes, en este caso fueron 99 estudiantes.

Tabla 16

*Análisis de confiabilidad de la escala de actitudes hacia las matemáticas y el aprendizaje a través de las computadoras*

Dimensiones	Alfa de Cronbach	No. de ítems
Confianza en matemáticas	.75	8
Motivación hacia las matemáticas	.52	8
Confianza en la computadora	.89	8
Motivación con la computadora	.69	8
Interacción con la computadora para matemáticas	.65	8
Compromiso en matemáticas	.48	8
Global	.91	48

**Procedimiento.** La fase 2 está integrada por cinco objetivos específicos y para cumplir cada uno de ellos se realizaron las acciones que se describen a continuación.

1. El diseño instruccional se hizo de acuerdo al modelo ADDIE. Este comprendió cinco etapas: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación (ver Tabla 17).

Tabla 17

*Diseño instruccional del ambiente virtual de aprendizaje*

Fase	Aspectos
Análisis	Características de los alumnos Objetivo de aprendizaje Recursos y medios con que se cuenta en la institución Periodo de puesta en práctica Principales limitantes para la aplicación del diseño Actividades previas
Diseño	Tipo de ambiente de aprendizaje Objetivos instruccionales Estrategias pedagógicas Desglose de los temas Diseño del contenido del curso considerando las TIC (Plan de clase)

(continúa)

Tabla 17

(continuación)

*Diseño instruccional del ambiente virtual de aprendizaje*

Fase	Aspectos
Desarrollo	Crear el ambiente de aprendizaje Definir interacciones en el AVA Tipo de formato de los recursos Definir medios de comunicación
Implementación	Duplicar y distribuir materiales Implementar el curso Resolver problemas técnicos y definir planes alternos
Evaluación	Evaluación de los estudiantes Evaluación del curso en general

2. El diseño y desarrollo del AVA para el aprendizaje de las ecuaciones lineales se hizo de acuerdo a la propuesta de Salinas et al. (2012), empleando software gratuito. La estructura del AVA cubrió diferentes aspectos (ver Tabla 18) conforme a lo especificado por Cabero et al. (2014).

Tabla 18

*Estructura del ambiente virtual de aprendizaje*

Aspecto	Apartado
Declaración de objetivos	Página inicial del AVA (Objetivo de la asignatura) Página inicial de cada tema (Objetivo específico)
Mapa conceptual del tema	Mapa conceptual
Introducción	Página inicial del AVA Página inicial de cada tema En cada sección se indicó como interactuar con los recursos
Bloque de contenidos	Lecciones
Sumario	Resumen
Ejercicios de autoevaluación	Tareas Evaluación
E-actividades	Autoevaluación

(continúa)

Tabla 18

(continuación)

*Estructura del ambiente virtual de aprendizaje*

Aspecto	Apartado
Foro de dudas	Comunicación (Mensajes en plataforma, correo electrónico y panel de avisos)
Bibliografía específica del tema	Bibliografía básica Bibliografía de consulta
Para saber más	Para saber más

3. Se asignó el tiempo para la enseñanza de los temas que contempla el AVA el cual fue de 7 horas, lapso de tiempo que se respetó en ambos grupos. En el grupo experimental, los estudiantes estuvieron en un aula con disponibilidad de computadoras con internet para cada participante y con esto verificar la navegación dentro del AVA. Además, el AVA estuvo accesible desde cualquier dispositivo con internet durante las 24 horas en el periodo del estudio.

4. Se aplicó de forma presencial y en papel el instrumento pretest y el posttest que consistió en un examen de conocimientos de los dos temas que comprenden el estudio. El examen pretest se aplicó antes de iniciar con el AVA en el grupo experimental y con la instrucción tradicional en el grupo control. El examen posttest se administró en ambos grupos al finalizar la enseñanza de los temas.

5. De igual forma, en el grupo experimental al finalizar la implementación del AVA se aplicaron los instrumentos para valor el ambiente y para identificar la actitud hacia las matemáticas y la enseñanza de la misma por medio de las computadoras.

6. Se calificó el instrumento para medir la adquisición de conocimiento, aplicado como pretest y posttest en los grupos experimental y control.

7. Se analizó la información con software estadístico.

**Procesamiento de datos.** La información se analizó con el programa estadístico *Statistical Package for the Social Sciences*, denominado como SPSS (por sus siglas en inglés). Se verificó el comportamiento de los datos y al obtenerse distribuciones no paramétricas, se seleccionaron las pruebas correspondientes.

El rendimiento académico se examinó con dos tipos de test para identificar si existen diferencias significativas, según el procedimiento de Cabero y Llorente (2006). Se realizó la prueba de rangos de Wilcoxon para grupos dependientes porque es el análisis no paramétrico que permite comparar dos mediciones del mismo conjunto de participantes (pretest y posttest del grupo experimental; pretest y posttest del grupo control). Además, se llevó a cabo el test U de Mann-Whitney para grupos independientes porque es el procedimiento estadístico para confrontar valores de agrupaciones diferentes (pretest del grupo experimental y pretest del grupo control; posttest del grupo experimental y posttest del grupo control).

El índice de reprobación se analizó con el estadístico Z para diferencia de proporciones de dos poblaciones. Esta prueba estadística se seleccionó porque es para datos con distribución no paramétrica y es para comprobar si existen diferencias significativas entre las proporciones de dos grupos (posttest del grupo experimental y posttest del grupo control).

## **Capítulo IV. Resultados**

El logro del objetivo general de este estudio requiere cumplir con dos fases y conforme al diseño instruccional. En este apartado se presentan los resultados que corresponden a cada una de ellas.

En la fase 1 se tienen dos preguntas de investigación. La primera fue para indagar sobre la ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas y en la segunda, sobre el nivel de actitud de los estudiantes hacia el uso de la tecnología durante el proceso enseñanza-aprendizaje. Esta fase es parte de la etapa de análisis del diseño instruccional.

La fase 2 está integrada por una pregunta de investigación. En ella se planteó cómo el desarrollo e implementación de un AVA para el autoaprendizaje de las matemáticas contribuye a la adquisición de conocimiento con comprensión, a mejorar el rendimiento académico y los índices de aprobación. También, se indagó sobre la disposición de los alumnos hacia el AVA y el aprendizaje de las matemáticas a través de las computadoras. La fase 2 comprende las etapas de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación del diseño instruccional.

### **Fase 1**

Esta fase es parte de la etapa de análisis del diseño instruccional. En este apartado se busca identificar los factores que causan ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes y la actitud de ellos ante la tecnología cuando se utiliza para la enseñanza de dicha asignatura. Para determinar la existencia de un conjunto de variables latentes que permitan explicar el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática, se utilizó el instrumento RMARS desarrollada por Alexander y Martray (1989). Previo al análisis factorial se verificó que esta técnica estadística es la apropiada de acuerdo al comportamiento de los datos para la escala.

Al confirmar que la técnica de análisis factorial es apropiada para estos datos, se procedió con la evaluación de factores y componentes. El agrupamiento de ítems para la extracción y rotación de los componentes rotados se realizó con el criterio de valor propio mayor a uno. En la Tabla 19 se concentra la media, desviación estándar, la matriz de componentes y comunalidades para la escala RMARS.

Tabla 19

*Componentes principales y comunalidad de la escala RMARS*

Ítem	M	DE	Componente			Comunalidad
			1	2	3	
A8. Pensar en el próximo examen de matemáticas un día antes	3.20	1.29	<b>.83</b>	.12	.05	.70
A9. Pensar en el próximo examen de matemáticas una hora antes	3.42	1.38	<b>.82</b>	.05	.02	.68
A4. Tomar un examen final en un curso de matemáticas	3.34	1.20	<b>.77</b>	.11	.06	.59
A15. Hacer un examen imprevisto en la clase de matemáticas	3.21	1.27	<b>.76</b>	.15	.02	.57
A3. Tomar un examen rápido en un curso de matemáticas	2.71	1.05	<b>.72</b>	.18	.14	.52
A2. Tomar un examen de la sección de matemáticas, para la entrada a la universidad	2.88	1.17	<b>.67</b>	.11	.20	.45
A7. Pensar en el próximo examen de matemáticas una semana antes	2.55	1.19	<b>.62</b>	.36	.19	.39
A12. Recibir la calificación final de matemáticas por correo	2.76	1.32	<b>.60</b>	.16	.09	.36
A6. Al ser entregada la tarea con muchos problemas difíciles que deben entregarse la siguiente clase	2.95	1.13	<b>.59</b>	.41	.13	.35
A1. Estudiar para un examen de matemáticas	2.58	1.10	<b>.58</b>	.35	.27	.33
A23. Inscribirse a un curso de matemáticas	1.95	1.02	.23	<b>.74</b>	.24	.54

(continúa)



Tabla 19

(continuación)

*Componentes principales y comunalidad de la escala RMARS*

Ítem	M	DE	Componente			Comunalidad
			1	2	3	
A24. Escuchar a otro alumno explicando la fórmula matemática	1.89	1.06	.09	<b>.67</b>	.42	.45
A11. Recoger un libro de matemáticas para iniciar una difícil tarea de lectura	2.20	1.07	.28	<b>.65</b>	.11	.43
A21. Comprar un libro de texto de matemáticas	1.66	.91	.08	<b>.62</b>	.24	.39
A22. Observar a un maestro haciendo una ecuación algebraica en el pizarrón	2.26	1.14	.23	<b>.60</b>	.39	.36
A13. Abrir un libro de matemáticas o estadística y ver una página llena de problemas	2.45	1.14	.46	<b>.60</b>	.11	.36
A25. De camino a la clase de matemáticas	1.69	1.04	.12	<b>.58</b>	.45	.33
A5. Recoger un libro de matemáticas para iniciar una tarea	1.78	1.00	.21	<b>.57</b>	.30	.33
A14. Prepararse para estudiar para el examen de matemáticas	2.42	1.13	.48	<b>.52</b>	.36	.27
A18. Recibir un conjunto de problemas de resta para resolver	1.67	.95	.09	.26	<b>.89</b>	.78
A19. Recibir un conjunto de problemas de multiplicación para resolver	1.70	.99	.09	.32	<b>.87</b>	.76
A20. Recibir un conjunto de problemas de división para resolver	1.79	1.02	.15	.24	<b>.85</b>	.72
A17. Recibir un conjunto de problemas numéricos que implica resolverlos en el papel	2.16	1.00	.37	.32	<b>.62</b>	.38
A16. Dar lectura a un recibo después de realizar la compra	1.76	1.10	.04	.41	<b>.54</b>	.29

En la Tabla 20 se exponen el autovalor para cada componente y la varianza total explicada para la escala RMARS. Como se muestra en la Tabla 19 y Tabla 20, la agrupación de componentes se hizo con el criterio de valor propio mayor que 1, con la extracción de componentes principales y con el método de rotación varimax con Kaiser, obteniéndose tres

componentes.

El primer componente está integrado por los ítems relacionados hacia los exámenes de matemáticas (42.25% de su varianza), el segundo factor está formado por los ítems que se refieren a iniciar una actividad para estudiar matemáticas (12.82% de su varianza), mientras que la tercera dimensión lo conforman ítems que implican realizar operaciones aritméticas (4.49% de la varianza). Los tres componentes explican el 59.56% del total de la varianza de la problemática en estudio.

Tabla 20

*Autovalor y varianza total explicada de la escala RMARS*

Componente	Autovalor	% de varianza	% acumulado
1	10.56	42.25	42.25
2	3.20	12.82	55.07
3	1.12	4.49	59.56

El componente 1 se denominó “ansiedad hacia los exámenes”. Los ítems que lo integran exponen que la ansiedad se presenta al pensar en un futuro examen, en la preparación para la prueba, durante el tiempo en que se responde un examen y al recibir la calificación.

El componente 2 llamado “ansiedad hacia las actividades para estudiar” se refiere a todos los aspectos que involucran a los estudiantes con el hecho de aprender matemáticas. La ansiedad en esta dimensión se presenta al inscribirse en un curso, adquirir un libro de matemáticas y utilizarlo, así como observar la resolución de un problema y estudiar.

El componente 3 nombrado “ansiedad hacia las operaciones aritméticas” representa la ansiedad cuando los estudiantes tienen que realizar restas, multiplicaciones y divisiones; es decir,

operaciones numéricas básicas. Estos ítems describen actividades cotidianas y académicas.

En cuanto a la existencia de un conjunto de variables latentes que permitan conocer la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso enseñanza aprendizaje de la matemática, se empleó el instrumento MTAS construida por Pierce et al. (2007). Previo a realizar el análisis factorial para la escala MTAS se efectuó la prueba de esfericidad de Bartlett y la medida de suficiencia muestral para verificar la pertinencia de aplicar esta técnica.

Una vez confirmado que la técnica de análisis factorial es adecuada para los datos del estudio, se inició con el cálculo de factores y componentes. El agrupamiento de las variables con la extracción y rotación de componentes se hizo con el criterio de valor propio mayor a uno. Los resultados que corresponden a la matriz de componentes y comunalidades para la escala MTAS se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21

*Componentes principales y comunalidad de la escala MTAS*

Ítem	M	DE	Componente					Comunalidad
			1	2	3	4	5	
T10. Puedo obtener buenas calificaciones en matemáticas	3.77	.88	<b>.84</b>	.05	.06	.23	.17	.71
T12. Me siento confiado en matemáticas	3.37	1.06	<b>.82</b>	.02	.01	.21	.19	.67
T9. Soy bueno para matemáticas	3.49	.95	<b>.81</b>	-.02	.04	.28	.14	.66
T11. Sé que puedo superar las dificultades en matemáticas	4.09	.78	<b>.75</b>	-.00	.08	.13	.25	.56
T19. Las matemáticas son más interesantes cuando se usan calculadoras graficadoras	3.39	1.01	.03	<b>.87</b>	.09	.01	.03	.75
T20. Las calculadoras graficadoras me ayudan a aprender mejor las matemáticas	3.44	1.07	.03	<b>.86</b>	.07	-.01	.03	.74

(continúa)

Tabla 21

(continuación)

*Componentes principales y comunalidad de la escala MTAS*

Ítem	M	DE	Componente					Comunalidad
			1	2	3	4	5	
T18. El esfuerzo adicional para usar una calculadora graficadora en matemáticas vale la pena	3.64	.95	-.02	<b>.85</b>	.00	.06	.12	.73
T17. Me gusta usar calculadoras graficadoras para matemáticas	3.49	1.05	.04	<b>.80</b>	.07	.10	.18	.63
T5. Soy bueno usando las computadoras	4.01	.85	.08	.06	<b>.84</b>	.01	.01	.70
T7. Puedo arreglar muchos de los problemas de la computadora	3.37	1.07	-.02	.08	<b>.80</b>	.80	.06	.64
T8. Puedo usar cualquier programa de la computadora que sea necesario para la escuela	3.79	.97	.02	.03	<b>.79</b>	.04	.11	.62
T6. Soy bueno usando dispositivos como DVD, MP3 y celulares	4.31	.75	.05	.04	<b>.78</b>	-.03	-.00	.61
T4. Si no puedo resolver un problema, sigo intentando con diferentes ideas	4.09	.99	.23	.07	.06	<b>.72</b>	.05	.52
T3. Si me equivoco, busco corregir mis errores	4.35	.84	.19	.06	.05	<b>.70</b>	.19	.49
T2. Trato de responder a las preguntas que hace el profesor	3.37	1.21	.10	.02	.01	<b>.69</b>	.13	.48
T1. Me concentro mucho en matemáticas	3.92	1.00	.24	-.00	-.05	<b>.66</b>	.21	.44
T16. Me siento satisfecho cuando resuelvo problemas en matemáticas	4.39	.85	.02	.03	.13	.16	<b>.69</b>	.48
T15. Aprender matemáticas es agradable	3.89	.97	.42	.17	-.05	.15	<b>.68</b>	.46
T13. Estoy interesado en aprender nuevas cosas en matemáticas	4.19	.84	.25	.10	.09	.16	<b>.65</b>	.43
T14. En matemáticas obtienes recompensas por tu esfuerzo	3.64	1.17	.25	.14	.00	.15	<b>.63</b>	.40

En la Tabla 22 se concentran los valores propios (autovalor) de los cinco componentes, el porcentaje de varianza de cada factor, el porcentaje acumulado, así como la varianza total explicada para la escala MTAS. En la Tabla 21 y Tabla 22 se presenta la agrupación de

componentes que se obtuvo con el criterio de valor propio mayor que uno a través de la extracción de componentes principales y con el método de rotación varimax con Kaiser, donde se formaron cinco dimensiones.

El primer componente está formado por los ítems que describen la confianza en matemáticas (26.66% de su varianza), el segundo factor se refiere a los ítems que describen la actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología (14.82% de su varianza), mientras que la tercera dimensión está integrada por ítems acerca de la confianza con la tecnología (11.96% de la varianza).

En el componente cuatro están los ítems sobre el compromiso de comportamiento (6.18% de la varianza) y el factor cinco reúne ítems que manifiestan el compromiso afectivo (5.30% de la varianza). Los cinco componentes explican el 64.93% del total de la varianza del fenómeno bajo estudio.

Tabla 22

*Autovalor y varianza total explicada de la escala MTAS*

Componente	Autovalor	% de varianza	% acumulado
1	5.33	26.66	26.66
2	2.96	14.82	41.48
3	2.39	11.96	53.44
4	1.24	6.18	59.63
5	1.06	5.30	64.93

El componente 1 se denominó “confianza en matemáticas”. Los ítems que lo integran expresan afirmaciones positivas en cuanto a las calificaciones, en sentirse confiado y capaz de superar dificultades en matemáticas.

El componente 2 llamado “actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología” se refiere a las actividades donde el alumno hace uso de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas. La actitud en esta dimensión se plantea con afirmaciones que indican lo beneficioso que es utilizar las calculadoras graficadoras para las matemáticas.

El componente 3 nombrado “confianza con la tecnología” representa la confianza de los estudiantes cuando utilizan tecnología. Los ítems describen el uso de la computadora y de otros dispositivos electrónicos como los celulares.

El componente 4 designado como “compromiso de comportamiento” agrupa los ítems sobre el compromiso y disposición de los estudiantes para el aprendizaje de las matemáticas. Los ítems describen acciones de perseverancia para resolver un problema de matemáticas, participar en clase y concentrarse durante el estudio.

El componente 5 etiquetado “compromiso afectivo” comprende variables que expresan sentimientos positivos durante el aprendizaje de las matemáticas. Los ítems mencionan satisfacción al resolver problemas matemáticos, interés por aprender conceptos nuevos y el sentirse recompensado por el esfuerzo.

## **Fase 2**

En esta fase se inicia con el diseño instruccional de acuerdo al modelo ADDIE. Este modelo comprende cinco etapas: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. La etapa de análisis está integrada por seis aspectos: características de los alumnos, objetivo de aprendizaje, recursos y medios con los que se cuenta en la institución, periodo de puesta en práctica, principales limitantes para la aplicación del diseño y las actividades previas (ver Tabla 23).

Tabla 23

*Etapas de análisis del ADDIE*

Aspectos	Descripción
Características de los alumnos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiantes inscritos en Cálculo I para ingeniería del Instituto Tecnológico de Sonora.</li> <li>• Edad promedio de 20 años, 85% son varones, 91% son solteros y el 94% no tiene hijos. El 50% trabaja y de ellos, el 45% labora de 21 a 40 horas por semana, el 12% de 10 a 20 horas y el 43% menos de 10 horas. El 60% vive en casa de sus padres, el 28% en departamento alquilado y el resto en casa de familiares, amigos o casa propia. El 76% recibe recursos económicos de sus padres para pagar una parte o el total de los estudios. El 68% tiene recursos económicos suficientes para sus estudios, el 25% indica que son insuficientes y para el 7% son excelentes. El 84% proviene de un bachillerato público. El 43% son residentes de Cd. Obregón, el 49% de poblaciones del mismo estado y el resto proviene de entidades colindantes.</li> <li>• En cuanto a la escolaridad de los padres, se tiene que el 21% de los padres tienen la secundaria terminada, el 10% bachillerato incompleto, el 17% el bachillerato completo, el 6% estudios técnicos y el 16% la licenciatura completa. El 17% de las madres tienen la secundaria terminada, el 13% bachillerato incompleto, el 16% el bachillerato completo, el 11% estudios técnicos y el 11% la licenciatura completa. El porcentaje restante comprende estudios de primaria hasta posgrado, cada uno con aportación inferior al 10%</li> </ul> <p>Fase 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los factores que causan ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas en los alumnos. Aplicar la escala “Revised Mathematics Anxiety Rating Scale” (RMARS) desarrollado por Alexander y Martray (1989).</li> <li>• Identificar la actitud de los estudiantes hacia el uso de la tecnología para la enseñanza de las matemáticas. Aplicar la escala “Mathematics and Technology Attitudes Scale” (MTAS) construida por Pierce et al. (2007).</li> </ul>
Objetivo de aprendizaje	Ecuaciones lineales
Recursos y medios con que se cuenta en la institución	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aulas con equipo de cómputo e internet para cada alumno.</li> <li>• Proyector</li> </ul>
Periodo de puesta en práctica	Primeras dos semanas de clases del semestre agosto-diciembre de 2016
Principales limitantes para la aplicación del diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se desarrollarán solamente dos temas de la asignatura Cálculo I.</li> <li>• Aplicación en un grupo intacto</li> </ul>
Actividades previas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar el grupo experimental</li> <li>• Seleccionar al grupo control</li> </ul>

La etapa de diseño en el modelo ADDIE incluye cinco aspectos: tipo de ambiente de aprendizaje, objetivos instruccionales, estrategias pedagógicas, desglose de temas y diseño del contenido del curso conteniendo las TIC. En la Tabla 24 se exponen los elementos de esta etapa.

