

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
"FRANCISCO GARCÍA SALINAS"



UNIDAD ACADÉMICA DE MATEMÁTICAS



**DISEÑO DE UN VIDEOTUTORIAL ALOJADO
EN YOUTUBE PARA LA NOCIÓN DE
ECUACIÓN LINEAL**

**Informe de Práctica de Desarrollo Profesional que para obtener
el grado de Maestro en Matemática Educativa con Orientación
en el Nivel Secundaria**

Presenta:

Rolando Aguilera Cháirez

Directores de tesis:

Dr. José Iván López Flores

M.M.E. Antonio Cabral Valdez

Zacatecas, Zac.

Febrero, 2024

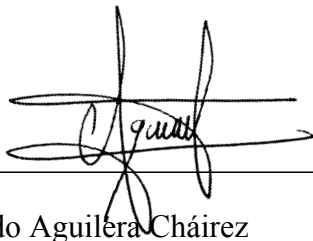
Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías
por el apoyo económico brindado mediante la
beca con número de registro de CVU 1152380,
para la realización de mis estudios de Maestría.

CARTA DE RESPONSABILIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Zacatecas, Zacatecas, el día 29 del mes de febrero del año 2024, el que suscribe, Rolando Aguilera Cháirez, alumno del Programa de Maestría en Matemática Educativa con Orientación en el Nivel Secundaria con número de matrícula 42106973; manifiesta que es el autor intelectual del trabajo de grado intitulado “*Diseño de un videotutorial alojado en YouTube para la noción de ecuación lineal*” bajo la dirección del Dr. José Iván López Flores y del M.M.E. Antonio Cabral Valdez.

Por tal motivo asume la responsabilidad sobre su contenido y el debido uso de referencias, acreditando la originalidad del mismo. Así mismo cede los derechos del trabajo anteriormente mencionado a la Universidad Autónoma de Zacatecas para su difusión con fines académicos y de investigación.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rolando Aguilera Cháirez', is written over a horizontal line.

Rolando Aguilera Cháirez

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente se hace constar que el trabajo de grado que lleva por nombre *“Diseño de un videotutorial alojado en YouTube para la noción de ecuación lineal”* y que fue realizado bajo nuestra asesoría por el C. Rolando Aguilera Cháirez, egresado de la Maestría en Matemática Educativa con Orientación en el Nivel Secundaria; cumple con los requisitos de calidad académica **para ser sometido a su revisión**. Lo anterior en los términos de la legislación vigente, correspondiente a la Universidad Autónoma de Zacatecas y aquella establecida en la Maestría.

Atentamente,

Zacatecas, Zac., a 29 de febrero del 2024

Dr. José Iván López Flores

M.M.E. Antonio Cabral Valdez

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente se hace constar que el trabajo de grado que lleva por nombre *“Diseño de un videotutorial alojado en YouTube para la noción de ecuación lineal”* y que fue realizado bajo nuestra asesoría por el C. Rolando Aguilera Cháirez, egresado de la Maestría en Matemática Educativa con Orientación en el Nivel Secundaria; ha atendido las sugerencias y recomendaciones establecidas en el proceso de revisión por parte del comité evaluador, **por lo que se encuentra listo para su presentación y defensa**. Lo anterior en los términos de la legislación vigente, correspondiente a la Universidad Autónoma de Zacatecas y aquella establecida en la Maestría.

Atentamente,

Zacatecas, Zac., a 29 de febrero del 2024

Dr. José Iván López Flores

M.M.E. Antonio Cabral Valdez

Dedicatoria

Para mis padres y hermanos, de quienes he recibido siempre su apoyo, cariño y comprensión para enfrentar cada momento de la vida.

Para Analí, mi compañera de vida, mi serendipia, quien siempre ha estado a mi lado con su amor y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Autónoma de Zacatecas, a la Unidad Académica de Matemáticas y a la Maestría en Matemática Educativa, por permitirme realizar un crecimiento importante en mi desarrollo profesional como docente.

Agradezco profundamente al Dr. José Iván López por su invaluable conocimiento, experiencia, amabilidad, disponibilidad, paciencia y apoyo, sin ellas, ésta investigación no hubiese sido posible.