Tabla 24

*Etapa de diseño del ADDIE*

Aspectos	Descripción
Tipo de ambiente de aprendizaje	Ambiente virtual de aprendizaje por medio de una página web y recursos tecnológicos
Objetivos instruccionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivo general: Solucionar problemas relacionados con procesos y sucesos en fenómenos naturales o producidos por el ser humano, a través de la aplicación de principios, leyes y modelos de las ciencias básicas –formales y experimentales-, con el propósito de desarrollar la capacidad de resolver problemas en ingeniería.</li> <li>• Objetivo específico tema I: Construir el modelo lineal y sus diferentes representaciones: algebraica, geométrica y numérica.</li> <li>• Objetivo específico tema II: Obtener el valor aproximado del cambio acumulado de forma manual y con recursos tecnológicos.</li> </ul>
Estrategias pedagógicas	<p>Estructura del AVA de acuerdo a lo señalado por Cabero et al. (2014)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción al tema y objetivo</li> <li>• Descripción de la interacción con el aula virtual</li> <li>• Lecciones en video</li> <li>• Actividades interactivas “autoevaluaciones”</li> <li>• Resumen</li> <li>• Mapa conceptual</li> <li>• Tareas</li> <li>• Evaluación</li> <li>• Bibliografía</li> <li>• Para saber más</li> </ul>

(continúa)



Tabla 24

(continuación)

*Etapas de diseño del ADDIE*

Aspectos	Descripción
Desglose de los temas	<p>Propuesta didáctica de acuerdo a Salinas et al. (2012)</p> <p>Tema I</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir la ecuación lineal de forma algebraica a partir de una representación numérica (tabular), en un contexto de velocidad.</li> <li>• Construir la ecuación lineal de forma algebraica a partir de una representación numérica (verbal), en un contexto de temperatura.</li> <li>• Construir la ecuación lineal de forma algebraica a partir de una representación numérica (verbal), en un contexto de altura.</li> <li>• Formalización matemática del modelo lineal retomando las representaciones numéricas, algebraicas y haciendo el enlace con la representación geométrica.</li> </ul> <p>Tema II</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener el valor aproximado del cambio acumulado de forma manual en un contexto de velocidad.</li> <li>• Obtener el valor aproximado del cambio acumulado con un recurso tecnológico en un contexto de velocidad.</li> <li>• Obtener el valor aproximado del cambio acumulado con un recurso tecnológico en un contexto de volumen.</li> </ul>
Diseño del contenido del curso considerando las TIC	Plan de clase

El diseño del contenido del curso que toma en cuenta las TIC se hace a través del plan de clase. Éste incluye los objetivos específicos, las actividades e indicadores de logro, el método, técnicas e instrumentos, estrategias de interacción, recursos y fecha de aplicación.

En la Tabla 25 se tiene el plan de clase que se realizó para este estudio. El modelo lineal o ecuaciones lineales se abordaron a través de dos temas, según la propuesta de Salinas et al. (2012). Para el primer tema se asignaron cuatro horas, mientras que en el segundo se tuvieron tres horas, sin embargo, cada estudiante del grupo experimental avanzaba según su criterio.

Tabla 25

*Plan de clase*

Objetivos específicos	Actividades e indicadores de logro	Método	Técnicas e instrumentos	Estrategias de interacción	Recursos	Fecha de aplicación
Construir el modelo lineal y sus diferentes representaciones: algebraica, geométrica y numérica.	Identifica los elementos de una ecuación lineal en sus diferentes representaciones.	Descubrimiento	Alumnos: uno a uno	Navegación libre	Alumnos y docente: Computadora	Primeras 4 horas de clase (una hora diaria)
			Técnica del docente: instrucción programada	Clase interactiva	AVA Materiales digitales	
	Obtiene el valor de una variable a partir de la ecuación lineal	Predicción		Método discursivo	Objetos de aprendizaje	
Obtener el valor aproximado del cambio acumulado de forma manual y con recursos tecnológicos.	Obtiene el valor aproximado del cambio acumulado de forma manual.	Descubrimiento Predicción		Método exploratorio		3 horas de clase (una hora diaria)
	Obtiene el valor aproximado del cambio acumulado con recursos tecnológicos.					

La etapa de desarrollo está compuesta por cuatro secciones según el modelo ADDIE. Los aspectos que se deben cumplir son: crear el ambiente de aprendizaje, definir interacciones en el AVA, tipo de formato de los recursos y definir medios de comunicación (ver Tabla 26).

Tabla 26

*Etapa de desarrollo del ADDIE*

Aspectos	Descripción
Crear el ambiente de aprendizaje	En una página web se construyó un aula virtual que contiene: lecciones, actividades interactivas, tareas y autoevaluación.

(continúa)

Tabla 26

(continuación)

*Etapas de desarrollo del ADDIE*

Aspectos	Descripción
Definir interacciones en el AVA	Interacción con el contenido: audio, video, animaciones
Tipo de formato de los recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentos: html, doc, pdf, xls</li> <li>• Presentaciones: swf</li> <li>• Videos: wmv</li> <li>• Audio: wmv</li> <li>• Actividades interactivas: ggb, swf</li> <li>• Tareas y evaluación: Easy Quiz y Google Drive</li> </ul>
Definir medios de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensajes dentro del AVA</li> <li>• Correo electrónico</li> <li>• Pizarrón de avisos</li> </ul>

La etapa de implementación comprende tres aspectos a realizar: duplicar y distribuir materiales, implementar el curso, resolver problemas técnicos y definir planes alternos. La Tabla 27 presenta las acciones llevadas a cabo en cada señalamiento.

Tabla 27

*Etapas de implementación del ADDIE*

Aspectos	Descripción
Duplicar y distribuir materiales	El AVA es un recurso digital al que se ingresa por medio de internet, de ésta forma se hace la duplicación y distribución de materiales.
Implementar el curso	Se implementó el curso en un grupo de 68 estudiantes, divididos en dos horarios (11:00 y 12:00), debido a la capacidad del aula de cómputo.
Resolver problemas técnicos y definir planes alternos	Problemas técnicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se presentaron durante la implementación.</li> <li>• Se cuenta con personal técnico de apoyo.</li> </ul>

(continúa)

Tabla 27

(continuación)

*Etapas de implementación del ADDIE*

Aspectos	Descripción
	Planes alternos:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar otra aula de cómputo.</li> <li>• Ingresar al AVA a través de otros dispositivos: teléfonos inteligentes, tabletas o computadoras portátiles.</li> <li>• Ingresar al AVA a través de las computadoras personales en el hogar de cada alumno.</li> </ul>

La etapa de evaluación del ADDIE está integrada por dos elementos, la evaluación de los alumnos y la del curso en general. En la Tabla 28 se exponen los mecanismos que se emplearon para cumplir con lo solicitado en esta etapa.

Tabla 28

*Etapas de evaluación del ADDIE*

Aspectos	Descripción
Evaluación de los estudiantes	Examen de conocimientos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento académico</li> <li>• Índice de reprobación</li> <li>• Conocimiento con comprensión</li> </ul> Actitud de los estudiantes hacia las matemáticas y el aprendizaje a través de las computadoras. Aplicar la escala desarrollada por Galbraith y Haines (1998).
Evaluación del curso en general	Encuesta de opinión para valorar el AVA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de instrucción</li> <li>• Construcción del AVA</li> </ul>

Una vez que se tuvo el diseño instruccional, se procedió a desarrollar e implementar el AVA en un grupo de estudiantes. Antes de iniciar la propuesta didáctica, se aplicó un examen de conocimientos como pretest en el grupo experimental y en un grupo control, el cual tuvo una

enseñanza tradicional. Al finalizar la propuesta didáctica, se administró de nuevo el examen de conocimientos en ambos grupos, como posttest, para evaluar el rendimiento académico y los índices de reprobación.

Además, con el posttest del grupo experimental se determinó el nivel de comprensión de los conceptos matemáticos que se estudiaron en el AVA. También, al terminar la propuesta didáctica, los estudiantes valoraron el AVA a través de una encuesta de opinión y con el instrumento de Galbraith y Haines (1998), se estableció la actitud de los alumnos hacia las matemáticas y el uso de las computadoras durante su aprendizaje.

En esta fase se inicia con el desarrollo del ambiente virtual considerando los resultados de la fase 1, en cuanto a disminuir los factores que causan ansiedad en los alumnos al estudiar matemáticas, así como la actitud ante la tecnología. Para la construcción del AVA se llevaron a cabo las etapas de diseño y desarrollo que especifica el modelo instruccional ADDIE.

En la etapa de diseño se define el tipo de ambiente de aprendizaje. En este estudio el ambiente es virtual. La propuesta didáctica incluye recursos digitales que se desarrollan con software gratuito disponible en internet. Además, el contenido presenta problemas de situaciones de la vida diaria.

A su vez, en la etapa de desarrollo se indicó crear el ambiente de aprendizaje. Para ello, se utilizó la plataforma Wix, la cual sirve para la creación de sitios Web gratis. Es fácil de utilizar ya que no requiere conocimientos técnicos y es compatible con los motores de búsqueda. El sitio permite el uso de platillas como apoyo en el diseño, pero en la construcción de este ambiente virtual no se utilizaron, por lo que el diseño del ambiente fue creado por el autor.

El ambiente contiene apartados donde se le proporciona información al estudiante y actividades con las cuales pueden interactuar y recibir retroalimentación inmediata. La estructura de la página Web está integrada por una introducción general, mapa de actividades, introducción del tema y objetivo, lecciones de aprendizaje y autoevaluaciones para cada lección.

También, se presenta un resumen del tema, mapa conceptual, bibliografía básica y de consulta. Además, se adiciona una sección denominada “para saber más” donde se sugieren videos de YouTube con aportaciones sobre la temática en estudio.

Las tareas y evaluaciones de los temas también se contemplan en secciones diferentes. Igualmente se dispuso de un apartado para comunicación entre el estudiante y el docente, por medio de mensajes y avisos.

Las interacciones en el AVA se definieron de acuerdo a lo señalado en la etapa de desarrollo del diseño instruccional. La plataforma permite desplazarse por los contenidos por medio de un menú horizontal que se ubica en la parte superior del ambiente. Igualmente, se tienen botones que proporcionan las opciones recomendadas al alumno.

Asimismo, se creó un mapa de actividades para facilitar el desplazamiento en el AVA (ver figura 14). El mapa de actividades está compuesto por las secciones principales que integran el ambiente. Estas secciones permiten al usuario trasladarse al sitio de interés al accionar el botón izquierdo del ratón sobre el texto que lo describe.

El menú horizontal es otra alternativa para trasladarse a una sección diferente. Este menú está disponible en los diferentes apartados del AVA y permite desplazarse entre las áreas. Al colocar el cursor del ratón sobre el menú horizontal, se despliega el listado de secciones que lo

integran y para ingresar a una de ellas se requiere accionar el botón izquierdo del ratón sobre un apartado.



*Figura 14.* Mapa de actividades.

Fuente: Elaboración propia

En la etapa de diseño del modelo instruccional se describe el objetivo general y los objetivos específicos. De igual forma, como parte de la estrategia pedagógica expresada en el diseño, en la página de inicio del AVA se hace una introducción sobre la asignatura y se presenta el objetivo general. También, los objetivos específicos se declaran en la introducción de cada tema.

En el desarrollo de este apartado, se definieron las interacciones con el aula y el tipo de recursos. En la página de inicio que presenta el tema en estudio y la competencia a la que contribuye el curso, la información se expuso a través de un texto y de un avatar que por medio de la voz y gestos comunica el mensaje (ver figura 15).

En la página de inicio también se hace mención del libro en el cual se basan los temas desarrollados, que corresponde al texto guía para los alumnos y docentes en las clases presenciales de Cálculo I. El ícono de una “casa” se colocó en todas las páginas y lleva al estudiante a un mapa de actividades.



Figura 15. Página de inicio del ambiente virtual de aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia

En cada tema se inicia con un espacio donde se describen los conceptos a abordar y el objetivo específico. De igual forma se dan indicaciones y recomendaciones al estudiante para que conozca cómo está integrado el ambiente virtual y se le motiva a emplear las herramientas de comunicación ante cualquier duda.

En la figura 16 se muestra la introducción al tema I “Estudio del cambio uniforme”, donde se puede visualizar el botón “Lección 1” y el ícono de una “casa”. También se puede visualizar con otro color en el menú horizontal la sección donde se encuentra el usuario; es decir, la pantalla desplegada.



En la etapa de diseño se especifican los temas que se van a desarrollar en el AVA. En esta propuesta didáctica, el modelo lineal está integrado por dos temas. El primero se refiere al estudio del cambio uniforme y el tema II es sobre el cálculo del valor aproximado del cambio acumulado. El contenido se aborda por medio de problemas que reflejan situaciones de la vida diaria.



Figura 16. Introducción al tema I: Estudio del cambio uniforme.

Fuente: Elaboración propia

El estudio del cambio uniforme se analiza por medio de cuatro lecciones. Las tres primeras lecciones son situaciones problema y la cuarta lección es el contexto formal. La lección 1 es sobre un automóvil que transita por una carretera recta a una velocidad constante.

En la segunda lección del tema I se estudia el cambio de temperatura constante de una olla con agua sobre una parrilla. El cambio de temperatura conforme a la altitud en una montaña se ve en la lección 3. La integración de las tres lecciones se realiza en la última lección donde se hace la formalización del concepto de función lineal.

El cálculo del valor aproximado del cambio acumulado está compuesto por tres lecciones. En la primera lección se retoma el problema donde el automóvil se desplaza por una carretera recta pero ahora la velocidad ya no es constante, está determinada por una función no lineal.

En la lección 2 del tema II se desarrolla el mismo problema anterior, pero con el uso de un recurso tecnológico (hoja de cálculo), lo que facilita realizar operaciones y tener la posibilidad de analizar la problemática con incrementos menores. La tercera lección es sobre un tanque circular que se está llenando de agua con una razón de cambio no lineal.

En la etapa de desarrollo, las lecciones se elaboraron en Power Point con imágenes, texto, animaciones y audio. El texto y la voz van narrando y explicando paso a paso el problema planteado con sus diferentes interrogantes. Posteriormente se grabó el archivo como video de windows media (\*.wmv) y se publicó en YouTube. Una vez agregado el video en la plataforma YouTube se procedió a incrustarlo dentro del ambiente virtual. Las lecciones en video se despliegan dentro de la misma página Web, es decir, no se abre una nueva pestaña.

En cada lección, antes de iniciar con el video, se proporciona al estudiante un estimado del tiempo que le llevaría estudiarla y realizar la autoevaluación de la misma. La cantidad de tiempo que se indica considera que el estudiante puede detener los videos de las lecciones y regresarse a ver algún punto en específico (ver figura 17).

En la figura 17 se muestra la pantalla de la lección 1 del tema I que aborda el problema de un automóvil que se desplaza por una carretera recta a una velocidad constante. Al igual que en las lecciones, en las autoevaluaciones, el usuario puede regresarse y repetir el ejercicio según considere necesario para obtener la comprensión del concepto.



*Figura 17.* Lección 1 del tema I. Un automóvil transita por una carretera recta a una velocidad constante.

Fuente: Elaboración propia

Otra de las estrategias pedagógicas, son las actividades interactivas, llamadas “autoevaluaciones”. Estas se diseñaron para cada lección y es donde el alumno puede practicar lo estudiado. Debido a la diferencia de los temas I y II, se desarrollaron las actividades de autoevaluación con distinto software.

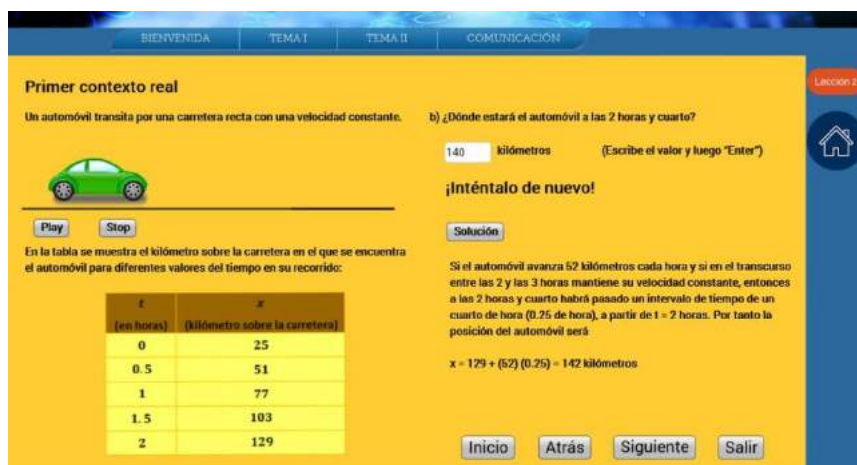
En todas las autoevaluaciones el estudiante interactúa con la aplicación y recibe un resultado inmediato. El usuario puede evaluar su respuesta e intentarlo de nuevo o solicitar una explicación con el cálculo correcto en su caso.

En el tema I las autoevaluaciones se construyeron con el software matemático GeoGebra, el cual tiene la característica de ser dinámico y de código abierto. Las actividades se integraron con texto, imágenes, casillas de captura y botones para ejecutar acciones.

La interactividad con la aplicación y la retroalimentación inmediata se realizó empleando

las capas en las que se ubican los objetos. El avance y retroceso dentro de la actividad se logró por medio de botones.

En la figura 18 se expone la autoevaluación del primer contexto real. En esta pantalla se aprecia el planteamiento del problema y la pregunta del inciso b, donde el alumno responde capturando el valor estimado en una casilla. Al ingresar el valor y presionar la tecla “Enter”, se genera el mensaje “¡Inténtalo de nuevo!” en caso de estar incorrecto y “¡Es correcto!” si es acertado.



**Primer contexto real**

Un automóvil transita por una carretera recta con una velocidad constante.

b) ¿Dónde estará el automóvil a las 2 horas y cuarto?

140 kilómetros (Escribe el valor y luego "Enter")

¡Inténtalo de nuevo!

**Solución**

Si el automóvil avanza 52 kilómetros cada hora y si en el transcurso entre las 2 y las 3 horas mantiene su velocidad constante, entonces a las 2 horas y cuarto habrá pasado un intervalo de tiempo de un cuarto de hora (0.25 de hora), a partir de 1 = 2 horas. Por tanto la posición del automóvil será

$$x = 129 + (52)(0.25) = 142 \text{ kilómetros}$$

t (en horas)	x (kilómetro sobre la carretera)
0	25
0.5	51
1	77
1.5	103
2	129

Botones: Inicio, Atrás, Siguiente, Salir

Figura 18. Autoevaluación primer contexto real del tema I.

Fuente: Elaboración propia

También se tiene el botón “Solución” que, al momento de accionar por medio del ratón, se muestra la respuesta a la pregunta. El desplegado que expone el botón “Solución” incluye una explicación detallada y las operaciones necesarias para obtener el valor buscado.

Al finalizar la autoevaluación se le solicita al estudiante continuar con la siguiente lección, en este caso sería la lección 2, por ello se aprecia el botón que liga a esa lección. Sin embargo, el alumno puede elegir el icono de la “casa” para ir al mapa de actividades y

desplazarse a través de él o por medio del menú horizontal.

En la autoevaluación para la cuarta lección del tema I que corresponde al contexto formal se agregó la interacción con la vista gráfica. La representación gráfica del modelo lineal para cada uno de los contextos reales permite al estudiante manipular los parámetros.

El alumno puede desplazarse a través de la línea recta y observar las coordenadas de cada punto, así como la razón de cambio constante. Al finalizar la actividad el usuario construye una función lineal mostrándose de forma simultánea su representación gráfica, la ordenada al origen y la pendiente de la recta (ver figura 19).

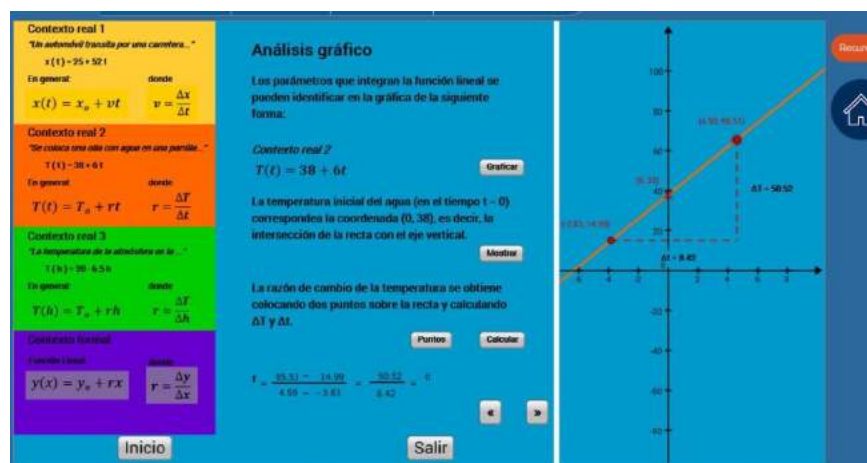


Figura 19. Autoevaluación contexto formal del tema I.

Fuente: Elaboración propia

La programación empleada para las casillas de entrada y los botones es el guion script de GeoGebra. Las actividades de autoevaluación se grabaron como archivos de GeoGebra (\*.ggb) y después se compartieron en GeoGebra Tube con la opción de recurso privado. Esto permite que se genere el código para incrustar la actividad dentro del ambiente virtual. Las autoevaluaciones se despliegan dentro de la misma página Web sin abrir una nueva pestaña en el navegador.

Las autoevaluaciones del tema II, sobre el cálculo del valor aproximado del cambio acumulado, se desarrollaron con el software Active Presenter cuya finalidad es crear tutoriales. Este software permite la grabación de movimientos en pantalla, facilita la edición y selección de secuencias que explicarán con detalle los puntos de interés. A su vez se puede agregar audio en cada lámina por separado para explicar lo visto en pantalla.

En esta aplicación también se pueden crear evaluaciones con casillas de entrada, selección de respuesta en opción múltiple, entre otras. La retroalimentación es inmediata y se puede estructurar con imágenes, cálculos matemáticos, además del texto. El desplazamiento entre láminas o secuencias se puede hacer por tiempo o con botones que se programan para ejecutar una acción determinada. En los apartados de evaluación se puede establecer que el estudiante conteste la pregunta antes de poder avanzar a la siguiente sección, y para ello se muestra un letrero que le indica ésta acción.

Las autoevaluaciones construidas con este software se guardan como archivos de Active Presenter (\*.approj) y una vez concluida la edición se genera el archivo en Flash (\*.swf). La página Wix permite insertar los archivos Flash y ejecutarse en la misma pestaña. Las actividades en formato Flash se pueden detener, avanzar y retroceder al igual que un video.

En la autoevaluación de la lección 1 se utilizó el apartado de evaluación para presentar el problema y plantear las preguntas que el alumno debe responder (ver figura 20). Se emplearon casillas de entrada y preguntas con opción múltiple.

En el caso de casillas múltiples, el estudiante debe llenarlas todas para que se considere evaluar los valores. Si un dato no es correcto, se indicará que la tabla es incorrecta.

El botón “Calificar” evalúa la opción seleccionada o los valores capturados.

Posteriormente se muestra con un desplegado manifestando si la respuesta es correcta o no. En caso de no ser acertada, se despliega la explicación detallada con la expresión pertinente.

En las autoevaluaciones dos y tres del tema II se muestra al estudiante como emplear un recurso tecnológico como herramienta para resolver la actividad. El uso de la hoja de cálculo de Excel se expone para realizar las aproximaciones que se solicitan en los problemas. El número elevado de operaciones aritméticas se facilita con este software.

**Cálculo I**

BIENVENIDA TEMA I TEMA II COMUNICACIÓN

**b) Completa la siguiente tabla aproximando los valores a 3 decimales exactos,  $v(t) = \sqrt{400 - 25t^2}$  metros/segundo**

t tiempo (segundos) v velocidad (metros/segundo)

0	3
1	4
2	5
3	6
4	7

La respuesta no es correcta!

**Respuesta correcta:**  
Evaluamos la función para cada valor de t y aproximamos a 3 decimales para construir la tabla.  
 $v(t) = \sqrt{400 - 25t^2}$

t tiempo (segundos)	v velocidad (metros/segundo)
0	20
1	19.365
2	17.321
3	13.229
4	0

Calificar Siguiente

Lección 2

Figura 20. Autoevaluación lección 1 del tema II.

Fuente: Elaboración propia

En estas actividades de autoevaluación se utilizó la opción de tutorial y de evaluación del Active Presenter. En el apartado de tutorial se visualizan las acciones a llevar a cabo en la hoja de cálculo con los movimientos del ratón, la captura de fórmulas y, el copiado y pegado de celdas.

La sección de autoevaluación se construyó de forma similar a la correspondiente a la lección 1 del tema II, con casillas de entrada y preguntas con opción múltiple. Retroalimentación inmediata al accionar el botón “Calificar”. En la figura 21 se muestra una pantalla de la secuencia en Excel para la autoevaluación de la lección 2 del tema II.

Cabe destacar que al final de la autoevaluación se invita al estudiante a seguir con la lección del segundo contexto, por ello se aprecia el botón para continuar con ese apartado. También se tiene la opción del botón de la “casa” para ir al mapa de actividades.

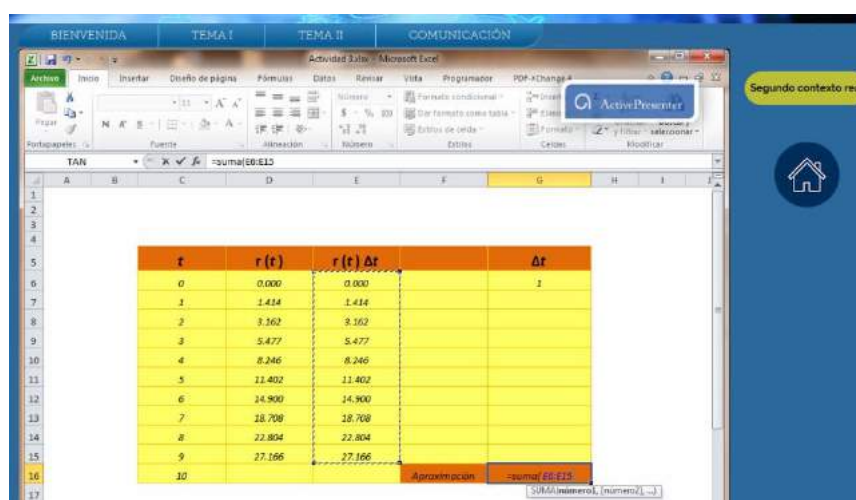


Figura 21. Autoevaluación lección 2 del tema II.

Fuente: Elaboración propia

El menú horizontal siempre está visible para facilitar la navegación dentro del ambiente virtual. Al finalizar la última autoevaluación de cada tema se sugiere ir a la sección “Resumen” y para ello se solicita accionar con el ratón el botón que describe este apartado.

En el resumen, estrategia pedagógica señalada en el diseño instruccional, se presenta una sinopsis del tema correspondiente, resaltando los conceptos claves que se estudiaron. De igual



forma, dentro del resumen se recomienda revisar el mapa conceptual, las secciones de bibliografía y para saber más, antes de iniciar con la tarea.

En la sección “Resumen” también se pueden visualizar los botones para desplazarse a las páginas sugeridas. Además, se tiene la opción del icono de la “casa” el cual lleva al mapa de actividades y el menú horizontal. En la figura 22 se expone el resumen del tema II.

En la sección de bibliografía se enlista la bibliografía básica y la de consulta que forman parte del programa analítico de la asignatura Cálculo I. Los libros indicados son los que tienen a su alcance los estudiantes dentro de la biblioteca de la universidad.

**Cálculo I**

BIENVENIDA | TEMA I | TEMA II | COMUNICACIÓN

### Resumen

En este tema se estudió la problemática de predecir el valor de una magnitud que está cambiando con respecto a otra cuando se conoce su razón de cambio.

La razón de cambio no constante implica que está cambiando cada instante, por ello se desarrolló un procedimiento para obtener un valor aproximado del cambio acumulado.

El método consiste en dividir en subintervalos y considerar para cada uno de ellos la razón de cambio constante. Entre mayor número de subintervalos se tengan, la razón de cambio del subintervalo tendrá menos diferencia con el valor real y por tanto se logra una mejor aproximación del valor del cambio acumulado.

El uso de un recurso tecnológico como la hoja de cálculo facilita las operaciones para poder aumentar el número de subintervalos y obtener una mejor aproximación en los problemas que implican razón de cambio no constante.

$t$	$V(t)$	$V(t) \Delta t$	$\Delta t$
0	20.000	20.000	0.5
0.5	19.843	9.921	
1	19.365	9.682	
1.5	18.549	9.270	
2	17.321	8.660	
2.5	15.622	7.810	
3	13.229	6.614	
3.5	9.682	4.841	
4	0.000	0.000	Aproximación: 98.794

Se te recomienda explorar el mapa conceptual, la bibliografía, el apartado de consulta y posteriormente continuar con la tarea del Tema II.

Mapa conceptual | Bibliografía | Para saber más | Tarea |

Figura 22. Resumen del tema II.

Fuente: Elaboración propia

En el apartado “Para saber más” se presentan ligas a videos de YouTube que se seleccionaron por aportar información relevante sobre el tema. La revisión de estos videos por parte del estudiante permitirá que se involucren en otros problemas de contexto, la formalización

matemática y ampliar los conocimientos sobre el uso del recurso tecnológico del tema II.

El mapa conceptual presenta los conceptos clave del tema en estudio. Este mapa se muestra al ingresar por medio de un botón dentro del resumen o por medio del mapa de actividades. En la figura 23 se expone el mapa conceptual del tema I. La finalidad del mapa conceptual es integrar de forma visual los objetos matemáticos que se estudiaron en el tema.

En cada tema se elaboró una asignación con problemas similares a los estudiados en las lecciones. En el apartado, denominado “Tarea”, se describe el procedimiento a seguir para resolver los problemas y entregar las respuestas.

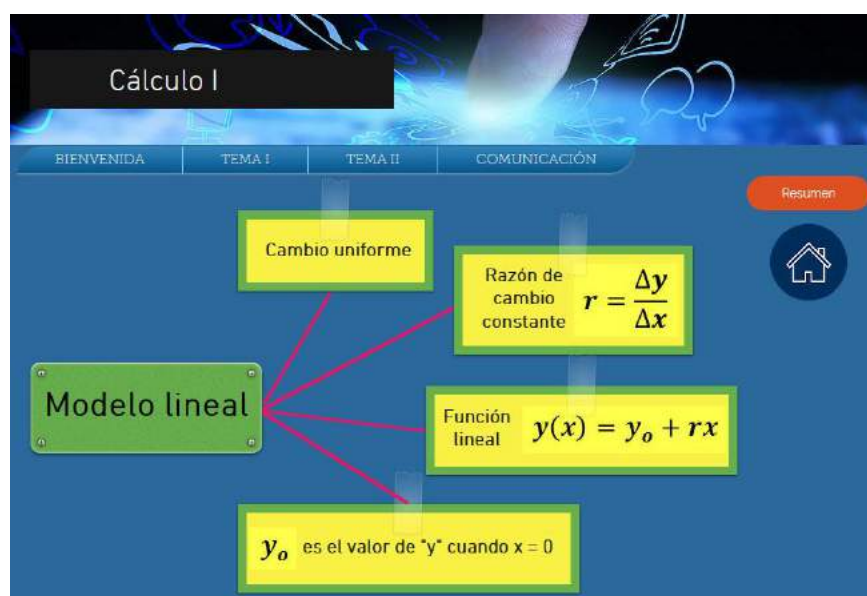


Figura 23. Mapa conceptual del tema I.

Fuente: Elaboración propia

En la sección tareas (ver figura 24) se adjuntó un archivo en PDF con el listado de problemas a solucionar. Este archivo se aconseja descargar y hacer los cálculos necesarios en cuaderno.

Posteriormente, cuando ya se tengan los problemas terminados, se acciona el ícono de “lápiz”, en este mismo apartado, para entregar la tarea. También se puede observar en esta sección el botón que liga a la evaluación del tema.

La entrega de las tareas se diseñó tratando de facilitar el procedimiento para los estudiantes y además buscando una revisión y retroalimentación inmediata. La herramienta que se utilizó fue el formulario de Google enlazado con una hoja electrónica en Google Drive. También se requirió instalar un complemento llamado Easy Quiz para enviar de forma automática la calificación y retroalimentación a cada uno de los alumnos.



Figura 24. Sección Tarea del tema I.

Fuente: Elaboración propia

Al accionar el icono de “lápiz” para entregar la tarea, se abre otra pestaña donde se solicitan datos de identificación al estudiante, como son: correo electrónico, matrícula escolar (ID), apellido paterno, apellido materno y nombre. El correo electrónico que el alumno registre será donde reciba la calificación y explicación detallada de cada uno de los incisos que integran

los problemas de la tarea.

Después de los datos de identificación se enlistan las situaciones problema con las preguntas y cuatro opciones de respuesta. El alumno deberá seleccionar para cada cuestionamiento la solución que determinó previamente en sus operaciones. Al finalizar la captura de las respuestas, se acciona el botón “Enviar”. De forma automática llegará al correo registrado por el usuario, tanto la calificación obtenida como la retroalimentación para todas las preguntas, incluyendo las que se resolvieron de forma correcta. El estudiante solo puede enviar la tarea una sola vez. Los datos de identificación, así como las soluciones capturadas por cada alumno quedarán guardados en la hoja electrónica en Google Drive.

La evaluación se desarrolló de forma similar a la sección tarea. En la figura 25 se muestra la sección de la evaluación para el tema I.



*Figura 25.* Evaluación del tema I.

Fuente: Elaboración propia

La única diferencia es que en la sección de evaluación no se tiene la opción de ver previamente los problemas a resolver, es decir, no se proporciona un archivo con el listado de problemas para descargar. En el apartado de evaluación se describe el procedimiento a seguir y se presenta el icono de “lápiz” para empezar la evaluación.

Al igual que para las tareas, la evaluación se diseñó para calificarse de forma automática y entregar en el correo electrónico del estudiante la retroalimentación para todos los problemas. Es por ello que se empleó el formulario de Google en conjunto con una hoja electrónica de Google Drive y el complemento Easy Quiz para administrar el envío de calificaciones y retroalimentaciones.

En la figura 25, también se puede observar el botón para iniciar con el tema II. De igual forma se tiene la opción de ir al mapa de actividades al activar el icono de la “casa”.

En la etapa de desarrollo del diseño instruccional especifica definir los medios de comunicación. Para ello, se creó una sección para realizar la comunicación de forma asincrónica entre docente y estudiantes. En el apartado denominado “Contacto”, el alumno puede enviar mensajes al profesor sobre dudas del tema, de la página o problemas técnicos. Los mensajes que envíen los estudiantes llegan al correo electrónico del docente y es a través del mismo medio que puede dar respuesta a las inquietudes de los alumnos.

De igual forma se proporciona la dirección de correo electrónico del docente para darle la opción al alumno de enviar mensajes desde su propio correo. También se tiene un “pizarrón” de avisos, donde se pueden publicar anuncios para informar a todos los usuarios. En la figura 26 se expone el apartado de comunicación con los botones de liga a las secciones “Contacto” y “Avisos”.



*Figura 26.* Sección comunicación del ambiente virtual.

Fuente: Elaboración propia

Una vez desarrollado el AVA, se implementó en un grupo intacto de alumnos inscritos en la asignatura Cálculo I para ingeniería. Previo al ingreso al AVA, los estudiantes resolvieron un examen de conocimientos (pretest). De igual forma, un grupo de alumnos antes de iniciar la enseñanza tradicional, contestaron el mismo instrumento (ver Apéndice E).

Al finalizar el estudio de los temas en el AVA, los estudiantes respondieron de nuevo el examen de conocimientos (postest). También el grupo control se sometió a dicho instrumento al concluir la enseñanza tradicional de los temas. Estas acciones corresponden a la etapa de evaluación del diseño instruccional ADDIE.

La distribución de los datos fue no paramétrica y por ello se hicieron pruebas estadísticas intra e inter grupos siguiendo el procedimiento realizado por Cabero y Llorente (2006). En el análisis intra grupo se realizó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

Para el análisis inter grupos se utilizó la prueba de Mann-Whitney. El instrumento tuvo una escala del cero al diez. La Tabla 29 concentra los estadísticos descriptivos que se obtuvieron con el pretest y el posttest en los grupos experimental y de control.

Tabla 29

*Estadísticos descriptivos del examen de conocimientos aplicado al grupo experimental y al grupo control*

Grupo		N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Experimental	Pretest	68	1.822	1.9527	0.0	7.22
	Posttest		5.727	3.0463	0.0	10.00
Control	Pretest	60	1.574	2.0665	0.0	8.89
	Posttest		3.935	2.9278	0.0	10.00

En la Tabla 30 se presentan los parámetros obtenidos con la prueba Wilcoxon en el grupo experimental. El valor  $p$  es menor que .01, con un valor de  $Z = -6.728$ , lo que indica que sí hubo diferencia entre el pretest y el posttest.

Tabla 30

*Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon sobre rendimiento académico en el grupo experimental*

	N	Rango promedio	Suma de rangos	Z	Sig.
Rangos negativos (Posttest < Pretest)	1	2.50	2.50	-6.728	.00
Rangos positivos (Posttest > Pretest)	59	30.97	1827.50		
Empates (Posttest = Pretest)	8				
Total	68				

*Nota:* Z basada en los rangos negativos.

De igual forma, en la Tabla 30 se observa que la suma de rangos positivos (1827.50) es mayor a la suma de rangos negativos (2.50); por tanto, el posttest es mayor al pretest. Por ello, se puede expresar que el rendimiento académico mejoró en el grupo experimental después de la intervención.

La Tabla 31 concentra los resultados de la prueba Wilcoxon en el grupo control. El valor  $p$  es menor que .01, con un valor de  $Z = -5.449$ , lo que indica que sí hubo diferencia entre el pretest y el posttest. La suma de rangos positivos (960.00) es mayor a la suma de rangos negativos (30.00), por tanto, el posttest es mayor al pretest.

El posttest tiene una sumatoria de rangos superior al pretest. Lo anterior corrobora que el rendimiento académico también se aumenta con la enseñanza en una clase tradicional sin recursos virtuales.

Tabla 31

*Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon sobre rendimiento académico en el grupo control*

	N	Rango promedio	Suma de rangos	Z	Sig.
Rangos negativos (Postest < Pretest)	4	7.50	30.00	-5.449	.00
Rangos positivos (Postest > Pretest)	40	24.00	960.00		
Empates (Postest = Pretest)	16				
Total	60				

*Nota:* Z basada en los rangos negativos.

El análisis entre el grupo experimental y el grupo control se hizo con una prueba para grupos independientes. El test que se llevó a cabo fue el de rangos con la U de Mann-Whitney. En la Tabla 32 se exponen los resultados de esta prueba, donde se observa que el rango promedio y la suma de rangos para el grupo experimental en el pretest y posttest son mayores a los de grupo



control.

Tabla 32

*Prueba U de Mann-Whitney sobre rendimiento académico en el grupo experimental y el grupo control*

	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Pretest	Experimental	68	67.47	4588
	Control	60	61.13	3668
Posttest	Experimental	68	74.24	5048
	Control	60	53.47	3208

Para determinar si se presentaron diferencias significativas se procedió a obtener los estadísticos de contraste. Este análisis del pretest y posttest entre el grupo experimental y el grupo control se realizó con la prueba U de Mann-Whitney, la W de Wilcoxon y el estadístico Z (ver Tabla 33).

Tabla 33

*Estadísticos de contraste sobre el rendimiento académico entre el grupo experimental y el grupo control*

	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig.
Pretest	1838	3668	-1.005	.315
Posttest	1378	3208	-3.177	.001

En el pretest el valor  $p$  es mayor a .01 por ello se puede establecer que hay igualdad entre el grupo experimental y el grupo de control, esto significa que no hay diferencia en el rendimiento académico. En el posttest el valor  $p$  es menor a .01 lo que indica que sí hay diferencias entre el grupo experimental y el de control. La suma de rangos y el rango promedio

del grupo experimental es superior al grupo control, por lo tanto, el rendimiento académico fue mayor con el ambiente virtual de aprendizaje.