Agradezco sinceramente a la Dra. Lorena Jiménez, M.C. Nancy J. Calvillo, Dra. Darly Kú, M.T.I. Mónica del Rocío Torres, Dra. Carolina Carrillo, Dra. Judith A. Hernández y Dra. Leticia Sosa, por compartir siempre sus conocimientos con pasión, compromiso y profesionalismo.

Agradezco de todo corazón a M.T.I.E. Analí Nava y L.D.G. Mauricio Calderón por todo su conocimiento, creatividad, talento y compromiso para la producción del videotutorial y desarrollo de este estudio.

Agradezco a mis revisores, MME Antonio Cabral Valdez, Dra. Carolina Carrillo García, MC. Nancy Janeth Calvillo Guevara y al M.C. Juan Gabriel Molina Zavaleta, por su invaluable tiempo y aportaciones a la mejora del trabajo.

Agradezco infinitamente al Instituto Zacatecas A.C. (Instituto Miguel Agustín Pro) por los aprendizajes recibidos como alumno y la oportunidad de desenvolverme como profesor; así como todas las atenciones durante este trayecto de formación docente.

Finalmente, agradezco a mis alumnos, todos ellos, de quienes he aprendido muchísimo como persona y como profesor y, para quienes es todo este esfuerzo.

Resumen

Los videotutoriales disponibles en Internet se han convertido gradualmente en un recurso de aprendizaje que apoya, complementa y, en ocasiones, sustituye la labor docente para muchos estudiantes; dándose dicho suceso principalmente en YouTube, una de las plataformas de videos más importantes por contar con un gran número de usuarios, creadores de contenido y visualizaciones. Ante ello, diversas investigaciones se han encargado de analizar dicho fenómeno en términos de la calidad didáctica en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas, mientras que otras lo hacen desde las estrategias comunicativas que utilizan.

Sin embargo, aún existe una ausencia en el análisis de la producción de videotutoriales que conjuguen un desarrollo didáctico adecuado, una comunicación audiovisual efectiva y la motivación genuina en el alumno. Por ello, es oportuno analizar las características de estos recursos considerados de calidad a través de su catalogación en investigaciones previas, para indagar sobre la motivación que pueden generar en los estudiantes, la pertinencia curricular del contenido, las estrategias didácticas que implementan, los aspectos técnicos y estéticos, y la efectividad en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática.

A partir de esto, el objetivo de esta investigación es diseñar un videotutorial para la enseñanza-aprendizaje de la noción de la ecuación lineal que genere motivación en el alumno; mediante la consideración de aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos. Para ello, el marco referencial se conforma por el marco institucional planteado en el plan de estudios de secundaria; los errores, obstáculos, dificultades y las estrategias didácticas de la ecuación lineal reportadas en la literatura especializada; la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM), la psicología del color y de la forma.

Esta investigación es del tipo cuasiexperimental con grupo intencional, con aplicación de pruebas pre test y post test para medir el aprendizaje y de una encuesta con escala Likert para medir la percepción del alumno sobre la aplicación de los principios de la TCAM, la motivación y la accesibilidad. Los resultados muestran que el videotutorial logra generar motivación en el alumno e introducir el aprendizaje sobre la noción de la ecuación lineal como una igualdad con una incógnita, pero la aplicación de la propiedad uniforme como método de resolución es discreta.

Palabras clave: YouTube, videotutorial, video educativo, investigación cuasiexperimental, noción, ecuación lineal, secundaria, matemáticas, aprendizaje, motivación.

Abstract

Tutorial videos available on the Internet have gradually become a learning resource that supports, complements and sometimes replaces teaching work for many students, mainly on YouTube, considered the most important video platform for having the largest number of users, content creators and views. Given this, several researches have analyzed this phenomenon in terms of didactic quality in the teaching-learning of mathematics, while others are doing it from the communicative strategies used.

However, there is still an absence in the analysis of the production of tutorial videos that combines an adequate didactic development, effective audiovisual communication and genuine motivation in the student. Thus, it is opportune to analyze the characteristics of these resources considered of quality through their cataloging in previous research, to inquire about the motivation they can generate in students, the curricular relevance of the content, the didactic strategies used, the technical and aesthetic aspects, and the effectiveness around the teaching-learning process of mathematics.