En referencia al porcentaje de aprobados, se tomaron los datos del posttest de los grupos experimental y control para su análisis (ver Tabla 34).

Tabla 34

*Porcentajes de estudiantes aprobados y reprobados del grupo experimental y control*

Estudiantes	Grupo experimental		Grupo control	
	N	%	N	%
Reprobados	42	61.76	51	85.00
Aprobados	26	38.24	9	15.00
Total	68	100	60	100

La escala de calificaciones en la universidad es del cero al diez, siendo la mínima para aprobar, el siete. En el grupo de tratamiento se tuvo un 61.76% de reprobados y en el de control 85%. Para determinar si existe una diferencia significativa entre los porcentajes de reprobados del grupo experimental y el de control, se calculó el estadístico Z para la diferencia de proporciones de dos poblaciones. El nivel de significancia se fijó en .05%, teniendo un valor crítico  $z = \pm 1.96$  con contraste bilateral.

El estadístico Z fue de -3.1061 quedando en la zona de rechazo. Esto indica que el porcentaje de reprobados es diferente entre los grupos experimental y de control. Los datos concentrados en la Tabla 34 muestran que el porcentaje de reprobados es inferior en el grupo experimental con un 61.76%.

A su vez, la comprensión del modelo lineal se determinó analizando el examen de

conocimientos aplicado como posttest en el grupo experimental. El examen se aplicó a 68 estudiantes al finalizar la implementación del AVA.

Se estableció una escala en función del conocimiento reflejado en las respuestas de los ítems del instrumento. El nivel de comprensión se definió como malo, regular, bueno y muy bueno. Se le asignó un punto a la categoría malo incrementando hasta cuatro para el nivel muy bueno. El puntaje más bajo es de 68 y el más alto de 272. Conforme a esto, se construyó el escalamiento de nivel de comprensión que se muestra en la figura 27, de acuerdo al procedimiento establecido por Salkind (1999).

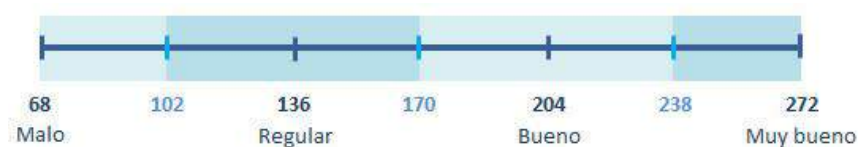


Figura 27. Escala de nivel de comprensión del modelo lineal.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 35 se concentra el análisis de los exámenes de los 68 participantes. En ella se incluyen frecuencia para cada nivel de comprensión, porcentajes y los puntos correspondientes.

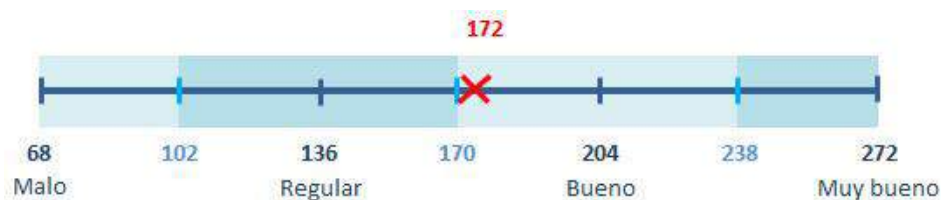
Tabla 35

*Frecuencias, porcentajes y puntos por nivel de comprensión de los estudiantes*

Nivel	N	%	Puntos
Malo	16	23.50	16
Regular	19	27.90	38
Bueno	14	20.60	42
Muy bueno	19	27.90	76
Total	68	100.00	172

El total de puntos es de 172, por ello se considera un nivel de comprensión bueno según

los rangos de la escala (ver figura 28). La distribución de estudiantes fue de aproximadamente 28% para el nivel regular y 24% para la categoría malo. El 21% de los alumnos mostró un nivel bueno y un 28% como muy bueno.



*Figura 28.* Nivel de comprensión del modelo lineal del grupo experimental.

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, al finalizar la implementación del AVA, y como parte de la etapa de evaluación del diseño instruccional ADDIE, los estudiantes del grupo experimental respondieron un instrumento para valorar su disposición hacia las matemáticas y el uso de las computadoras para su aprendizaje. La valoración de la actitud de los estudiantes se hizo por medio de la escala desarrollada por Galbraith y Haines (1998).

La encuesta está integrada por 48 reactivos con escalamiento Likert. Los ítems están divididos en seis dimensiones, cada una integrada por ocho afirmaciones. Las dimensiones son: confianza en matemáticas, motivación en matemáticas, confianza en la computadora, motivación con la computadora, interacción computadora-matemáticas y compromiso en matemáticas.

En el escalamiento Likert las respuestas son de opción múltiple, por ello se procedió a asignarle un valor. Las respuestas posibles son siete, desde “Totalmente en desacuerdo” hasta “Totalmente de acuerdo”. La actitud más favorable se le asignó un valor de 7 disminuyendo a uno con la actitud menos favorable respecto a la afirmación de cada ítem.

El instrumento se aplicó a 71 estudiantes del grupo experimental al finalizar la propuesta didáctica. Para valorar la actitud de los participantes en cada dimensión, se calculó la puntuación con los valores asignados a cada respuesta. El puntaje menor puede ser de 568 puntos y el más alto de 3976 puntos. Con base a lo anterior se estableció el escalamiento de actitud como se presenta en la figura 29.



*Figura 29.* Escala de actitud de los estudiantes hacia las matemáticas y la computadora.

Fuente: Elaboración propia

En cada dimensión se hizo la sumatoria de los ocho ítems de los 71 alumnos. El puntaje total por dimensión se expone en la Tabla 36. La dimensión confianza en la computadora se ubica dentro del rango de actitud favorable según la escala. Las otras cinco dimensiones dan puntajes que las posicionan dentro de la zona de mayor valor de la actitud neutral.

Tabla 36

*Valoración sobre la actitud hacia las matemáticas y la computadora por dimensión con puntos*

Dimensión	Puntos	Dimensión	Puntos
Confianza en matemáticas	2455	Motivación con la computadora	2552
Motivación en matemáticas	2516	Interacción computadora-matemáticas	2461
Confianza en la computadora	2841	Compromiso en matemáticas	2676

Los resultados de frecuencias y porcentajes por dimensión se agrupan en la Tabla 37. El análisis de estos datos permite visualizar que las dimensiones valoradas con actitud neutral como valor total, están compuestas por diferentes actitudes.

Tabla 37

*Valoración sobre la actitud hacia las matemáticas y la computadora por dimensión*

Dimensión	Muy desfavorable		Desfavorable		Neutral		Favorable		Muy favorable	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Confianza en matemáticas	2	2.82	8	11.27	37	52.11	22	30.99	2	2.82
Motivación en matemáticas			4	5.63	47	66.20	20	28.17		
Confianza en la computadora			3	4.23	23	32.39	36	50.70	9	12.68
Motivación con la computadora			8	11.27	35	49.30	24	33.80	4	5.63
Interacción computadora-matemáticas			6	8.45	45	63.38	20	28.17		
Compromiso en matemáticas					44	61.97	26	36.62	1	1.41

La dimensión confianza en matemáticas presenta un 52% de participantes con actitud neutral; sin embargo, aproximadamente un 31% manifiesta actitud favorable y un 3% muy favorable. En contraparte, el 11% expresó actitud desfavorable y 3% muy desfavorable.

En la dimensión motivación en matemáticas se tiene una distribución de estudiantes donde el 66% se mostró neutral y 6% con actitud desfavorable. Sin embargo, dentro de actitud favorable se situaron 28% de los estudiantes.

La dimensión confianza en la computadora que indicó una actitud favorable con el puntaje total también se tienen alumnos que manifestaron actitud neutral, desfavorable y muy favorable. La actitud favorable muestra el porcentaje mayor con 51%, después la actitud neutral con 32% y con valores menores están la actitud muy favorable con 13% y desfavorable con 4%.

Motivación con la computadora es una dimensión clasificada con actitud neutral en general. El 49% expresó actitud neutral y 11% desfavorable, no obstante, el 34% declaró actitud favorable y 6% muy favorable.

La interacción de la computadora y las matemáticas se valoró con actitud neutral. El porcentaje de estudiantes que manifestaron neutralidad fue de 63, mientras un 8% mencionó actitud desfavorable también se tuvo un 28% con actitud favorable.

El compromiso en matemáticas es una dimensión también con actitud neutral como resultado del análisis del total de participantes. Sin embargo, en esta dimensión no se presentaron participantes con actitud desfavorable ni muy desfavorable. El 62% de los alumnos indicaron actitud neutral, 37% actitud favorable y un 1% muy favorable.

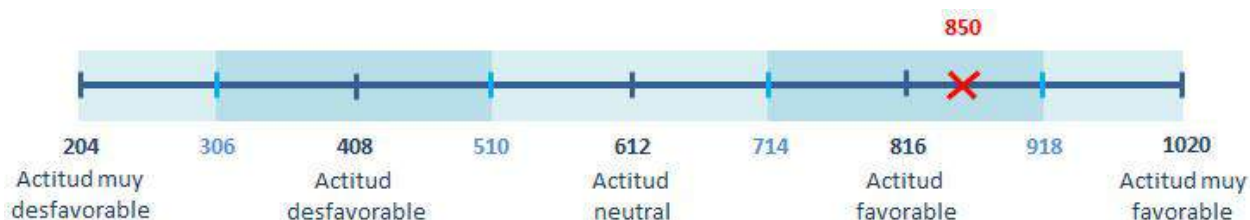
A su vez, como parte de la etapa de evaluación del diseño instruccional ADDIE, dentro del apartado evaluación del curso en general, se aplicó una encuesta de opinión para valorar el AVA. El instrumento fue para recabar las apreciaciones de los estudiantes sobre su experiencia con el ambiente virtual y los recursos digitales que lo integran (Apéndice F). El análisis de los resultados se hizo por medio del escalamiento Likert (ver Apéndice G).

En el escalamiento Likert las respuestas son de opción múltiple, por ello se procedió a asignarle un valor. Las respuestas posibles son cinco, desde “Totalmente en desacuerdo”, al cual se le dio el valor de uno, hasta “Totalmente de acuerdo” con un valor de cinco. Las afirmaciones que componen la encuesta son positivas, y por tanto entre más alta la puntuación se tiene una actitud más favorable hacia la afirmación.

En la encuesta de 17 reactivos participaron 34 estudiantes. La puntuación se obtiene al

sumar los valores asignados a cada respuesta. Para el análisis se clasificaron los ítems según la orientación de las afirmaciones de acuerdo al procedimiento indicado por Salkind (1999).

En la valoración de la página Web se consideraron seis afirmaciones sobre la facilidad de interacción con el ambiente, la apariencia, el contraste de colores, la calidad de las imágenes, la legibilidad de los textos y el audio. Por consecuencia el puntaje más bajo puede ser de 204 puntos y el más alto de 1020 puntos. De acuerdo a esto, se estableció el escalamiento de actitud como se presenta en figura 30.



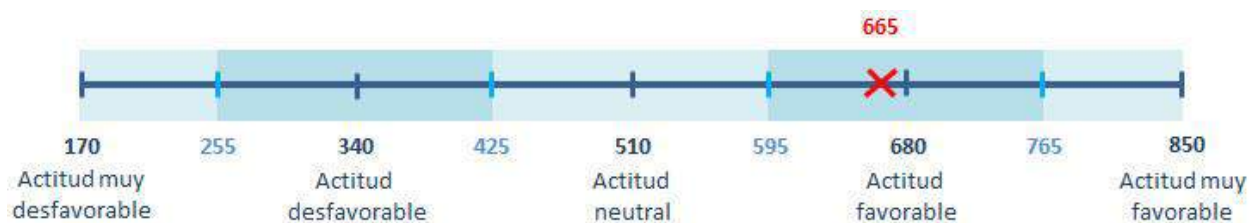
*Figura 30.* Escala de actitud de los estudiantes hacia la página Web.

Fuente: Elaboración propia

Para esta serie de ítems se obtuvo un puntaje total de 850 por ello se asume una actitud favorable según los rangos de la escala. La distribución de estudiantes fue de 45% con opinión de acuerdo, 38% manifestaron estar totalmente de acuerdo, 14% se mostraron neutrales y el 3% expresó estar en desacuerdo, por lo que se puede concluir que la página Web se construyó con atributos satisfactorios para los alumnos.

Las lecciones en video se analizaron a través de cinco ítems referentes a la efectividad en la comunicación del mensaje con audio, el interés sobre el tema, la duración, la comprensión de los conceptos y el tiempo de estudio. Esto implica que el puntaje más bajo puede ser de 170 puntos y el más alto de 850 puntos, con lo cual se elaboró la escala de actitud (ver figura 31).



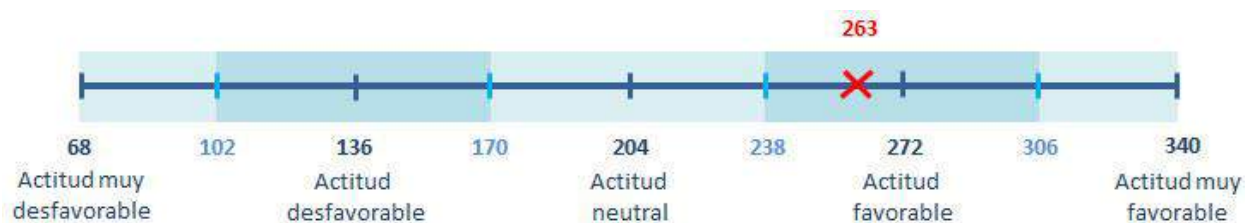


*Figura 31.* Escala de actitud de los estudiantes hacia las lecciones en video.

Fuente: Elaboración propia

En la valoración de las lecciones en video se obtuvieron 665 puntos lo que deriva en una actitud favorable conforme a la escala. Los resultados muestran que el 41% de los alumnos expresaron una opinión de acuerdo, 28% declararon estar totalmente de acuerdo y 26% se pronunciaron neutrales. Mientras que 4% de los participantes manifestaron desacuerdo y solo el 1% indicó un total desacuerdo. Por lo tanto, se puede deducir que las lecciones en video se construyeron de forma adecuada.

En la valoración de los ejercicios de autoevaluación se consideraron dos afirmaciones, una sobre el uso de software interactivo para ayudar en la comprensión de los temas y la segunda acerca de la dificultad de las actividades. La escala de actitud por ello tiene en su valor más bajo 68 puntos y 340 puntos en el más alto (ver figura 32).



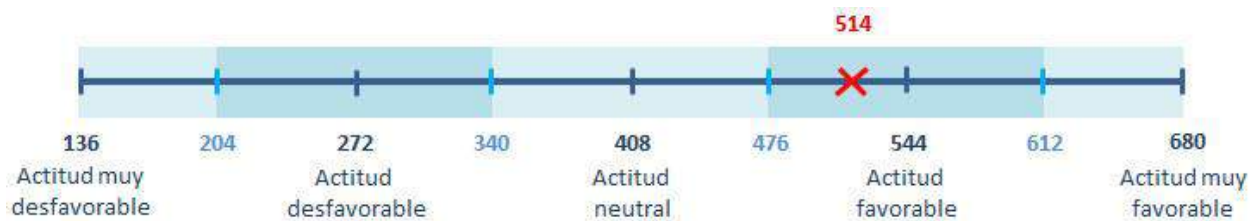
*Figura 32.* Escala de actitud de los estudiantes hacia los ejercicios de autoevaluación.

Fuente: Elaboración propia

El total de puntos alcanzados sobre los ejercicios de autoevaluación fue de 263, ubicándolo dentro de la zona de actitud favorable según la escala establecida. En cuanto a la distribución de porcentajes, se tiene que el 38% de los estudiantes se mostraron de acuerdo, 31% indicaron estar totalmente de acuerdo y el 21% expresó una opinión neutral. El 7% manifestó estar en desacuerdo y 3% totalmente desacuerdo. Por ello, de acuerdo a la opinión de los alumnos los ejercicios de autoevaluación son apropiados.

La comprensión de los temas se abordó en tres afirmaciones y una pregunta. Las aseveraciones fueron sobre si la página Web había sido de ayuda, la necesidad de la presencia de un docente y la estructura de las actividades. El cuestionamiento fue si recomendarían la página Web para el aprendizaje de los temas desarrollados. La escala de actitud se estructuró con el puntaje más bajo de 136 y el más alto de 680 (ver figura 33).

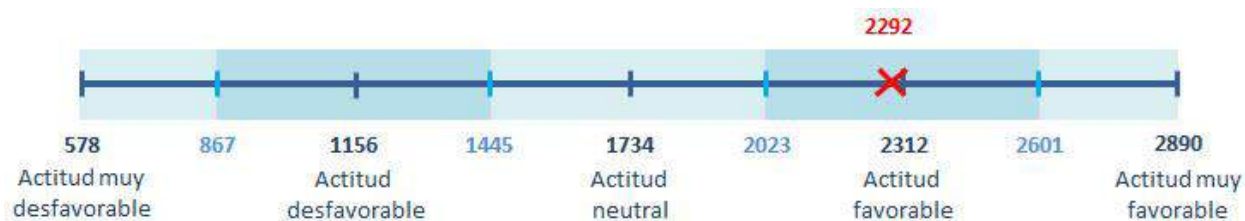
En la comprensión de los temas las encuestas sumaron 514 puntos, lo que se considera como una actitud favorable conforme a la escala. El porcentaje de estudiantes con una opinión de acuerdo fue de 42% mientras que 27% expresaron estar totalmente de acuerdo. En una posición neutral se mostraron 18% de los alumnos, 8% en desacuerdo y 5% totalmente en desacuerdo. La valoración realizada expone, según la apreciación de los estudiantes, que el ambiente virtual de aprendizaje favorece la comprensión de los temas.



*Figura 33.* Escala de actitud de los estudiantes sobre la comprensión de los temas.

Fuente: Elaboración propia

La valoración general del ambiente virtual de aprendizaje comprendió 17 ítems. Con base a lo anterior, se estableció la escala de actitud con el límite inferior de 578 puntos y 2890 puntos en el límite superior (ver figura 34).



*Figura 34.* Escala de actitud de los estudiantes sobre el ambiente virtual de aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia

La valoración sobre el ambiente virtual de aprendizaje dio un total de 2292 puntos. Este puntaje posiciona la actitud de los alumnos como favorable hacia el ambiente en general. Las frecuencias de las respuestas muestran que el 42% de los participantes manifestaron estar de acuerdo, el 32% totalmente de acuerdo y el 19% con opinión neutral. Sin embargo, el 5% se expresaron en desacuerdo y 2% totalmente desacuerdo. Los resultados indican que el ambiente virtual de aprendizaje se diseñó de forma apropiada según la percepción de los estudiantes.

## **Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones**

### **Conclusiones**

En la investigación el objetivo general fue: “Desarrollar un ambiente virtual para el autoaprendizaje del modelo lineal que permita adquirir nuevo conocimiento con comprensión, mejorar el rendimiento académico, los índices de aprobación y la disposición hacia las matemáticas, considerando la ansiedad y actitud de los alumnos”. Primero se realizó la etapa de análisis del ADDIE, al indagar sobre las variables latentes que influyen en la ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas y en la actitud ante el uso de la tecnología durante el proceso enseñanza aprendizaje.

Posteriormente, se llevaron a cabo las etapas de diseño, desarrollo, implementación y evaluación del ADDIE. Es dentro de estas etapas cuando se procedió a diseñar, desarrollar e implementar el AVA. Al finalizar la propuesta didáctica se evaluó por medio del rendimiento académico, los índices de reprobación y la comprensión de los temas. De igual forma, se valoró el AVA con una encuesta de opinión aplicada a los alumnos y se determinó su actitud ante el aprendizaje de las matemáticas cuando se utilizan las TIC.

El análisis estadístico de los datos recolectados en estudiantes universitarios permite generar acciones en beneficio del aprendizaje de las matemáticas. El nivel de ansiedad hacia las matemáticas que experimentan los alumnos puede afectar la adquisición de conocimientos, según Boaler (2015). Es por ello trascendente el implementar estrategias que puedan disminuir la ansiedad y con esto lograr una mejor disposición hacia el aprendizaje de nuevos conceptos. De igual forma, al incrementarse la disponibilidad y uso de tecnología durante la vida diaria y académica genera la necesidad de explorar cómo impacta en el aprendizaje de las matemáticas a

través de la actitud de los estudiantes.

En la etapa de análisis, uno de los objetivos fue encontrar el conjunto de variables latentes que permiten explicar el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática. La hipótesis de investigación afirma que hay un conjunto de variables que explican el nivel de ansiedad del alumno hacia la matemática.

La evidencia que proporcionó el análisis de los componentes principales de la escala RMARS de Richardson y Suinn (1972), coincide en mostrar tres dimensiones al ser aplicado a los estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico de Sonora. Sin embargo, aunque el resultado expone un modelo de tres dimensiones para explicar la ansiedad hacia las matemáticas, las variables que integran cada componente son diferentes a la distribución de Alexander y Martray (1989), y de igual forma la dimensión corresponde a un aspecto diferente, como se observa en la figura 35. En el análisis factorial los tres componentes presentaron el 59.562% de la varianza total explicada. Asimismo, el estudio de Núñez-Peña, Suárez-Pellicioni, Guilera y Mercadé-Carranza (2013) concuerda en la formación de los tres componentes, al igual que Karakas (2015) donde la varianza total explicada fue de 68%.



*Figura 35.* Modelo de tres componentes de la ansiedad hacia las matemáticas.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de componentes de la escala modificada de 25 ítems por Alexander y Martray (1989), mostró que solamente una variable fue excluida de las dimensiones. Este ítem es el A10 que presenta la afirmación “Darse cuenta que tiene que tomar un cierto número de clases de matemáticas para cumplir con los requisitos de su especialidad”. Los 24 ítems restantes se distribuyen para integrar los tres componentes como se muestra en el Apéndice H.

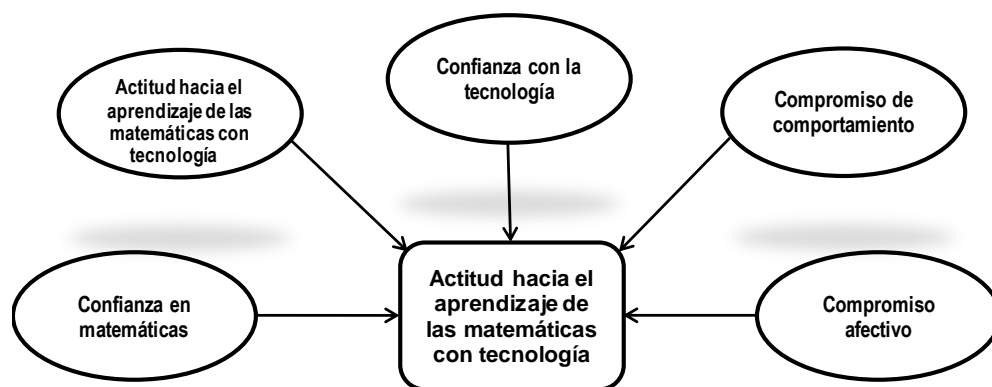
Con base a los hallazgos, se puede señalar que a los estudiantes les genera ansiedad los exámenes de matemáticas. Actualmente en el Instituto Tecnológico de Sonora las evaluaciones en las asignaturas de matemáticas se basan principalmente en exámenes. Esto lleva a plantear la necesidad de modificar las estrategias de evaluación que permitan identificar el conocimiento adquirido por el aprendiz sin la aplicación de un examen.

La ansiedad en los estudiantes puede ser un obstáculo durante el proceso enseñanza aprendizaje de las matemáticas. Esto genera que las habilidades matemáticas básicas no se desarrollen de acuerdo al potencial de cada aprendiz. Se han realizado diversos estudios sobre la ansiedad en el contexto mexicano, en específico en el sureste del país han analizado este fenómeno García-Santillán et al. (2014), y García-Santillán et al. (2015) quienes encontraron la presencia de ansiedad hacia las matemáticas en los estudiantes durante el proceso enseñanza aprendizaje.

Los componentes que integran el modelo de ansiedad indican que aún los estudiantes universitarios presentan dificultades para realizar operaciones aritméticas básicas. Estas habilidades las debieron adquirir durante la enseñanza primaria (etapa escolar finalizada seis años atrás, cuando menos). Este lapso de tiempo sin dominar conocimientos que se requieren de forma constante, en las actividades escolares y cotidianas, contribuye a provocar ansiedad hacia

el estudio de “algo” que no se comprende. Como consecuencia de no dominar conocimientos matemáticos básicos, el hecho de enfrentarse a un examen de conceptos matemáticos origina un nivel mayor de ansiedad.

En la etapa de análisis también se buscó identificar el conjunto de variables que permitan conocer la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática. Ante esto, la hipótesis de investigación expone que hay un conjunto de variables que permiten conocer la actitud del alumno hacia el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática. En la evidencia que surge del análisis de componentes principales de la escala MTAS de Pierce et al. (2007), muestra que coinciden las cinco dimensiones (ver figura 36).



*Figura 36.* Modelo de cinco componentes de la actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas

Fuente: Elaboración propia

Los resultados exponen un 64.929% de la varianza total explicada, donde el primer componente agrupa los ítems de confianza en matemáticas con un 26.664%. Esto coincide con el estudio de Pierce et al. (2007), quienes obtuvieron cinco componentes con una varianza total explicada de 65%, con casi el 26% en el primer componente (confianza en matemáticas). De

igual forma, los hallazgos de Barkatsas, Kasimatis y Gialamas (2009), muestran cinco componentes con 67% de la varianza total explicada y 16% en el primer componente denominado confianza en matemáticas.

La escala está integrada por 20 ítems y en el análisis de componentes no se excluyó ninguno de las dimensiones. De igual forma, la distribución de los ítems en cada componente es igual a la establecida por Pierce et al. (2007). Los ítems se distribuyeron en los cinco componentes como se expone en el Apéndice H.

De acuerdo a los hallazgos, se puede expresar que la confianza en las matemáticas influye en la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología. Lo anterior indica que se debe fortalecer la confianza en las matemáticas a través de estrategias que conduzcan al estudiante desde los conocimientos que domina hacia nuevos conceptos. En la medida que las actividades didácticas se establezcan considerando la zona de desarrollo próximo de los alumnos es cómo se puede incrementar la confianza en las matemáticas y mejorar la actitud hacia el aprendizaje.

La actitud que muestren los alumnos para el aprendizaje de las matemáticas por medio de la tecnología puede convertirse en un factor que favorezca o perjudique la instrucción al emplear estos recursos. Existen investigaciones sobre el uso de tecnología para la enseñanza de las matemáticas en México donde se han encontrado diferencias en la actitud de los estudiantes ante la interacción con las TIC (García-Santillán, Escalera-Chávez, y Córdova-Rangel, 2012; García-Santillán et al., 2012).

Los componentes que surgieron en el modelo de actitud muestran que la instrucción didáctica debe planearse de acuerdo a los conocimientos previos del estudiante para fortalecer la



confianza en las matemáticas. De igual forma, el uso de un recurso tecnológico debe implementarse de forma integral en las actividades, donde se refleje el beneficio de utilizar una herramienta tecnológica para un fin en específico. En la medida que se incremente la confianza al usar tecnología para resolver un problema, será como el compromiso con el aprendizaje y los sentimientos sobre las matemáticas se tornen positivos.

Una vez concluida la etapa de análisis, se diseñó y desarrolló el AVA considerando la ansiedad de los estudiantes hacia las matemáticas, así como la actitud hacia la tecnología. La implementación de la propuesta se realizó en el Instituto Tecnológico de Sonora. Además, al finalizar la propuesta didáctica, se evaluó a los alumnos y se valoró al AVA en general. La evaluación de los estudiantes se hizo con un examen de conocimientos para determinar el rendimiento académico, los índices de reprobación y el nivel de comprensión de los temas. A su vez, por medio del instrumento construido por Galbraith y Haines (1998), se determinó el nivel de actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas por medio de las computadoras. El AVA se valoró por los alumnos de forma general a través de una encuesta de opinión.

El ambiente virtual fue diseñado con software gratuito que permite la interacción de los estudiantes dentro de las actividades. En los recursos digitales que se crearon, se disminuyeron las operaciones aritméticas, permitiendo que los estudiantes se enfocaran en el significado de los objetos matemáticos. Además, los conceptos se desarrollaron a través de problemas de situaciones de la vida diaria.

En la evaluación de los estudiantes se aplicó un examen de conocimientos al grupo de estudio y al grupo con enseñanza tradicional. El examen de conocimientos utilizado fue el

señalado por la academia de la asignatura para evaluar dichos temas, sin embargo, el contenido de dicho instrumento es un factor que puede influir en los resultados obtenidos.

En cuanto al rendimiento académico, la hipótesis de investigación expresó que el ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal mejora el rendimiento académico. Los datos resultantes permitieron determinar el rendimiento académico por medio de análisis intra e inter grupos.

El rendimiento intra grupo mejoró de forma significativa en los estudiantes con clase tradicional y en los alumnos donde se implementó el ambiente virtual de aprendizaje, según las pruebas estadísticas. Al comparar inter grupos se determinó que el grupo experimental tuvo un rendimiento mayor al grupo de enseñanza tradicional con una significancia de .001. Esta evidencia permite rechazar la hipótesis nula que señala que el ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal no mejora el rendimiento académico; por tanto, se puede establecer que el ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal si mejora el rendimiento académico de forma significativa.

Por otra parte, con el examen de conocimientos aplicado como postest, se determinaron los índices de reprobación en el grupo de estudio y en el grupo control. La hipótesis de investigación declara que el ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal disminuye el índice de reprobación. El porcentaje de reprobados fue 23.24% menor en el grupo de estudiantes donde se implementó la propuesta didáctica. La disminución del índice de reprobación fue significativa según la prueba estadística realizada, por ello se rechaza la hipótesis nula que expresa que el ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal no disminuye el índice de reprobación, por tanto, se puede afirmar que el ambiente virtual de aprendizaje del modelo lineal

si disminuye el índice de reprobación.

Las conclusiones referentes al índice de aprobación y rendimiento académico, concuerdan con lo expresado por Bulman y Fairlie (2016), quienes encontraron que la instrucción asistida por TIC es positiva en las intervenciones para el área de matemáticas y en los países en vías de desarrollo, como es el caso de México. A su vez, Hattie y Yates (2013), identificaron que las TIC tuvieron mayor eficacia beneficiando el rendimiento académico cuando se utilizaban para ampliar el tiempo y la práctica de actividades. También cuando la interacción con la computadora le daba al alumno la libertad de controlar el avance en su aprendizaje. El AVA implementado permitió que los estudiantes aumentaran el estudio y práctica de las actividades al poder acceder a ellas durante las 24 horas del día, además de controlar su avance conforme comprendían los conceptos matemáticos, coincidiendo con los hallazgos de Hattie y Yates (2013), que respaldan la mejora del rendimiento académico bajo éstas características.

Otro aspecto que se evaluó con el examen de conocimientos aplicado como postest a los estudiantes del grupo de estudio fue el nivel de comprensión. La hipótesis de investigación afirma que el ambiente virtual logra que el alumno aprenda con comprensión el modelo lineal. El nivel de comprensión se clasificó de acuerdo a una escala como malo, regular, bueno y muy bueno. En el análisis de los 68 exámenes se tuvo que el 24% se ubicó en la categoría malo, 28% en el nivel regular, 21% en el rango bueno y 28% se clasificaron como muy buenos.

El análisis general de los participantes de acuerdo al puntaje obtenido y a la escala previamente elaborada, posiciona el nivel de comprensión de los alumnos con la implementación del ambiente virtual como bueno. Esto coincide con lo expuesto por Coll (2009a), y Brousseau (2007), quienes señalan que la adquisición de conocimiento con comprensión se favorece con el

diseño de escenarios donde se fomente la interacción de los estudiantes con problemas de la vida cotidiana y puedan visualizar a la matemática como una herramienta para resolver dichas situaciones.

También como parte de la evaluación de los estudiantes, al finalizar la propuesta didáctica en el grupo de estudio, se valoró su actitud hacia las matemáticas y el uso de las computadoras para el aprendizaje. La hipótesis de investigación expresó que la disposición de los alumnos hacia las matemáticas y el uso de las computadoras para su aprendizaje después de la implementación del ambiente virtual es favorable.

El instrumento utilizado para valorar la actitud de los alumnos hacia las matemáticas y el uso de las computadoras para su aprendizaje fue el de Galbraith y Haines (1998). Para analizar la información se estableció una escala de actitud con cinco intervalos, desde muy desfavorable hasta muy favorable. El instrumento aplicado para recolectar los datos comprende seis dimensiones, en donde cinco de ellas detectaron una actitud neutral de los alumnos y una dimensión con actitud favorable. Las dimensiones que expusieron una actitud neutral fueron confianza en matemáticas, motivación en matemáticas, compromiso en matemáticas, motivación con la computadora e interacción computadora-matemáticas. La dimensión donde la actitud fue favorable es la de confianza en la computadora.

La actitud neutral de los estudiantes está relacionada con los bajos resultados en matemáticas de México en pruebas estandarizadas como PISA aplicada por OCDE (2016), Enlace (2014), y Planea (2016). Los cuales tienen como consecuencia una aversión de los adultos hacia dicha ciencia, además tiene el poder más que otra asignatura de disminuir la confianza de los estudiantes, según Boaler (2015). El periodo de implementación de la propuesta

didáctica fue de siete horas, lapso de tiempo que dificulta modificar la confianza de los alumnos sobre una ciencia donde han tenido dificultades desde los primeros años escolares. A su vez, la actitud favorable hacia el uso de las computadoras corresponde con las habilidades y destrezas que presentan los jóvenes ante las TIC, según Edel-Navarro (2010).

Por otra parte, para la evaluación del curso en general, se exploró el nivel de aceptación de los estudiantes hacia el AVA por medio de una encuesta de opinión. La hipótesis de investigación estableció que el ambiente virtual logra un nivel de aceptación bueno en los alumnos. De acuerdo a los resultados de esta investigación, se obtuvo una actitud favorable hacia el AVA, por lo que se considera que el diseño fue apropiado según la percepción de los estudiantes. La aceptación de un AVA por los alumnos puede ser por la semejanza en cuanto a estructura e interacción con los recursos tecnológicos que utilizan comúnmente. Esto coincide con lo expresado por la OCDE (2015), que indica que los jóvenes están a la vanguardia de la transformación ya que las tecnologías de la información y comunicación las experimentan por primera vez como una plataforma de esparcimiento a través de juegos y para compartir pasatiempos principalmente por las redes sociales, chat y correo electrónico. Es una etapa posterior y en menor medida que se integran las actividades formales de aprendizaje empleando las computadoras.

Por último, se puede concluir que la actualización constante de un AVA tanto en TIC como en propuestas pedagógicas será lo que convierta al aprendizaje virtual en una opción. Esto como consecuencia de la realidad actual de los estudiantes, quienes tienen cada vez más la capacidad de apropiarse de su desarrollo en un entorno donde el aprendizaje se concibe más como un flujo con gran cantidad de recursos y oportunidades (Childress, 2016).

## Recomendaciones

Dentro de las futuras líneas de investigación, se plantea ampliar el presente estudio en relación a explicar el fenómeno de la ansiedad hacia la matemática y la actitud hacia el proceso de enseñanza por medio de la tecnología. Para ello se sugiere conformar nuevas variables a partir de la relación entre ambos constructos, lo que pudiera aportar nueva evidencia empírica a esta disciplina. Esta propuesta pudiera resultar válida, toda vez que el constructo de ansiedad tiene una carga cognitiva y afectiva muy fuerte, lo que empata a la parte afectiva de la confianza y compromiso de la actitud hacia el proceso de enseñanza de la matemática mediada por la tecnología.

Otra línea de investigación sería realizar el estudio de la ansiedad que experimentan los estudiantes hacia las matemáticas, pero sobre asignaturas específicas. De igual forma, la actitud ante la tecnología cuando se utiliza para la enseñanza de las matemáticas puede comportarse de forma diferente según la asignatura y el diseño instruccional.

Por otra parte, en cuanto al AVA, surge la posibilidad de ampliar la propuesta didáctica. El desarrollo de un AVA con las características del presente estudio y que abarque todos los temas de una asignatura de matemáticas es una futura línea de investigación. El diseño instruccional y los recursos digitales que se deberán diseñar, requerirá conformar un equipo de trabajo de varias disciplinas.

Además, se propone implementar el AVA en más grupos para obtener información que sea representativa de la población en estudio. Esto permitirá identificar oportunidades de mejora y con ello fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas en un ambiente virtual.

## Referencias

- Acelajado, M. (2011). Blended Learning: A strategy for improving the Mathematics achievement of students in a bridging program. *The Electronic Journal of Mathematics and Technology*, 5(3), 342-352.
- Alexander, L. y Martray, C. (1989). The Development of an Abbreviated Version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. *Measurement And Evaluation In Counseling And Development*, 22(3), 143-150.
- Allen, M. y Sites, R. (2012). *Leaving ADDIE for SAM. An Agile Model for Developing the Best Learning Experiences*. East Peoria, USA: Versa Press Inc.
- Amador, R. (2010). Modelos de redes en educación superior a distancia en México. *Revista Electrónica de Educación Sinéctica*, 1(34), 1-13. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99815691006>
- Anderson, J. R. (1995). *Cognitive psychology and its implications (8th ed.)*. New York: Worth Publishers.
- Anton, W. D. y Klisch, M. C. (1995). 7. Perspectives on Mathematics Anxiety and Test Anxiety. En C. D. Spielberger y P. R. Vagg (Eds.), *Test Anxiety: Theory, Assessment, and Treatment* (pp. 93-106). Washington, DC: Taylor & Francis.
- Aparicio, E. (2006). Un estudio sobre factores que obstaculizan la permanencia, logro educativo y eficiencia terminal en las áreas de matemáticas del nivel superior: el caso de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán. En G. Martínez Sierra (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 19*, 450-455. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Araújo, J. y Chadwick, C. (1993). *Tecnología educacional. Teorías de instrucción*. Barcelona,

España: Paidós Educador.

Ardila, R. (2013). Los orígenes del conductismo, Watson y el manifiesto conductista de 1913.

*Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(2), 315-319. Recuperado de:

<http://www.redalyc.org/pdf/805/80528401013.pdf>

Área, M. y Adell, J. (2009). E-Learning: Enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. de

Pablos (Coord.), *La Tecnología Educativa en el siglo XXI*, (pp. 391-424). Málaga:

Editorial Aljibe.

Ashcraft, M. y Kirk, E. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology*, CXX(2), 224-237.

Ashcraft, M. y Ridley, K. (2005). Math anxiety and its cognitive consequences: A tutorial

review. En J. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition vol. 17* (pp. 315-

327). New York: Psychology Press.

Ausubel, D. (2000). *The Acquisition and Retention of Knowledge. A Cognitive View*. New York,

USA: Springer. DOI 10.1007/978-94-015-9454-7

Ávila, A. (2004). Entre la costumbre y las presiones de la innovación. La enseñanza de los

números en primer grado. *Revista de Educación Matemática*, 16(2), 1-29. Recuperado

de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40516202>

Badilla, E. y Chacón, A. (2004). Construccinismo: objetos para pensar, entidades públicas y

micromundos. *Actualidades investigativas en educación*, 4(1), 1-12. Recuperado de:

[http://revista.inie.ucr.ac.cr/uploads/tx\\_magazine/construccionismo.pdf](http://revista.inie.ucr.ac.cr/uploads/tx_magazine/construccionismo.pdf)

Baquero, R. (1997). *Vigotsky y el aprendizaje escolar*. Argentina: Aique Grupo Editor S. A.

Barkatsas, A. T., Kasimatis, K., y Gialamas, V. (2009). Learning secondary mathematics with

technology: Exploring the complex interrelationship between students' attitudes,

engagement, gender and achievement. *Computers & Education*, 52(3), 562-570.