Accordingly, the research's objective is to design a tutorial video for the teaching-learning of the notion of linear equation that generates motivation in the student; through the consideration of curricular, didactic mathematical, pedagogical and aesthetic aspects. For this purpose, the referential framework is formed by the institutional framework provided in the secondary school curriculum; the linear equation's errors, obstacles, difficulties and didactic strategies reported in the specialized literature; the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML), the psychology of color and form.

This research is a quasi-experimental type with a treatment group, with the application of pre-test and post-test to measure learning and a Likert scale survey to measure the student's perception of the application of TCAM principles, motivation and accessibility. The results show that the tutorial video generates motivation in the student and introduces learning about the notion of linear equation as an equality with an unknown quantity, but the application of the uniform property as a method of resolution is discrete.

Keywords: YouTube, tutorial video, educational video, quasi-experimental research, notion, linear equation, middle school, mathematics, learning, motivation.

Índice

Resumen	IX
Abstract	X
Introducción	XVII
Capítulo 1. Planteamiento del problema	1
1.1 Motivación	1
1.2 Antecedentes	2
1.2.1 Uso del video en la educación y en las matemáticas	3
1.2.2 Uso del video educativo en personas con discapacidad	13
1.2.3 Teorías cognitivas y diseño instruccional	16
1.2.4 Videotutoriales para el aprendizaje de las matemáticas en YouTube	19
1.2.5 Videos educativos como entretenimiento en YouTube	26
1.2.6 Uso del video durante la pandemia del COVID-19	30
1.2.7 Noción de la ecuación lineal	34
Reflexión	39
1.3 Planteamiento	44
1.3.1 Problemática	44
1.3.2 Problema	45
1.3.3 Pregunta de desarrollo profesional	46
1.3.4 Hipótesis	46
1.3.5 Objetivo general	46
1.3.6 Objetivos particulares	46
1.4 Justificación	47
Capítulo 2. Marco Referencial	49
2.1 Video	49
2.1.1 Video educativo y video didáctico	49
2.1.2 Clasificación del video educativo	50
2.2 Catalogación de videotutoriales	52
2.3 Ecuación lineal	55
	11

2.3.1 Plan de estudios	55
2.3.2 Dificultades, obstáculos y errores	57
2.3.3 Dificultades, obstáculos y errores en la ecuación lineal	58
2.3.4 Estrategias didácticas	63
2.4 Teorías de carga cognitiva para recursos multimedia	66
2.4.1 Teoría de la Carga Cognitiva (TCC)	67
2.4.2 Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM)	69
2.5 Psicología del color	75
2.6 Psicología de la forma	80
Capítulo 3. Metodología	83
3.1 Tipo de investigación	83
3.2 Diseño de la investigación	84
3.3 Diagrama de flujo a partir del diseño instruccional ADDIE	86
3.4 Población	88
3.5 Criterios utilizados para el diseño del videotutorial	89
3.6 Instrumentos de medición	96
3.6.1 Videotutorial	96
3.6.2 Pre y post test	101
3.6.3 Encuesta con escala Likert	102
3.7 Producción del videotutorial	104
3.8 Aplicación	106
Capítulo 4. Análisis e interpretación de resultados	110
4.1 Planteamiento del estudio estadístico del pre y post test: Mi aprendizaje del videotutorial	110
4.2 Análisis de los resultados del pre y post test	113
4.3 Prueba de confiabilidad para la encuesta con escala Likert: Percepción del videotutorial	127
4.4 Análisis de los resultados de la encuesta con escala Likert	133
Capítulo 5: Conclusiones	152
5.1 Conclusiones generales	152
5.2 Áreas de oportunidad	156
5.3 A futuro	159
5.4 Reflexión personal	159
Referencias	162

Anexo 1: Ecuación lineal con una incógnita	175
Anexo 2: Encuesta basada en los principios de la TCAM	177
Anexo 3: Guion técnico del videotutorial	179
Anexo 4: Guion. Sólo narración	188
Anexo 5: Verificación de contraste de color	192
Anexo 6: Tipografía	194
Anexo 7: Pre y post test	195
Anexo 8: Encuesta con escala de Likert	197
Anexo 9: Recursos materiales, digitales y humanos	199
Anexo 10: Identidad	202
Anexo 11: Datos brutos del Pre y Post Test	207
Anexo 12: Datos brutos de la encuesta con escala de Likert	209