- Bélanger, J. (1999). *Imágenes y realidades del conductismo*. España: Universidad de Oviedo.
- Belloch, C. (s.f.a). *Diseño Instruccional*. Recuperado de  
<http://www.uv.es/~bellochc/pedagogia/EVA4.pdf>
- Boaler, J. (2015). *The elephant in the classroom. Helping children learn and love maths*.  
 London: Souvenir Press.
- Bravo, M. (2012). Capítulo 10. Enseñanza-aprendizaje de las matemáticas utilizando como  
 apoyo en ambientes virtuales de aprendizaje. En Y. Sandoval, A. Arenas, E. López, J.  
 Cabero y J. Aguaded (Coords.), *Las tecnologías de la información en contextos  
 educativos: nuevos escenarios de aprendizaje* (pp. 177-202). Columbia: Universidad  
 Santiago de Cali.
- Brookfield, S. (2009). Chapter XV.7 Self-Directed Learning. En R. Maclean y D. Wilson (Eds.),  
*International Handbook of Education for the Changing World of Work* (pp. 2615-2627).  
 Montreal, Canadá: Springer.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos  
 Aires: Libros el Zorzal.
- Brown, A. y Green, T. (2016). *The essentials of instructional design. Connecting Fundamental  
 Principles with Process and Practice*. New York: Routledge.
- Bulman, G. y Fairlie, R. W. (2016). Chapter 5. Technology and Education: Computers, Software,  
 and the Internet. En E. A. Hanushek, S. Machin y L. Woessmann (Eds.), *Handbook of the  
 Economics of Education. Volume 5* (pp. 239-280). Amsterdam: Elsevier.
- Burkle, M. (2011). El aprendizaje on-line: oportunidades y retos en instituciones politécnicas.  
*Revista Científica de Educomunicación Comunicar*, 29(37), 45-53.
- Cabero, J. (2013). El aprendizaje autorregulado como marco teórico para la aplicación educativa

- de las comunidades virtuales y los entornos personales de aprendizaje. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14(2), 133-156.
- Cabero, J., y Llorente, M. del C. (2006). *La rosa de los vientos: Dominios tecnológicos de las TIC's por los estudiantes*. Sevilla, España: Editorial Marquet@
- Cabero, J., González, N., Trinidad, A., Ramírez, L., Neris, T., y Fernández, V. (2014). *Manual para el desarrollo de la formación virtual en el Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Libro de Estilo*. Santo Domingo, República Dominicana: R. D. INTEC.
- Cabrol, M. y Székely, M. (Eds.). (2012). *Educación para la transformación*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de:  
<http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/11771.pdf>
- Camacho, L. (2014). Nuevos roles de los docentes en la educación superior: Hacia un nuevo perfil y modelo de competencias con integración de las TIC. *Ciencia y Sociedad*, 39(4), 601-640.
- Camarena, P. (2006). La matemática en el contexto de las ciencias en los retos educativos del siglo XXI. *Científica*, 10(4) 167-173. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61410403>
- Camarena, P. (2009). La matemática en el contexto de las ciencias. *Innovación Educativa*, 9(46), 15-25. Recuperado de:  
[http://www.desarrolloweb.ipn.mx/sites/inovacion/Revistas/Documents/Revistas%202009/Revista%2046/2La\\_matematica\\_en\\_el\\_contexto\\_de\\_las\\_ciencias46.pdf](http://www.desarrolloweb.ipn.mx/sites/inovacion/Revistas/Documents/Revistas%202009/Revista%2046/2La_matematica_en_el_contexto_de_las_ciencias46.pdf)
- Camarena, P. (2013). A treinta años de la teoría educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”. *Innovación Educativa*, 13(62), 17-44. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179429882003>

- Camarena, P. y González, L. (2013). Capítulo 4. Investigaciones educativas en matemáticas en el nivel de educación superior. En A. Ávila, A. Carrasco, A. Gómez, M. Guerra, G. López y J. Ramírez (Coord.), *Una década de investigación educativa en conocimientos disciplinares en México* (pp. 95-109), México: ANUIES.
- Cantoral, R. (2001). Enseñanza de la Matemática en la educación superior. *Revista Electrónica de Educación Sinéctica* 19(1), 3-27. Recuperado de:  
[http://portal.iteso.mx/portal/page/portal/Sinectica/Historico/Numeros\\_antteriores04/019/19%20Ricardo%20Cantoral-Catedra.pdf](http://portal.iteso.mx/portal/page/portal/Sinectica/Historico/Numeros_antteriores04/019/19%20Ricardo%20Cantoral-Catedra.pdf)
- Capacho, J. (2011). *Evaluación del aprendizaje en espacios virtuales-TIC*. Barranquilla: ECOE Ediciones.
- Carr, M., Alexander, J., y Folds-Bennett, T. (1994). Metacognition and Mathematics Strategy Use. *Applied Cognitive Psychology*, 8(6), 583-595.
- Carretero, M. (1997). *Constructivismo y educación*. México, D.F.: Editorial Progreso.
- Chapman, E. (2003). Development and validation of a brief mathematics attitude scale for primary-aged students. *Journal of Educational Enquiry*, 4(2), 63–73.
- Childress, M. (2016). 29. Utopian Futures for Learning Technologies. En N. Rushby y D. W. Surry (Eds.), *The Wiley Handbook of Learning Technology* (pp. 557-570). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Coll, C. (2009a). Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. En R. Carneiro, J. C. Toscano y T. Díaz (Coord.), *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo* (pp. 113-126). Madrid: OEI-Fundación Santillana.
- Coll, C. (2009b). Enseñar y aprender en el siglo XXI: el sentido de los aprendizajes escolares. En R. A. Marchesi, J. C. Tedesco y C. Coll (Coord.), *Reformas educativas. Calidad, equidad*

- y reformas en la enseñanza* (101-112). Madrid: OEI-Fundación Santillana.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2014). Recuperado de:  
[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_07jul14.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_07jul14.pdf)
- Correa, J. y Pablos J. (2009). Nuevas tecnologías e innovación educativa. *Revista de Psicodidáctica*, 14(1), 133-145.
- Costa, V., Di Domenicantonio, R. y Vacchino, M. (2010). Material educativo digital como recurso didáctico para el aprendizaje del Cálculo Integral y Vectorial. *UNIÓN Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, (21), 173-185. Recuperado de  
[http://www.researchgate.net/profile/Viviana\\_Costa/publication/44163141\\_TIC\\_Material\\_educativo\\_digital\\_como\\_recurso\\_didctico\\_para\\_el\\_aprendizaje\\_del\\_Clculo\\_Integral\\_y\\_Vectorial/links/00b7d514b5a8bb8f8e000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Viviana_Costa/publication/44163141_TIC_Material_educativo_digital_como_recurso_didctico_para_el_aprendizaje_del_Clculo_Integral_y_Vectorial/links/00b7d514b5a8bb8f8e000000.pdf)
- Covington, M. V. y Müeller, K. J. (2001). Intrinsic versus extrinsic motivation: An approach/avoidance reformulation. *Educational Psychology Review*, 13(2), 157-176.
- Creswell, J. (2014). *Research design. Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. USA: Sage publications.
- D'Amore, B. y Godino, J. (2007). El enfoque ontosemiótico como un desarrollo de la teoría antropológica en didáctica de la matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(2), 191-218.
- Delgado, M. y Solano, A. (2009). Estrategias didácticas creativas en entornos virtuales para el aprendizaje. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 9(2), 1-21.  
 Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44713058027>
- Delors, J. (1994). Los cuatro pilares de la educación. En J. Delors (Comp.), *La educación encierra un tesoro* (pp. 91-103), Paris: Santillana Ediciones UNESCO.

- Díaz-Barriga, A. (2013). TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica. *Revista Iberoamericana de Educación Superior Universia*, 4 (10), 3-21.
- Domínguez, D., Sandoval, M., Cruz, F. y Pulido, A. (2014). Problemas relacionados con la eficiencia terminal desde la perspectiva de estudiantes universitarios. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 12(1), 25-34.
- Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55129541002>
- Downes, S. (2012). *Connectivism and Connective Knowledge. Essays on meaning and learning networks*. Canada: Stephen Downes Creative Commons License.
- Dreger, R. M., y Aiken, L. R. (1957). The identification of number anxiety in a college population. *Journal of Educational Psychology*, 48(6), 344–351.
- Edel-Navarro, R. (2010). Entornos virtuales de aprendizaje. La contribución de “lo virtual” en la educación. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(44), 7-15. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14012513002>
- Edwards, C. (1979). *The Historical Development of the Calculus*. New York: Springer-Verlag.
- Enlace (2014). *Resultado Nacional ENLACE 2014. Último grado de bachillerato*. Recuperado de: [http://www.enlace.sep.gob.mx/content/gr/docs/2014/historico/ENLACE\\_Media\\_2014\\_nacionales\\_e\\_historicos\\_Mod.pdf](http://www.enlace.sep.gob.mx/content/gr/docs/2014/historico/ENLACE_Media_2014_nacionales_e_historicos_Mod.pdf).
- Ertmer, P. y Newby, T. (1993). Conductismo, cognitivismo y constructivismo: Una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50-72. Recuperado de <http://www.galileo.edu/pdh/wp-content/blogs.dir/4/files/2011/05/1.-ConductismoCognositivismo-y-Constructivismo.pdf>
- Escalera-Chávez, M., García-Santillán, A. y Venegas-Martínez, F. (2014). Confirmatory Factorial Analysis to Validity a Theoretical Model to Measure Attitude toward Statistics.

*Mediterranean Journal of Social Science*, 5(1), 569-577.

Escalera-Chávez, M., Moreno-García, E., García-Santillán, A. y Rojas-Kramer, C. (2017).

Factors that promote anxiety toward math on high school students at Rioverde San Luis Potosí. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(1), 189-199.

Eurydice. (2011). *La enseñanza de las matemáticas en Europa: Retos comunes y políticas nacionales*. Bruselas, Bélgica: Eurydice. Doi 10.2797/92132

F-Jardon, C. M. y Martos, M. S. (2011). Un método para determinar competencias distintivas en pequeñas y medianas empresas. *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, 4(2), 195-214.

Fainholc, B., Nervi, H., Romero, R. y Halal, C. (2013). La formación del profesorado y el uso pedagógico de las TIC. *RED. Revista de Educación a Distancia*, (38), 1-14.

Fennema, E. y Sherman, J. (1976). Fennema-Sherman Mathematics Attitudes Scales: Instruments Designed to Measure Attitudes Toward the Learning of Mathematics by Males and Females. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*, 6, 31. (Ms. No. 1225). *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324-326.

Ferreiro, R. (2008). El debate continua. Hacia una educación sin distancia. ¿Lo tecnológico o lo didáctico? *Revista Cognición*, (16), 1-17. Recuperado de [http://www.cognicion.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=199:el-debate-contina-hacia-una-educacin-sin-distancia-lo-tecnolgico-o-lo-didctico&catid=60:participaciones&Itemid=129](http://www.cognicion.net/index.php?option=com_content&view=article&id=199:el-debate-contina-hacia-una-educacin-sin-distancia-lo-tecnolgico-o-lo-didctico&catid=60:participaciones&Itemid=129)

Ferreiro, R. y De Napoli, A. (2008). Más allá del salón de clases: Los nuevos ambientes de aprendizajes. *Revista Complutense de Educación*, 19(2), 333-346. Recuperado de

- <http://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/viewFile/RCED0808220333A/15480>
- Ferrer, D. (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 4(42), 1-17. Recuperado de <http://www.rieoei.org/deloslectores/1517Macias.pdf>
- Fredricks, J., Blumenfeld, P., y Paris, A. (2004). School engagement: potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.
- Galbraith, P. y Haines, C. (1998). Disentangling the nexus: Attitudes to mathematics and technology in a computer learning environment. *Educational Studies in Mathematics*, 36(3), 275-290.
- Galbraith, P. y Haines, C. (2000). *Mathematics-Computing Attitude Scales*. London: Department of Continuing Education, City University.
- Galbraith, P., Haines, C. y Pemberton, M. (1999). A Tale of Two Cities: When Mathematics, Computers and Students Meet. En J. M. Truran y K. M. Truran (Eds.), *Making the Difference: Proceedings of the Twenty-Second Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia MERGA 22* (pp. 215-222), Adelaide: Mathematics Education Research Group of Australasia.
- García, J. (2013). La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería. *Revista Educación*, 37(1), 29-42. Recuperado de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/10627/10295>
- García, M. y Benítez, A. (2011). Competencias matemáticas desarrolladas en ambientes virtuales de aprendizaje: el caso de MOODLE. *Formación Universitaria*, 4(3), 31-42.
- García-Aretio, L. (2001). *La educación a distancia. De la teoría a la práctica*. Barcelona: Editorial Ariel S.A.

- García-Santillán, A. (2017). Measuring set latent variables through exploratory factor analysis with principal components extraction and confirmatory analysis. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 10(2), 167-198. ISSN 1307-5543.
- García-Santillán, A., Escalera-Chávez, M., Camarena-Gallardo, P. y García-Díaz Mirón, A. (2012). Structural Equations Modeling to Measure Variables Involved in the Interaction between Mathematics and Computer. *International Journal of Humanities and Social Science*, 2(24), 6-13.
- García-Santillán, A., Escalera-Chávez, M. y Córdova-Rangel, A. (2012). Variables to measure interaction among mathematics and computer through structural equation modeling. *Journal of Applied Mathematics & Bioinformatics*, 2(3), 51-67.
- García-Santillán, A., Escalera-Chávez, M., Moreno-García, E. y Santana-Villegas, J. C. (2015). Factors that Explains Student Anxiety toward Mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(2), 361-372.
- García-Santillán, A., Flores-Serrano, M. S., López-Morales, J. S., y Ríos-Álvarez, L. (2014). Factors Associated that Explain Anxiety toward Mathematics on Undergraduate Students. (An Empirical Study in Tierra Blanca Veracruz-México). *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(15), 483-493.
- García-Santillán, A., Ortega-Ridaura, I. y Moreno-García, E. (2016). Actitud hacia la matemática y el rol de las TIC en los procesos de enseñanza aprendizaje. Una aproximación para la definición de un modelo teórico [Attitude toward Mathematics and the role of ICT in teaching learning process. An approach to the definition of a theoretical mode]. *European Journal of Education Studies*, 1(2), 102-118.
- García-Santillán, A., Venegas-Martínez, F., Escalera-Chávez, M. y Córdova-Rangel, A. (2013).



- Attitude towards statistics in engineering college: An empirical study in public university (UPA). *Journal of Statistical and Econometric Methods*, 2(1), 43-60.
- Garduño, R. (2009). Contenido educativo en el aprendizaje virtual. *Investigación Bibliotecológica*, 23(47), 15-44.
- Garrison, R. (1997). Self-Directed Learning: Toward a Comprehensive Model. *Adult Education Quarterly*, 48(1), 18-33.
- Gómez-Chacón, I. M. (2010). Actitudes de los estudiantes en el aprendizaje de la matemática con tecnología. *Enseñanza de las ciencias*, 28(2), 227-244.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. y Black, W. C. (1999). Multivariate data analysis, fifth edition. Madrid, España: Prentice Hall.
- Hart, L. E. (1989). Describing the affective domain: Saying what we mean. En D. B. McLeod y V. M. Adams (Eds.), *Affect and Mathematical Problem Solving: A New Perspective* (pp. 37-48). New York: Springer-Verlag.
- Hattie, J. y Yates, G. (2013). *Visible Learning and the Science of How We Learn*. New York: Routledge.
- Hembre, R. (1990). The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33-46.
- Hensel, L. T. y Stephens, L. J. (1997). Personality and attitudinal influences on algebra achievement levels. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 28(1), 25-29.
- Hernández, G. (2009). Capítulo 1: Las TIC como herramientas para pensar e interpensar: un análisis conceptual y reflexiones sobre su empleo. En F. Díaz-Barriga, G. Hernández y M. Rigo (Comps.), *Aprender con TIC en educación superior. Contribuciones desde el*

- socioconstructivismo* (pp. 17-62). México: Facultad de Psicología, UNAM.
- Hernández, G. y Romero, V. (2011). Capítulo 4: El b-learning en contextos educativos universitarios: posibilidades de uso. En F. Díaz-Barriga, G. Hernández y M. Rigo (Eds.), *Experiencias educativas con recursos digitales: prácticas de uso y diseño tecnopedagógico* (pp. 95-120). México: Facultad de Psicología, UNAM.
- Hinojo, M. y Fernández, A. (2012). El aprendizaje semipresencial o virtual: nueva metodología de aprendizaje en Educación Superior. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 10(1), 159-167.
- Hodell, C. (2016). *ISD from the ground up. A No-Nonsense Approach to Instructional Design*. Alexandria, USA: ATD Press.
- Hopko, D., Mahadevan, R., Bare, R. y Hunt, M. (2003). The abbreviated math anxiety scale (AMAS) construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10(2), 178–182.
- Hughes-Hallett, D., Gleason, A., Flath, D., Lock, P., Gordon, S., Lomen, D., Lovelock, D., McCallum, W., Quinney, D., Osgood, B., Pasquale, A., Tecosky-Feldman, J., Thrash, J., Thrash, K., Tucker, T. y Bretscher, O. (2009). *Cálculo*. México: CECSA.
- IBM Knowledge Center (2017). *SPSS Statistics 22.0.0. Análisis factorial: Rotación*. Recuperado de: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSLVMB\\_22.0.0/com.ibm.spss.statistics.help/spss/base/idh\\_fact\\_rot.htm](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSLVMB_22.0.0/com.ibm.spss.statistics.help/spss/base/idh_fact_rot.htm). Consultado el 15 de junio de 2017.
- Instituto Tecnológico de Sonora. (s.f.). *Oferta académica*. Recuperado de: <http://www.itson.mx/oferta/Paginas/ofertaacademica.aspx>
- Instituto Tecnológico de Sonora. (2006). *Antecedentes internos de la modalidad educativa virtual-presencial*. Manuscrito no publicado. Ciudad Obregón, Sonora, México: Instituto Tecnológico de Sonora. Recuperado de:

- [http://www.itson.mx/servicios/adistancia/Documents/antecedentes\\_internos\\_de\\_la\\_modalidad\\_virtual.pdf](http://www.itson.mx/servicios/adistancia/Documents/antecedentes_internos_de_la_modalidad_virtual.pdf). Consultado el 16 de febrero de 2017.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Gago, D. García, E., y Martín, S. (2013). NMC Perspectivas Tecnológicas: Educación Superior en América Latina 2013-2018. Un Análisis Regional del Informe Horizon del NMC. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Jones, P. y Davis, R. (2011). Chapter 1.10. Instructional Design Methods Integrating Instructional Technology. En Information Resources Management Association USA (Eds.). *Instructional Design: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 101-113). Hershey, USA: IGI Global.
- Karakas, S. (2015). The effects of parents' socio economic status on mathematics anxiety among social sciences students in turkey. *International Journal of Education and Research*, 3(1), 311-324.
- Kilpatrick, J. (1990). Lo que el constructivismo puede ser para la educación de la matemática. *Educator*, 17(1), 37-52. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/educar/0211819Xn17/0211819Xn17p37.pdf>
- Kramarski, B. y Gutman, M. (2006). How can self-regulated learning be supported in mathematical e-learning environments? *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(1), 24-33.
- Larson, R. y Hostetler, R. (2008). *Precálculo*. D.F., México: Editorial Reverté.
- Larson, R., Hostetler, R. y Edwards, B. (2006). *Cálculo*. D.F., México: McGraw-Hill Interamericana.
- Leiva, C. (2005). Conductismo, cognitivismo y aprendizaje. *Tecnología en Marcha*, 18(1), 66-73. Recuperado de

[http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec\\_marcha/article/view/442](http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec_marcha/article/view/442)

Ley General de Educación. (2014). Recuperado de:

<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/137.pdf>

Lloréns, L., Espinosa, Y. y Castro, M. L. (2013). Criterios de un modelo de diseño instruccional y competencia docente para la educación superior escolarizada a distancia apoyada en TICC. *Revista Electrónica de Educación Sinéctica*, 1(41), 1-21.

Lois, A. y Milevicich, L. (2008). La enseñanza y aprendizaje del Cálculo Integral desde la perspectiva del nuevo paradigma de la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*, 5(47), 1-15. Recuperado de <http://www.rieoei.org/expe/2182Lois.pdf>

Londoño, E. (2011). El diseño instruccional en la educación virtual: más allá de la presentación de contenidos. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 6(2), 112-127.

Lyons, I. y Beilock, S. (2012). Mathematics Anxiety: Separating the Math from the Anxiety. *Cerebral Cortex*, 22(9), 2102-2110.

Mackie, D. M. (1992). An evaluation of computer-assisted learning in mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 23(5), 731-737.

Malinka, I. y Georgi, I. (2011). Enhancement of learning and teaching in computer graphics through marker augmented reality technology. *International Journal on New Computer Architectures and Their Applications*, 1(1), 176-184.

Maribe, R. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York, USA: Springer.

Mato, D. (2006). *Diseño y validación de dos cuestionarios para evaluar las actitudes y la ansiedad hacia las matemáticas en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria* (Tesis de doctorado). Recuperada del repositorio digital de Dialnet.

- (<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=43521>).
- Melin-Conjeros, J. (1993). *The effect of using a computer algebra system in a mathematics laboratory on the achievement and attitude of calculus students* (Tesis de doctorado). Recuperada del repositorio digital ACM (<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=919354&prelayout=tabs>).
- Méndez, C. y Delgado, J. (2013). Promover el aprendizaje activo del cálculo. *Pedagogía Universitaria*, 18(5), 70-89.
- Merzbach, U. y Boyer, C. (2011). *A History of Mathematics*. USA: John Wiley & Sons.
- Meyer, M.R. (1985). *The prediction of mathematics achievement and participation for females and males: a longitudinal study of affective variables* (Tesis de doctorado). Recuperada del repositorio digital de la Universidad de Wisconsin-Madison (<https://search.library.wisc.edu/catalog/999566338902121>).
- Miller, E. (2011). Technology-Enhanced Calculus Lectures. *Academic Exchange quarterly*, 15(4), 1-7.
- Mirete, A., García-Sánchez, F. y Maquilón, J. (2014). Webs didácticas en educación superior: análisis de su contenido y valoración del estudiante. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 79(28.1), 95-114.
- Moreno-García, E., García-Santillán, A. y Cristóbal-Hernández, C. (2014). Evaluation, temporality, numerical skill and daily mathematics operations as factors that explain anxiety toward mathematics on high school students: An empirical study in Tuxtepec-Oaxaca, México. *Asian Social Science*, 10(12), 79-89.
- Muñoz, P. y González, M. (2009). *El diseño de materiales de aprendizaje multimedia y las nuevas competencias del docente en contextos teleformativos*. Madrid: Editorial bubok.
- Muñoz, J. y Mato, D. (2007). Elaboración y estructura factorial de un cuestionario para medir la ansiedad hacia las matemáticas en alumnos de ESO. *Revista galego-Portuguesa de*

- Psicología e Educación*, 14(1), 221-231.
- Niedmann, C. y Illesca, M. (1993). El contrato de aprendizaje: Un instrumento para el autoaprendizaje. *Investigación y Educación en Enfermería*, 11(1).
- Núñez-Peña, M. I., Suárez-Pellicioni, M., Guilera, G. y Mercadé-Carranza, C. (2013). A Spanish versión of the short Mathematics Anxiety Rating Scale (sMARS). *Learning and Individual Differences*, 24, 204-210.
- Obaya, A. (2003). El construccionismo y sus repercusiones en el aprendizaje asistido por computadora. *ContactoS*, 48(1), 61-64. Recuperado de:  
<http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n48ne/construc.pdf>
- OCDE (2009). *Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del milenio en los países de la OCDE*. Recuperado de:  
[http://recursostic.educacion.es/blogs/europa/media/blogs/europa/informes/Habilidades\\_y\\_competencias\\_siglo21\\_OCDE.pdf](http://recursostic.educacion.es/blogs/europa/media/blogs/europa/informes/Habilidades_y_competencias_siglo21_OCDE.pdf)
- OCDE (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection, PISA*. Paris: OECD Publishing.
- OCDE (2016). *Resultados de PISA 2015. Nota país. México*. Recuperado de:  
<https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Mexico-ESP.pdf>
- OCDE (2017). *Acerca de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2005). *Informe mundial de la UNESCO. Hacia las sociedades del conocimiento*. Paris: Ediciones UNESCO. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2008).

- Conclusiones y recomendaciones de la 48ª reunión de la Conferencia Internacional de Educación. La Educación inclusiva: el camino hacia el futuro.* Recuperado de:  
[http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user\\_upload/Policy\\_Dialogue/48th\\_ICE/CONFINTED\\_48-5\\_Conclusions\\_spanish.pdf](http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Policy_Dialogue/48th_ICE/CONFINTED_48-5_Conclusions_spanish.pdf)
- Oyarbide, M. A. (2004). Jerome Seymour Bruner: De la percepción al lenguaje. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33(7), 1-18.
- Pape, S. J. (2005). Interventions that support future mathematics learning: Developing self-regulated learners in K-12 classrooms. En: S. Wagner (Ed). *Prompt Intervention in Mathematics Education* (pp. 77-97). Ohio, USA: Ohio Resource Center for Mathematics, Science, and Reading and Ohio Department of Education.
- Pape S. J. y Wang, C. (2003). Middle school children's strategic behavior: Classification and relation to academic achievement and mathematical problem solving. *Instructional Science*, 31(6), 419-449.
- Papert, S. (1982). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. All about LOGO- how it was invented and how it works.* Toledo, OH: Basic Books, Inc.
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School In The Age Of The Computer.* New, York, USA: BasicBooks.
- Parekh, R. (2013). *Principles of Multimedia.* New Delhi: McGraw-Hill.
- Park, K. (1993). *A comparative study of the traditional calculus and mathematics course* (Tesis de doctorado). Recuperada del repositorio digital de la Universidad de Illinois (<https://www.ideals.illinois.edu/browse?value=Park%2C+Kyungmee&type=author>).
- Peñalva, L. (2010). Las matemáticas en el desarrollo de la metacognición. *Política y Cultura*, (33), 135-151.

- Peralta-García, J., Cuevas-Salazar, O., Ansaldo-Leyva, J., Morimoto-Garcés, T. y Rojas-Tenorio, J. (2009). Capítulo XI: Evaluación del uso de objetos de aprendizaje en un curso de matemáticas que se imparte en la modalidad virtual-presencial. En E. Del Hierro (Ed.), *Nuevas Modalidad para la Educación* (pp. 119-126). Cd. Obregón: Instituto Tecnológico de Sonora.
- Piaget, J. (1968). *On the development of memory and identity*. Worcester, Mass.: Clark University Press.
- Pierce, R., Stacey, K. y Barkatsas, A. (2007). A scale for monitoring students' attitudes to learning Mathematics with Technology. *Computers & Education*, 48(2), 285-300.
- PISA (2017). *Programme for International Student Assessment. PISA en español*. Recuperado de: <https://www.oecd.org/pisa/pisaenespaol.htm>
- Planea (2016). *Publicación de Resultados 2016*. Recuperado de: [http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2016/DifusionPLANEA\\_EMS.pdf](http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2016/DifusionPLANEA_EMS.pdf)
- Planea (2017). *Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes*. Recuperado de: <http://www.planea.sep.gob.mx/>
- Posada, J. J. (1993). Jerome Bruner y la educación de adultos. *BOLETIN*, 32(1), 49-54.
- Radford, L. y André, M. (2009). Cerebro, cognición y matemáticas. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 12(2), 215-250.
- Ramírez, D. y Chávez, L. (2012). El concepto de mediación en la comunidad del conocimiento. *Revista Electrónica de Educación Sinéctica*, 1(39), 1-16.
- Rico, L. (1998). III. Cursos. 1. Errores y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. En J. Kilpatrick, P. Gómez, y L. Rico (Eds.), *Educación Matemática. Errores y dificultades de los estudiantes. Resolución de problemas. Evaluación. Historia* (pp. 69-108). Bogotá,



Colombia: Universidad de los Andes.

Richardson, F. y Suinn, R. (1972). The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data.

*Journal of Counseling Psychology*, 19(6), 551-554.

Rodríguez, J. (2009). Patrones pedagógicos en educación virtual. *RED Revista de Educación a Distancia*, (10), 1-16.

Rodríguez, M., Abraham, G., y Ávila, E. (2014). Recurso virtual que favorece el autoaprendizaje. En P. Lestón (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 27, 2263-2270. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.

Rouquette, J. y Suárez, A. (2013). Un nuevo escenario para la pertinencia del conocimiento matemático. *Reencuentro*, 1(68), 26-33. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34030524004>

Ruíz, J. (2008). Problemas actuales de la enseñanza aprendizaje de la Matemática. *Revista Iberoamericana de Educación* 3(47), 1-8. Recuperado de:  
<http://www.rieoei.org/deloslectores/2359Socarras-Maq.pdf>

Ruíz-Velasco, E. (2007). *Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

Sackney, L. y Mergel, B. (2007). Chapter 5. Contemporary learning theories, instructional design and leadership. En J. Burger, C. Webber y P. Klinck (Eds.), *Intelligent Leadership. Constructs for Thinking Education Leaders* (pp. 67-98). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Salinas, J. (2012). La investigación ante los desafíos de los escenarios de aprendizaje futuros. *RED Revista de Educación a Distancia*, 32(1), 1-23. Recuperado de:  
<http://www.um.es/ead/red/32/salinas.pdf>

- Salinas, M. (2011, 1 de abril). *Entornos virtuales de aprendizaje en la escuela: tipos, modelo didáctico y rol del docente*. Exposición desarrollada en la Semana de la Educación 2011: Pensando la escuela. Tema central: “La escuela necesaria en tiempos de cambio”, Buenos Aires. Recuperado de: [http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo82/files/educacion-EVA-en-la-escuela\\_web-Depto.pdf](http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo82/files/educacion-EVA-en-la-escuela_web-Depto.pdf)
- Salinas, P., Alanís, J., Pulido, R., Santos, F., Escobedo, J. y Garza, J. (2012). *Cálculo Aplicado. Competencias matemáticas a través de contextos. Tomo I*. D.F., México: Cengage Learning Editores.
- Salkind, N. (1999). *Métodos de investigación*. D.F., México: Prentice Hall.
- Santiago, P., McGregor, I., Nusche, D., Ravela, P. y Toledo, D. (2012). *OECD Reviews of Evaluation and Assessment in Education: Mexico 2012*. Paris: OECD Publishing. Doi 10.1787/9789264172647
- Schenkel, B. (2009). *The impact of an attitude toward mathematics on mathemaitcs performance* (Tesis de maestría). Recuperada del repositorio digital del Marietta College. ([https://etd.ohiolink.edu/rws\\_etd/document/get/marietta1241710279/inline](https://etd.ohiolink.edu/rws_etd/document/get/marietta1241710279/inline)).
- Schoenfeld, A. H. (1989). Explorations of student’s mathematical beliefs and behaviour. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(4), 338-355.
- Secretaría de Educación Pública. (2014). *Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares. Educación media superior*. Recuperado de: <http://www.enlace.sep.gob.mx/ms/>
- Sherman, H. y Christian, M. (1999). Mathematics attitudes and global self-concept: An investigation of the relationship. *College Student Journal*, 22(1), 1-6.
- Siemens, G. (2004). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*. Recuperado de <http://devrijeruimte.org/content/artikelen/Connectivism.pdf>

- Siemens, G. (2006). *Connectivism: Learning Theory or Pastime of the Self-Amused?* Recuperado de <http://altamirano.biz/conectivismo.pdf>
- Silva, J. (2011). *Diseño y moderación de entornos virtuales de aprendizaje (EVA)*. Barcelona, España: Editorial UOC.
- Starr, L. (2001). *Same time this year*. Recuperado el 05 de abril de 2016 de [http://www.educationworld.com/a\\_tech/tech075.shtml](http://www.educationworld.com/a_tech/tech075.shtml)
- Stewart, J., Redlin, L. y Watson, S. (2007). *Precálculo. Matemáticas para el cálculo*. D.F., México: Cengage Learning.
- Struik, D. (1987). *A Concise History of Mathematics: Fourth Revised Edition*. N.Y., USA: Dover Publications, Inc.
- Tall, D. y Razali, M. R. (1993). Diagnosing students' difficulties in learning mathematics. *International Journal for Mathematical Education in Science and Technology*, 24(2), 209-222.
- Tapia, M. y Marsh, G. (2004). An instrument to measure mathematics attitudes. *Academic Exchange Quarterly*, 8(2), 16-21.
- Tartre, L. A. y Fennema, E. (1995). Mathematics achievement and gender: A longitudinal study of selected cognitive and affective variables (Grades 6-12). *Educational Studies in Mathematics*, 28(3), 199-217.
- Thompson, P., Byerley, C. y Hatfield, N. (2013). A conceptual approach to calculus made possible by technology. *Computers in the Schools*, (30), 124-147.
- Toro, U. y Joshi, M. (2012). ICT in Higher Education: Review of Literature from the Period 2004-2011. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 3(1), 20-23.

- Torres, A. (2004). *La modelación y las gráficas en situaciones de movimiento con tecnología* (Tesis de maestría). Recuperada del repositorio digital del Instituto Politécnico Nacional. (<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/11665>)
- Turégano, P. (1998). Del área a la integral. Un estudio en el contexto educativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 233-249.
- Turpo, O. (2010). Contexto y desarrollo de la modalidad educativa blended learning en el sistema universitario iberoamericano. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(45), 345-370.
- Valbuena, S., Ortiz, C., y Agudelo, O. (2015). Desarrollo y evaluación de un material didáctico multimedia para facilitar el aprendizaje de matemáticas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 11(1), 70-83.
- Vale, C. M., y Leder, G. C. (2004). Student views of computer-based mathematics in the middle years: does gender make a difference? *Educational Studies in Mathematics*, 56(2), 287–312.
- Valenzuela, E. M. (2014). *Impacto de una propuesta educativa sobre simplificación de fracciones en nivel universitario* (Tesis de maestría). Recuperada de repositorio físico del Instituto Tecnológico de Sonora.
- Valverde, G. y Näslund-Hadley, E. (2010). *La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe. Notas técnicas #IDB-TN-211 Banco Interamericano de Desarrollo*. Recuperado de: <http://www.oei.es/salactsi/bidciencias.pdf>
- Van der Sandt, S. (2007). Research framework on mathematics teacher behavior: Koehler and Grouws' framework revisited. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(4), 343-350.

Vielma, E. y Salas, M. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner.

Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. *Educere*, 3(9), 30-37.

Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35630907>

Vigotsky, L. (1978). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona, España:

Grupo editorial Grijalbo.

Watson, J. (2009). *Behaviorism*. New Brunswick, New Jersey, USA: Transaction Publishers.

Zaldívar, L., Cruz, Y. y Gamboa, M. (2015). Mediación didáctica contextualizada de las

tecnologías de la información y la comunicación pasa la fijación de los conceptos

matemáticos. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 6(1), 49-68. Recuperado de

<http://runachayecuador.com/refcale/index.php/didascalía/article/view/267>

Zimmerman, B. (2008). Investigating Self-Regulation and Motivation: Historical Background,

Methodological Developments, and Future Prospects. *American Educational Research*

*Journal*, 45(1), 166-183.

Zúñiga, L. (2007). El Cálculo en carreras de Ingeniería: un estudio cognitivo. *Revista*

*Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(1), 145-175.

Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33500107>

## Apéndice A. Escala sobre la ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas (RMARS)

Los elementos del cuestionario hacen referencia a las cosas y experiencias que pueden causar temor o aprensión. Para cada enunciado seleccionar en el recuadro de la derecha, la columna que describe el **nivel en que considera que está asustado en la actualidad hacia la matemática**. Responda lo más rápido posible, pero asegúrese de considerar cada elemento del cuestionario. Lee cuidadosamente cada una de las siguientes afirmaciones y marca con una cruz la respuesta que mejor describa lo que piensas.

**En relación al curso de matemáticas, en la actualidad, ¿qué tanto le asusta lo siguiente?**

Nada <b>1</b>	Poco <b>2</b>	Regular <b>3</b>	Mucho <b>4</b>	Demasiado <b>5</b>
------------------	------------------	---------------------	-------------------	-----------------------

Indicadores	1	2	3	4	5
1.- Estudiar para un examen de matemáticas					
2.- Tomar un examen de la sección de matemáticas, para la entrada a la universidad					
3.- Tomar un examen rápido en un curso de matemáticas					
4.- Tomar un examen final en un curso de matemáticas					
5.- Recoger un libro de matemáticas para iniciar una tarea					
6.- Al ser entregada la tarea con muchos problemas difíciles que deben entregarse la siguiente clase					
7.- Pensar en el próximo examen de matemáticas una semana antes					
8.- Pensar en el próximo examen de matemáticas un día antes					
9.- Pensar en el próximo examen de matemáticas una hora antes					
10.- Darse cuenta que tiene que tomar un cierto número de clases de matemáticas para cumplir con los requisitos de su especialidad					
11.- Recoger un libro de matemáticas para iniciar una difícil tarea de lectura					
12.- Recibir la calificación final de matemáticas por correo					
13.- Abrir un libro de matemáticas o estadística y ver una página llena de problemas					
14.- Prepararse para estudiar para el examen de matemáticas					
15.- Hacer un examen imprevisto en la clase de matemáticas					
16.- Dar lectura a un recibo después de realizar la compra					
17.- Recibir un conjunto de problemas numéricos que implica resolverlos en el papel					
18.- Recibir un conjunto de problemas de resta para resolver					
19.- Recibir un conjunto de problemas de multiplicación para resolver					
20.- Recibir un conjunto de problemas de división para resolver					
21.- Comprar un libro de texto de matemáticas					
22.- Observar a un maestro haciendo una ecuación algebraica en el pizarrón					
23.- Inscribirse a un curso de matemáticas					
24.- Escuchar a otro alumno explicando la fórmula matemática					
25.- De camino a la clase de matemáticas					

## Apéndice B. Instrumento de actitudes hacia las matemáticas y el aprendizaje a través de las computadoras

Tabla B1

*Variable “Confianza en matemáticas” (Mathematics Confidence)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
1	Mathematics is a subject in which I get value for effort.	Matemáticas es una materia donde se me valora el esfuerzo.
2	The prospect of having to learn new mathematics makes me nervous.	La posibilidad de tener que aprender algo nuevo en matemáticas me pone nervioso.
3	I can get good results in mathematics.	Puedo conseguir buenos resultados en matemáticas.
4	I am more worried about mathematics than any other subject.	Estoy más preocupado por las matemáticas que por cualquier otra materia.
5	Having to learn difficult topics in mathematics does not worry me.	Tener que aprender temas difíciles en matemáticas no me preocupa.
6	No matter how much I study, mathematics is always difficult for me.	No importa lo mucho que estudie, las matemáticas siempre son difíciles para mí.
7	I am not naturally good at mathematics.	No soy naturalmente bueno en matemáticas.
8	I have a lot of confidence when it comes to mathematics.	Tengo mucha confianza en lo que respecta a las matemáticas.

Tabla B2

*Variable “Motivación en matemáticas” (Mathematics Motivation)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
9	Mathematics is a subject I enjoy doing.	Matemáticas es una materia que disfruto llevar.
10	I having to spend a lot of time on a mathematics problem frustrate me.	Pasar mucho tiempo resolviendo un problema de matemáticas me frustra.
11	I don't understand how some people can get so enthusiastic about doing mathematics.	No entiendo cómo algunas personas pueden estar tan entusiasmadas de llevar matemáticas.
12	I can become completely absorbed doing mathematics problems.	Resolver problemas de matemáticas me puede absorber completamente.

(continúa)

Tabla B2

(continuación)

*Variable “Motivación en matemáticas” (Mathematics Motivation)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
13	If something about mathematics puzzles me, I would rather be given the answer than have to work it out myself.	Si algo en matemáticas me desconcierta, prefiero que me den la respuesta antes que tratar de resolverlo por mí mismo.
14	I like to stick at a mathematics problem until I get it out.	Me concentro en un problema de matemáticas hasta que lo resuelvo.
15	The challenge of understanding mathematics does not appeal to me.	El reto de entender las matemáticas no me atrae.
16	If something about mathematics puzzles me, I find myself thinking about it afterwards.	Si algo en matemáticas me desconcierta continuo pensando en ello tiempo después.

Tabla B3

*Variable “Confianza en la computadora” (Computer Confidence)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
17	As a male/female (cross out which does not apply) I feel disadvantaged in having to use computers.	Como hombre/mujer me siento en desventaja al tener que usar las computadoras.
18	I have a lot of self-confidence in using computers.	Siento que domino las computadoras.
19	I feel more confident of my answers with a computer to help me.	Me siento más seguro de mis respuestas si tengo una computadora para ayudarme.
20	If a computer program I am using goes wrong, I panic.	Si un programa de computadora que estoy utilizando falla, entro en pánico.
21	I feel nervous when I have to learn new procedures on a computer.	Me siento nervioso cuando tengo que aprender algo nuevo en la computadora.
22	I am confident that I can master any computer procedure that is needed for my course.	Estoy seguro que puedo dominar cualquier procedimiento computacional que sea necesario para el curso.
23	I don't trust myself to get the right answers using a computer.	No confío en mí para obtener las respuestas correctas usando la computadora.

(continúa)



Tabla B3

(continuación)

*Variable “Confianza en la computadora” (Computer Confidence)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
24	If I make a mistake when using a computer I am usually able to work out what to do for myself.	Si cometo un error en la computadora por lo general soy capaz de resolverlo por mí mismo.

Tabla B4

*Variable “Motivación con la computadora” (Computer Motivation)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
25	If I can avoid using a computer I will.	Si puedo evitar usar la computadora lo haré.
26	The way computers force you to follow a procedure annoys me.	Me molesta que las computadoras me obliguen a seguir un procedimiento.
27	I will work at a computer for long periods of time to successfully complete a task.	Trabajaré en la computadora mucho tiempo para concluir la asignación exitosamente.
28	I enjoy thinking up new ideas and examples to try out on a computer.	Disfruto pensar en nuevas ideas y ejemplos para probar en la computadora.
29	Using a computer makes learning more enjoyable.	La computadora hace que el aprendizaje sea más agradable.
30	I like the freedom to experiment that is provided by a computer.	Me gusta la libertad de experimentar lo que proporciona una computadora.
31	I don't understand how some people can get so involved with computers.	No entiendo cómo algunas personas pueden involucrarse tanto con una computadora.
32	Using computers makes me mentally lazy.	Usar computadoras provoca pereza mental.