Índice de tablas

Tabla 1 Articulación entre el Planteamiento del Problema y el Marco Referencial	54
Tabla 2 Relación entre objetivos específicos, método, técnica e instrumentos	84
Tabla 3 Criterios seleccionados de los Aspectos Curriculares	89
Tabla 4 Criterios seleccionados de los Aspectos Didácticos Matemáticos	91
Tabla 5 Criterios seleccionados de los Aspectos Pedagógicos	93
Tabla 6 Criterios seleccionados de los Aspectos Estéticos	95
Tabla 7 Formato de guion técnico	97
Tabla 8 Formato adaptado para guion técnico del videotutorial	97
Tabla 9 Síntesis de la estructura del guion técnico del videotutorial	98
Tabla 10 Relación de preguntas con la TCAM, la motivación y la accesibilidad	103
Tabla 11 Resultados del ítem 1 en el pre y post test	116
Tabla 12 Resultados del ítem 2 en el pre y post test	118
Tabla 13 Resultados del ítem 3 en el pre y post test	119
Tabla 14 Resultados del ítem 4 en el pre y post test	121
Tabla 15 Resultados del ítem 5 en el pre y post test	122
Tabla 16 Resultados del ítem 6 en el pre y post test	123
Tabla 17 Resultados del ítem 7 en el pre y post test	125

Tabla 18 Resultados del ítem 8 en el pre y post test	126
Tabla 19 Resultados del ítem 2 de la encuesta con escala Likert	134
Tabla 20 Resultados del ítem 3 de la encuesta con escala Likert	134
Tabla 21 Resultados del ítem 6 de la encuesta con escala Likert	135
Tabla 22 Resultados del ítem 7 de la encuesta con escala Likert	135
Tabla 23 Resultados del ítem 8 de la encuesta con escala Likert	136
Tabla 24 Resultados del ítem 9 de la encuesta con escala Likert	136
Tabla 25 Resultados del ítem 10 de la encuesta con escala Likert	137
Tabla 26 Resultados del ítem 11 de la encuesta con escala Likert	137
Tabla 27 Resultados del ítem 12 de la encuesta con escala Likert	138
Tabla 28 Resultados del ítem 13 de la encuesta con escala Likert	138
Tabla 29 Resultados del ítem 14 de la encuesta con escala Likert	139
Tabla 30 Resultados del ítem 15 de la encuesta con escala Likert	139
Tabla 31 Resultados del ítem 16 de la encuesta con escala Likert	140
Tabla 32 Resultados del ítem 17 de la encuesta con escala Likert	141
Tabla 33 Resultados del ítem 18 de la encuesta con escala Likert	141
Tabla 34 Resultados del ítem 19 de la encuesta con escala Likert	142
Tabla 35 Resultados del ítem 20 de la encuesta con escala Likert	142
Tabla 36 Resultados del ítem 21 de la encuesta con escala Likert	143
Tabla 37 Resultados del ítem 22 de la encuesta con escala Likert	144
Tabla 38 Resultados del ítem 1 de la encuesta con escala Likert	145
Tabla 39 Resultados del ítem 4 de la encuesta con escala Likert	145
Tabla 40 Resultados del ítem 5 de la encuesta con escala Likert	145
Tabla 41 Resultados del ítem 25 de la encuesta con escala Likert	146
Tabla 42 Resultados del ítem 26 de la encuesta con escala Likert	146
Tabla 43 Resultados del ítem 27 de la encuesta con escala Likert	147
Tabla 44 Resultados del ítem 28 de la encuesta con escala Likert	147
Tabla 45 Resultados del ítem 29 de la encuesta con escala Likert	148
Tabla 46 Resultados del ítem 30 de la encuesta con escala Likert	148
Tabla 47 Resultados del ítem 5 de la encuesta con escala Likert	149
Tabla 48 Resultados del ítem 15 de la encuesta con escala Likert	150

Tabla 49 Resultados del ítem 23 de la encuesta con escala Likert	150
Tabla 50 Resultados del ítem 24 de la encuesta con escala Likert	151
Índice de figuras	
Figura 1 Arquitectura Cognitiva Humana	68
Figura 2 Modelo cognoscitivo del aprendizaje multimedia	69
Figura 3 Procesamientos demandados durante la instrucción multimedia	70
Figura 4 Principios para reducir el procesamiento extraño	71
Figura 5 Principios para administrar el procesamiento intrínseco	72
Figura 6 Principios para fomentar el procesamiento generativo	72
Figura 7 Recomendaciones que fomentan la participación	74
Figura 8 Incorporación de elementos interactivos	75
Figura 9 Propiedades del color	76
Figura 10 Colores complementarios, análogos y monocromáticos	79
Figura 11 Leyes de la Gestalt	81
Figura 12 Modelo de diseño instruccional ADDIE	86
Figura 13 Diagrama de flujo de la metodología utilizada y su relación con el modelo ADDIE	87
Figura 14 Storyboard del videotutorial	99
Figura 15 Aplicación del pretest	106
Figura 16 Aplicación del pretest	107
Figura 17 Alumno respondiendo el pretest	107
Figura 18 Visualización del videotutorial en clase	108
Figura 19 Aplicación del post test	108
Figura 20 Alumno respondiendo el post test y la encuesta con escala Likert	109
Figura 21 Prueba Kolmogorov-Smirnov para una muestra	111
Figura 22 Muestras emparejadas	112
Figura 23 Comparativa de poligonales del pre test y post test	113
Figura 24 Comparativa de porcentajes correctos e incorrectos en el pre y post test	115
Figura 25 Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 1 en pre y post test	117
Figura 26 Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 2 en pre y post test	118
Figura 27 Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 3 en pre y post test	120
Figura 28 Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 4 en pre y post test	121

Figura 29 Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 5 en pre y post test	122
Figura 30 Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 6 en pre y post test	124
Figura 31 Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 7 en pre y post test	125
Figura 32 Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 8 en pre y post test	126
Figura 33 Estadística de confiabilidad del total de ítems	128
Figura 34 Estadística de confiabilidad de los ítems referentes a la motivación	128
Figura 35 Estadística de confiabilidad de los ítems referentes al principio de congruencia	129
Figura 36 Estadística de confiabilidad del principio de congruencia para sólo dos ítems	129
Figura 37 Desviación estándar	130
Figura 38 Estadísticos descriptivos para la variable suma	130
Figura 39 Histograma de estadísticos descriptivos para la variable suma	130
Figura 40 Intervalos	131
Figura 41 Gráfico de barras de los intervalos	131
Figura 42 Poligonales de frecuencias absolutas por ítem de la encuesta Likert	132

Introducción

El video es un recurso tecnológico que revolucionó la forma de comunicación, incorporándose rápidamente a distintos sectores sociales, laborales y, por supuesto, educativos. Esto ha generado un cambio importante en la educación al integrarse como un nuevo recurso de aprendizaje que apoya la labor docente mediante la visualización de casos reales o animados en secuencias didácticas de los contenidos académicos. No obstante, su utilización dependía de la adquisición física del material audiovisual y por el acceso a la tecnología necesaria para su reproducción.

Sin embargo, esta situación ha ido evolucionando como consecuencia de un mayor y mejor desarrollo y acceso a dispositivos móviles e Internet que ha permitido una mayor producción y difusión de los contenidos audiovisuales. Además, se ha generado una transformación en la comunicación unidireccional por una interactividad bidireccional entre el emisor y el receptor mediante el desarrollo de plataformas de videos.

En este sentido, una de las plataformas más importantes en Internet por albergar una gran cantidad de usuarios, creadores de contenido, visualizaciones e interacciones es YouTube (Romero *et al.*, 2017; Dubovi y Tabak, 2021). De tal manera que, es común que las personas recurran a esta plataforma como un medio de consulta de una amplia variedad de temas a través de videos explicativos llamados videotutoriales, los cuales describen paso a paso el desarrollo de alguna actividad.