Tabla B5

*Variable “Interacción Computadora-Matemáticas” (Computer-Mathematics Interaction)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
33	Computers help me to learn better by providing many examples to work through.	Las computadoras me ayudan a aprender mejor porque me proporcionan muchos ejemplos.
34	I find it difficult to transfer understanding from a computer screen to my head.	Me resulta difícil aprender a través de la pantalla de una computadora.
35	By looking after messy calculations, computers make it easier to learn essential ideas.	Por lo laborioso de los cálculos, las computadoras me facilitan aprender las ideas esenciales.
36	When I read a computer screen, I tend to gloss over the details of the mathematics.	Cuando leo en la computadora, se me pasan los detalles en matemáticas.
37	I find it helpful to make notes in addition to copying material from the screen, or obtaining a printout.	Me parece útil hacer apuntes además de copiar la información de la pantalla o imprimir el material.
38	I rarely review the material soon after a computer session is finished.	Rara vez reviso de nuevo el material una vez que termina la sesión computacional.
39	Following keyboard instructions takes my attention away from the mathematics.	Seguir las instrucciones en el teclado me distrae de las matemáticas.
40	Computers help me to link knowledge e.g. the shapes of graphs and their equations.	Las computadoras me ayudan a vincular el conocimiento, por ejemplo, las formas de las gráficas y sus ecuaciones.

Tabla B6

*Variable “Compromiso en Matemáticas” (Mathematics Engagement)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
41	I prefer to work with symbols (algebra) than with pictures (diagrams and graphs).	Prefiero trabajar con símbolos (álgebra) que con imágenes (diagramas y gráficos).
42	I prefer to work on my own than with a group.	Prefiero trabajar por mi cuenta que en grupo.
43	I find working through examples less effective than memorising given material.	Estudiar con ejemplos es menos efectivo que memorizar el material.
44	I find it helpful to test understanding by attempting exercises and problems.	Resolver ejercicios y problemas me ayuda a evaluarme.

(continúa)

Tabla B6

(continuación)

*Variable “Compromiso en Matemáticas” (Mathematics Engagement)*

#	Ítems	
	Inglés	Español
45	When studying mathematics I try to link new ideas to knowledge I already have.	Cuando estudio matemáticas trato de relacionar los temas nuevos con los conocimientos que ya tengo.
46	When learning new mathematical material I make notes to help me understand and remember.	Para aprender temas nuevos de matemáticas hago notas para ayudarme a comprender y recordar.
47	I like to revise topics all at once rather than space out my study.	Me gusta revisar todos los temas a la vez en lugar de estudiarlos por separado.
48	I don't usually make time to check my own working to find and correct errors.	Mis trabajos normalmente no los reviso para identificar y corregir errores.

## Apéndice C. Escala sobre la actitud hacia la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas (MTAS)

Lee cuidadosamente cada una de las siguientes afirmaciones y marca con una cruz la respuesta que mejor describa lo que piensas.

Casi nunca	A veces	La mitad de las veces	Usualmente	Casi siempre
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Indicadores	1	2	3	4	5
1.- Me concentro mucho en matemáticas					
2.- Trato de responder a las preguntas que hace el profesor					
3.- Si me equivoco, busco corregir mis errores					
4.- Si no puedo resolver un problema, sigo intentando con diferentes ideas					

Muy en desacuerdo	En desacuerdo	No estoy seguro	De acuerdo	Muy de acuerdo
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Indicadores	1	2	3	4	5
5.- Soy bueno usando las computadoras					
6.- Soy bueno usando dispositivos como DVD, MP3 y celulares					
7.- Puedo arreglar muchos de los problemas de la computadora					
8.- Puedo usar cualquier programa de la computadora que sea necesario para la escuela					
9.- Soy bueno para matemáticas					
10.- Puedo obtener buenas calificaciones en matemáticas					
11.- Sé que puedo superar las dificultades en matemáticas					
12.- Me siento confiado en matemáticas					
13.- Estoy interesado en aprender nuevas cosas en matemáticas					
14.- En matemáticas obtienes recompensas por tu esfuerzo					
15.- Aprender matemáticas es agradable					
16.- Me siento satisfecho cuando resuelvo problemas en matemáticas					
17.- Me gusta usar calculadoras graficadoras para matemáticas					
18.- El esfuerzo adicional para usar una calculadora graficadora en matemáticas vale la pena					
19.- Las matemáticas son más interesantes cuando se usan calculadoras graficadoras					
20.- Las calculadoras graficadoras me ayudan a aprender mejor las matemáticas					

## Apéndice D. Matrices de correlaciones de las escalas RMARS y MTAS

Tabla D1

*Matriz de correlaciones de la escala RMARS*

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25
A1	1.00	.517	.535	.459	.388	.459	.535	.496	.455	.506	.340	.348	.451	.643	.399	.325	.428	.370	.372	.337	.293	.438	.440	.423	.408
A2		1.00	.625	.571	.301	.403	.381	.489	.434	.409	.291	.335	.386	.434	.488	.193	.378	.228	.239	.264	.165	.337	.300	.256	.280
A3			1.00	.570	.362	.477	.488	.515	.504	.448	.300	.388	.390	.473	.548	.165	.357	.222	.246	.237	.200	.348	.343	.273	.302
A4				1.00	.223	.512	.467	.572	.561	.388	.323	.422	.395	.410	.556	.103	.320	.170	.181	.211	.215	.252	.307	.149	.229
A5					1.00	.404	.399	.248	.201	.382	.525	.256	.397	.470	.195	.404	.401	.455	.484	.406	.391	.371	.455	.414	.434
A6						1.00	.533	.525	.476	.536	.444	.390	.496	.483	.477	.262	.445	.282	.318	.334	.298	.438	.429	.331	.350
A7							1.00	.664	.533	.473	.393	.400	.445	.586	.454	.313	.436	.322	.342	.320	.333	.363	.416	.381	.386
A8								1.00	.794	.443	.291	.471	.430	.462	.584	.142	.378	.155	.170	.194	.183	.328	.297	.207	.223
A9									1.00	.428	.224	.463	.402	.368	.594	.086	.328	.101	.129	.170	.151	.257	.252	.178	.140
A10										1.00	.471	.345	.505	.500	.401	.384	.523	.455	.444	.471	.313	.455	.458	.416	.472
A11											1.00	.312	.541	.435	.345	.296	.384	.342	.381	.395	.414	.376	.453	.366	.399
A12												1.00	.413	.411	.464	.170	.342	.188	.198	.234	.166	.269	.287	.193	.134
A13													1.00	.587	.458	.320	.482	.334	.349	.346	.402	.467	.494	.426	.369
A14														1.00	.444	.419	.502	.494	.533	.468	.371	.516	.538	.577	.531
A15															1.00	.076	.372	.156	.155	.204	.211	.254	.332	.192	.174
A16																1.00	.481	.522	.510	.447	.331	.441	.364	.497	.453
A17																	1.00	.637	.589	.607	.417	.530	.496	.483	.440
A18																		1.00	.867	.789	.427	.471	.417	.513	.528
A19																			1.00	.860	.457	.522	.476	.565	.545
A20																				1.00	.390	.491	.442	.512	.510
A21																					1.00	.422	.497	.426	.385
A22																						1.00	.607	.645	.554
A23																							1.00	.657	.522
A24																								1.00	.613
A25																									1.00

a. Determinante = 6.58E-008

Tabla D2

*Matriz de correlaciones de la escala MTAS*

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
T1	1.00	.452	.397	.364	.006	-.002	.012	.004	.404	.390	.312	.375	.275	.252	.330	.273	.074	.061	.043	.033
T2		1.00	.319	.310	.030	-.012	.103	.016	.292	.289	.238	.268	.195	.247	.224	.187	.139	.076	.029	.011
T3			1.00	.532	.076	.040	.056	.106	.356	.344	.314	.307	.300	.299	.355	.197	.116	.097	.077	.089
T4				1.00	.073	.032	.047	.114	.373	.346	.277	.347	.279	.205	.263	.179	.162	.102	.065	.050
T5					1.00	.607	.562	.546	.092	.108	.145	.056	.130	.024	.051	.106	.109	.048	.137	.108
T6						1.00	.477	.457	.052	.084	.092	.025	.095	.016	-.009	.112	.081	.030	.116	.101
T7							1.00	.583	.051	.045	.061	.068	.076	.099	.036	.103	.140	.107	.108	.123
T8								1.00	.085	.109	.105	.075	.139	.101	.044	.159	.110	.057	.105	.084
T9									1.00	.727	.558	.710	.309	.318	.462	.240	.085	.008	.009	.003
T10										1.00	.666	.672	.363	.350	.462	.239	.113	.042	.092	.099
T11											1.00	.591	.367	.320	.450	.256	.106	.065	.015	.016
T12												1.00	.351	.372	.485	.200	.119	.045	.044	.038
T13													1.00	.371	.505	.300	.191	.164	.126	.138
T14														1.00	.498	.256	.226	.155	.153	.157
T15															1.00	.367	.275	.227	.151	.154
T16																1.00	.170	.117	.098	.088
T17																	1.00	.685	.576	.564
T18																		1.00	.638	.628
T19																			1.00	.735
T20																				1.00

a. Determinante = .000

## Apéndice E. Instrumento de adquisición del conocimiento tema I y tema II



Instituto Tecnológico de Sonora  
Depto. Matemáticas

Cálculo I

### Examen

Tema I. Modelo lineal

Tema II. Cálculo del valor aproximado del cambio acumulado

Nombre \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

Lee cuidadosamente los problemas y contesta lo solicitado en cada inciso.

**Problema 1.** Una llave está llenando de agua un tanque que tiene la forma de un cilindro de un metro y medio de altura y radio en su base de 45 centímetros. La siguiente tabla muestra los valores del nivel de agua en el tanque en determinados tiempos.

Tiempo $t$ (minutos)	Nivel $h$ (centímetros)
0	20
2	29
4	38
6	47
8	56

Los datos en la tabla nos permiten suponer que a partir de que lo observamos (*en  $t=0$* ) el nivel del agua en el tanque está cambiando uniformemente en el tiempo.

- ¿Cuál es el valor de la **razón de cambio** (constante) del nivel  $h$  con respecto al tiempo  $t$ ?
- Construye la **función** lineal que permite predecir el nivel de agua en cualquier tiempo admisible, mientras el tanque se está llenando.
- ¿Cuál será el **nivel** del agua en el tanque a los **21.5 minutos**?
- ¿Cuánto **tiempo** se tardará en llenar el tanque?

- e) ¿Cuál es el *cambio* que se produce en el nivel entre los 3 y 3.5 minutos?

**Problema 2.** Un coche frena bruscamente de tal forma que de ir a 35 metros/segundo llega a 0.38 metros/segundo en 3 segundos.

- a) Comprueba que la función  $V(t) = \frac{35}{10t^2+1}$  cumple con la información dada y supón que modela el comportamiento de la velocidad del coche.
- b) Calcula un valor aproximado del cambio de la posición (distancia recorrida) del coche en el intervalo de tiempo de los 0 a los 3 segundos. Divide el intervalo  $[0,3]$  en 3 subintervalos de igual longitud  $\Delta t = 1$ . Argumenta por qué ésta es una mejor aproximación que la obtenida en el inciso anterior.

$t$	$V(t)$	$V(t)\Delta t$	$\Delta t$

- c) Calcula un valor aproximado del cambio de la posición (distancia recorrida) del coche en el intervalo de tiempo de los 0 a los 3 segundos. Divide el intervalo  $[0,3]$  en 6 subintervalos de igual longitud  $\Delta t = 0.5$ . Argumenta por qué ésta es una mejor aproximación que la obtenida en el inciso anterior.

$t$	$V(t)$	$V(t)\Delta t$	$\Delta t$

- d) Si el coche se dirigía a un letrero ubicado a 25 metros de donde comenzó a frenar. ¿Puedes con la información obtenida en el inciso anterior asegurar que se estrelló con el letrero?

## Apéndice F. Encuesta de opinión para valorar el ambiente virtual de aprendizaje

### Encuesta de Opinión

Marque con una cruz la respuesta que mejor describa su opinión acerca de las actividades desarrolladas en la página web [www.calculo1.com](http://www.calculo1.com), donde:

Totalmente en desacuerdo 1	En desacuerdo 2	Neutral 3	De acuerdo 4	Totalmente de acuerdo 5
-------------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	-------------------------------

	1	2	3	4	5
1. La página web es amigable (es fácil desplazarte en el sitio, puedes encontrar el apartado que buscas, abres los recursos sin problemas)					
2. La página web ayudó a la comprensión de los temas.					
3. La explicación de los temas no requiere de la presencia de un maestro.					
4. La apariencia de la página web es adecuada.					
5. El contraste de colores de la página web es apropiado.					
6. La calidad de las imágenes utilizadas cuentan con excelente visibilidad.					
7. La legibilidad de los textos es adecuada.					
8. El audio es de buena calidad.					
9. La calidad de la expresión hablada transmite el mensaje con efectividad.					
10. Las lecciones en video despiertan el interés sobre el tema en estudio.					
11. La duración de las lecciones en video es adecuada.					
12. Las lecciones en video te ayudaron en la comprensión de los temas.					
13. El tiempo dedicado a las lecciones es suficiente.					
14. Los ejercicios de autoevaluación con software interactivo te ayudaron en la comprensión de los temas.					
15. El grado de dificultad de los ejercicios de autoevaluación fue el adecuado.					
16. La estructura de las actividades te permitió comprender los temas.					
17. ¿Recomendarías esta página Web para el aprendizaje de los temas I y II de Cálculo I?					
Algún comentario que desee aportar puede expresarlo en este espacio:					



## Apéndice G. Resultados de encuesta para valorar el ambiente virtual de aprendizaje

Tabla G1

*Valoración sobre la página web con frecuencias, porcentajes y puntos*

Afirmación	Frecuencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
La página web es amigable.		2	3	10	19
La apariencia es adecuada.		2	8	16	8
El contraste de colores es apropiado.		2	8	14	10
Las imágenes tienen excelente visibilidad.			4	18	12
La legibilidad de los textos es adecuada.		1	3	17	13
El audio es de buena calidad.			3	16	15
Total frecuencia	0	7	29	91	77
Porcentaje	0.00	3.43	14.22	44.61	37.75
Puntos	0	14	87	364	385
Total puntos	850				

Tabla G2

*Valoración de las lecciones en video con frecuencias, porcentajes y puntos*

Afirmación	Frecuencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
La expresión hablada transmite el mensaje con efectividad.		2	5	20	7
Las lecciones en video despiertan el interés sobre el tema.	1	1	9	14	9
La duración de las lecciones en video es adecuada.		1	7	15	11

(continúa)

Tabla G2

(continuación)

*Valoración de las lecciones en video con frecuencias, porcentajes y puntos*

Afirmación	Frecuencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Las lecciones en video te ayudaron a la comprensión de los temas.		2	9	10	13
El tiempo dedicado a las lecciones es suficiente.	1	1	13	11	8
Total frecuencia	2	7	43	70	48
Porcentaje	1.18	4.12	25.29	41.18	28.24
Puntos	2	14	129	280	240
Total puntos	665				

Tabla G3

*Valoración de los ejercicios de autoevaluación con frecuencias, porcentajes y puntos*

Afirmación	Frecuencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Los ejercicios de autoevaluación con software interactivo te ayudaron en la comprensión de los temas.	2	3	4	13	12
El grado de dificultad de los ejercicios de autoevaluación fue el adecuado.		2	10	13	9
Total frecuencia	2	5	14	26	21
Porcentaje	2.94	7.35	20.59	38.24	30.88
Puntos	2	10	42	104	105
Total puntos	263				

Tabla G4

*Valoración sobre la comprensión de los temas con frecuencias, porcentajes y puntos*

Afirmación	Frecuencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
La página web ayudó a la comprensión de los temas.	1	1	4	22	6
La explicación de los temas no requiere de la presencia de un maestro.	3	6	9	11	5
La estructura de las actividades te permitió comprender los temas.	2	2	8	10	12
¿Recomendarías esta página web para el aprendizaje de los temas I y II de Cálculo I?	1	2	3	14	14
Total frecuencia	7	11	24	57	37
Porcentaje	5.15	8.09	17.65	41.91	27.21
Puntos	7	22	72	228	185
Total puntos	514				

Tabla G5

*Valoración sobre el ambiente virtual de aprendizaje con frecuencias, porcentajes y puntos*

Afirmación	Frecuencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Total frecuencia	11	30	110	244	183
Porcentaje	1.90	5.19	19.03	42.21	31.66
Puntos	11	60	330	976	915
Total puntos	2292				

## Apéndice H. Resultados del análisis de componentes de las escalas RMARS y MTAS

Tabla H1

### *Componentes obtenidos en la escala RMARS*

Componente 1	Componente 2	Componente 3
“Ansiedad hacia los exámenes”	“Ansiedad hacia las actividades para estudiar”	“Ansiedad hacia las operaciones aritméticas”
A8. Pensar en el próximo examen de matemáticas un día antes (.835)	A23. Inscribirse a un curso de matemáticas (.737)	A18. Recibir un conjunto de problemas de resta para resolver (.886)
A9. Pensar en el próximo examen de matemáticas una hora antes (.825)	A24. Escuchar a otro alumno explicando la fórmula matemática (.673)	A19. Recibir un conjunto de problemas de multiplicación para resolver (.870)
A4. Tomar un examen final en un curso de matemáticas (.768)	A11. Recoger un libro de matemáticas para iniciar una difícil tarea de lectura (.655)	A20. Recibir un conjunto de problemas de división para resolver (.852)
A15. Hacer un examen imprevisto en la clase de matemáticas (.758)	A21. Comprar un libro de texto de matemáticas (.625)	A17. Recibir un conjunto de problemas numéricos que implica resolverlos en el papel (.618)
A3. Tomar un examen rápido en un curso de matemáticas (.720)	A22. Observar a un maestro haciendo una ecuación algebraica en el pizarrón (.601)	A16. Dar lectura a un recibo después de realizar la compra (.539)
A2. Tomar un examen de la sección de matemáticas, para la entrada a la universidad (.675)	A13. Abrir un libro de matemáticas o estadística y ver una página llena de problemas (.598)	
A7. Pensar en el próximo examen de matemáticas una semana antes (.625)	A25. De camino a la clase de matemáticas (.579)	
A12. Recibir la calificación final de matemáticas por correo (.599)	A5. Recoger un libro de matemáticas para iniciar una tarea (.571)	
A6. Al ser entregada la tarea con muchos problemas difíciles que deben entregarse la siguiente clase (.595)	A14. Prepararse para estudiar para el examen de matemáticas (.517)	
A1. Estudiar para un examen de matemáticas (.576)		

Tabla H2

*Componentes obtenidos en la escala MTAS*

Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4	Componente 5
“Confianza en matemáticas”	“Actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología”	“Confianza con la tecnología”	“Compromiso de comportamiento”	“Compromiso afectivo”
T10. Puedo obtener buenas calificaciones en matemáticas (.841)	T19. Las matemáticas son más interesantes cuando se usan calculadoras graficadoras (.866)	T5. Soy bueno usando las computadoras (.840)	T4. Si no puedo resolver un problema, sigo intentando con diferentes ideas (.723)	T16. Me siento satisfecho cuando resuelvo problemas en matemáticas (.690)
T12. Me siento confiado en matemáticas (.817)	T20. Las calculadoras graficadoras me ayudan a aprender mejor las matemáticas (.861)	T7. Puedo arreglar muchos de los problemas de la computadora (.798)	T3. Si me equivoco, busco corregir mis errores (.704)	T15. Aprender matemáticas es agradable (.676)
T9. Soy bueno para matemáticas (.812)	T18. El esfuerzo adicional para usar una calculadora graficadora en matemáticas vale la pena (.855)	T8. Puedo usar cualquier programa de la computadora que sea necesario para la escuela (.791)	T2. Trato de responder a las preguntas que hace el profesor (.695)	T13. Estoy interesado en aprender nuevas cosas en matemáticas (.655)
T11. Sé que puedo superar las dificultades en matemáticas (.751)	T17. Me gusta usar calculadoras graficadoras para matemáticas (.797)	T6. Soy bueno usando dispositivos como DVD, MP3 y celulares (.784)	T1. Me concentro mucho en matemáticas (.665)	T14. En matemáticas obtienes recompensas por tu esfuerzo (.631)