Por lo que, profesores y alumnos acuden de igual manera a la plataforma de YouTube en búsqueda de videotutoriales que apoyen el proceso de enseñanza aprendizaje acerca de una amplia variedad de objetos matemáticos. Por tal motivo, los videotutoriales han sido objeto de estudio de diversas investigaciones que analizan sus implicaciones en el aprendizaje formal e informal.

De manera complementaria, el uso de los videotutoriales se incrementó exponencialmente por la pandemia del COVID-19. Lo cual ha generado un mayor interés en la comunidad científica por indagar más sobre estos recursos desde diversos enfoques. A partir de esto, en el Capítulo 1 se desglosan las investigaciones existentes en la literatura que permiten

contextualizar sobre el estado del arte del videotutorial como recurso de aprendizaje de las matemáticas; éstas se clasifican en 7 apartados dentro de los antecedentes:

El primer apartado tiene que ver con estudios que analizan el uso del video en la educación y en las matemáticas. Asimismo, se integran estudios sobre el diseño, desarrollo y evaluación de los videos, sus efectos en el rendimiento académico, el aula invertida, la plataforma en línea Khan Academy y los conocimientos del profesor para seleccionar, aplicar o producir un video. El segundo apartado corresponde al uso del video educativo en personas con discapacidad auditiva, visual, intelectual o algún tipo de dificultad en el aprendizaje.

En el tercer apartado se encuentran las teorías de carga cognitiva y de diseño instruccional que son referentes para el diseño, desarrollo e implementación del video en la educación. El cuarto apartado muestra investigaciones sobre videotutoriales como recurso de aprendizaje para las matemáticas en YouTube, su idoneidad didáctica desde el Enfoque Ontosemiótico y, las ventajas y desventajas que ofrece esta plataforma. Además, se encuentran estudios que categorizan criterios necesarios para los videotutoriales a partir de aspectos curriculares, técnicos, estéticos y expresivos, pedagógicos, didácticos matemáticos y de accesibilidad.

En el apartado quinto se muestran estudios sobre videos educativos como entretenimiento en YouTube, los cuales analizan características de la comunicación educativa, la catalogación de criterios de calidad y, el color y las formas en los recursos multimedia. El apartado sexto contiene investigaciones sobre el uso del video durante la pandemia del COVID-19. Las cuales identifican la relevancia del videotutorial para la educación a distancia, reflexionan sobre el impacto que generó esta emergencia sanitaria, analizan el programa “Aprende en Casa”, la importancia de YouTube y las estrategias didácticas del profesor durante este periodo.

Mientras que, en el apartado séptimo se abordan investigaciones sobre la noción de la ecuación lineal y la igualdad, los errores y dificultades que se presentan en este objeto matemático y las estrategias didácticas que se han desarrollado para abordarlo.

Con base en dicha literatura, se realiza una descripción de la problemática existente en torno al uso del videotutorial en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas; a partir de lo cual,

se localiza y delimita un problema a abordar en la presente investigación y, con ello, se define la pregunta de desarrollo profesional.

De acuerdo con lo anterior, se definen los objetivos a alcanzar que den respuesta a la pregunta de investigación, así también se plantea la hipótesis a verificar y se describe la justificación de la investigación que especifica la pertinencia de ésta. De tal forma que, lo descrito en este capítulo son las directrices de la investigación en los capítulos posteriores, las cuales especifican al videotutorial como herramienta para el aprendizaje y la motivación en el alumno de acuerdo con criterios de diseño relacionados a aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos.

En el capítulo 2 se describen los referentes teóricos que permiten atender los aspectos antes mencionados para el diseño y desarrollo del videotutorial. De esta manera, dentro del aspecto curricular, se especifica la postura y los aprendizajes descritos en el plan de estudios vigente para la ecuación lineal en primer grado de secundaria, así como la forma en que se aborda en los libros de texto. Para los aspectos didácticos matemáticos, se abordan las dificultades, obstáculos, errores y estrategias didácticas que se presentan en torno a este objeto matemático de acuerdo con la literatura especializada.

A su vez, en los aspectos pedagógicos se aborda el uso de los principios de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia y; por último, en los aspectos estéticos se consideran la psicología del color y de las formas, ya que éstas orientan el diseño de elementos audiovisuales atractivos que generen una motivación en el espectador.

El capítulo 3 se centra en la metodología que se lleva a cabo para lograr los objetivos planteados en esta investigación. Para ello, se realiza primero una descripción del tipo de investigación de acuerdo con sus objetivos, formas de analizar los datos y la temporalidad de ésta. Enseguida se desglosan los métodos, técnicas e instrumentos necesarios para llevar a cabo cada objetivo y la secuencia de estos.

Asimismo, en este capítulo se describe la población con la que se trabaja, los criterios de diseño a emplear con base en lo descrito en el capítulo anterior, los instrumentos de evaluación y el proceso de diseño y desarrollo del videotutorial en su fase de pre-producción, producción y post producción.

El capítulo 4 contiene el análisis e interpretación de los datos obtenidos en la aplicación de los instrumentos de medición para valorar el aprendizaje y la motivación generados en el alumno a partir de la visualización del videotutorial. Por tal motivo, el capítulo se divide básicamente en dos secciones: En la primera se analizan e interpretan los resultados obtenidos del pre y post test acerca del aprendizaje de los alumnos sobre la noción de la ecuación lineal a partir de los aspectos curriculares y didácticos matemáticos descritos en el marco referencial. Mientras que en la segunda sección se analiza la motivación generada en el alumno a partir de los datos obtenidos de la encuesta con escala Likert sobre los aspectos pedagógicos y estéticos.

El capítulo 5 describe las reflexiones y conclusiones a las que se llegaron a partir de analizar los datos obtenidos en la implementación del videotutorial, identificar sus fortalezas y sus áreas de oportunidad desde los aspectos curriculares y didácticos matemáticos para el caso del aprendizaje y, desde los pedagógicos y estéticos, para la motivación.

A partir de lo anterior, se realiza una retroalimentación al proceso de diseño y desarrollo del videotutorial para la producción de futuros videos educativos con contenido matemático, se menciona la contribución realizada por la investigación al proporcionar un formato de guion técnico, un videotutorial y una metodología para la producción de recursos audiovisuales, y se responde a la pregunta de investigación planteada al inicio del estudio.

Finalmente, se muestran una serie de anexos que describen el desarrollo conceptual y gráfico de la marca Teoremática, el proceso de diseño y desarrollo del videotutorial y el desglose de los resultados que se generaron en su implementación.

En este sentido, se espera que las siguientes páginas sean para el lector un viaje enriquecedor y satisfactorio por este proceso largo de diseño y desarrollo de un videotutorial sobre la noción de la ecuación lineal que valora igualmente importantes al aprendizaje y la motivación.

Capítulo 1. Planteamiento del problema

En este capítulo se define la idea central de investigación, la cual gira en torno a valorar la efectividad del videotutorial como herramienta en el proceso de la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas y de la motivación que genera en el alumno.

En este sentido, el surgimiento e importancia personal de esta idea de investigación se describe en el primer apartado denominado Motivación. A partir de lo cual, en los Antecedentes se desarrolla la descripción de las investigaciones consultadas sobre esta línea de estudio para vislumbrar los alcances de éstas y sus áreas por investigar; clasificándose de acuerdo con su temática en siete enfoques: uso del video en la educación y en las matemáticas, uso del video educativo en personas con discapacidad, teorías de carga cognitiva y diseño instruccional, videotutoriales para el aprendizaje de las matemáticas en YouTube, videos educativos como entretenimiento en YouTube, uso del video durante la pandemia del COVID-19 y la noción de la ecuación lineal.

Con base en dicha literatura, se realiza una descripción de la problemática existente en torno al uso del videotutorial en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas; encontrándose y delimitándose así un problema a abordar en la presente investigación y, con ello, se define la pregunta de desarrollo profesional. A partir de esto, se establecen los objetivos a alcanzar para dar respuesta a la pregunta de investigación, se plantea la hipótesis a verificar y se describe la justificación de la investigación que especifica la pertinencia de ésta. Estos aspectos son los que encuadran y conducen la investigación en los capítulos posteriores.

1.1 Motivación

El interés por diseñar, implementar y valorar un videotutorial alojado en YouTube como herramienta de aprendizaje surge porque, desde mi opinión, gran parte de los videotutoriales (video-clases) sobre temas académicos de matemáticas son muy similares a una clase tradicional en formato y fondo. Siendo su enfoque principalmente la explicación de un algoritmo y no el razonamiento de este procedimiento a partir de la conceptualización del objeto matemático; provocando de tal manera ausencias de sentido en muchos alumnos que se apoyan de estos videotutoriales para su aprendizaje.

De tal forma que, no se potencializa el aprovechamiento de los recursos audiovisuales disponibles en la actualidad y que pueden incentivar de una manera más sustancial e interesante el aprendizaje de los alumnos; como sí se realiza en otros videos de divulgación/educativos (científicos, artísticos, etc.) en la misma plataforma de videos.

Por ello, considero importante investigar el impacto en el aprendizaje (no procedimental) de los alumnos a partir de un videotutorial que desarrolle los aprendizajes esperados del plan de estudios mexicano; incluyendo además del contenido, un formato de comunicación educativa (duración, voz, animación, color, etc.) similar al de los canales de divulgación en habla hispana más populares de la plataforma. Sobre todo, considerando el auge cada vez mayor de la educación a distancia y el aprendizaje autodirigido, los cuales fueron impulsados por las condiciones impuestas por la pandemia del COVID-19.

Con ello pretendo que esta investigación me ayude a analizar la viabilidad y, en su caso, a formalizar el proyecto del canal educativo en YouTube denominado Teoremática; el cual busca crear videotutoriales enfocados en la explicación de objetos matemáticos (y el porqué de sus algoritmos) a través del aprovechamiento óptimo de los recursos audiovisuales como herramientas para una comunicación efectiva en el proceso de la enseñanza-aprendizaje.

Considerándose así, tanto la forma (psicología del color, de la forma, duración, entonación de voz, dinamismo, animación o real, etc.) como el fondo (contenido matemático); es decir, el diseño de un material audiovisual para el mejor aprovechamiento de los alumnos que sea independiente de una secuencia didáctica, de tal manera que cualquier persona (alumnos, padres de familia o docentes) pueda consultarlo en Internet como apoyo. En este sentido, busco generar un producto extra además del documento escrito, el cual sería el video piloto de Teoremática.

1.2 Antecedentes

La búsqueda de la literatura que sustenta, concreta y estructura la presente investigación se realizó con base en la siguiente selección de palabras claves en idioma español e inglés: *YouTube, videotutorial, videoclase, aprendizaje, enseñanza, educativo, matemáticas, secundaria, learning, teaching, mathematics, video tutorial, effectiveness, secondary school*. Las cuales

fueron el punto de partida para realizar las primeras búsquedas, por lo que se han agregado más palabras relacionadas a partir de las investigaciones que se han estado encontrando.

El período de búsqueda se ha centrado en documentos publicados entre el 2019 y 2022 en las bases de datos de Science Direct, Taylor and Francis, Elsevier, Springer Link, Redalyc, Latindex, SciELO, y en los buscadores académicos Semantic Scholar y Google Académico.

De esta manera, los documentos localizados están relacionados con el videotutorial como recurso de apoyo en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas, el video educativo como entretenimiento y el concepto de Ecuación Lineal. Los cuales han permitido localizar a otros estudios a través de la revisión de sus referencias, por sugerencia de las bases de datos que recomiendan temáticas similares o utilizado la herramienta “Citado por” de Google Académico.

Para cada investigación seleccionada se describe su objetivo general, su metodología y sus resultados; a partir de lo cual, se clasifica en alguno de los siguientes siete apartados: uso del video en la educación y en las matemáticas, uso del video educativo en personas con discapacidad, teorías de carga cognitiva y diseño instruccional, videotutoriales para el aprendizaje de las matemáticas en YouTube, videos educativos como entretenimiento en YouTube, uso del video durante la pandemia del COVID-19 y la noción de la ecuación lineal.

1.2.1 Uso del video en la educación y en las matemáticas

A partir del auge de los recursos multimedia y los nuevos recursos gráficos y de sonido que brindaba la computadora a finales de la década de 1980, es que se inició el estudio de estas herramientas como facilitadores del aprendizaje (Loterio, 2012).

Es por ello que podemos localizar en esta década las primeras investigaciones sobre el video educativo, como el realizado por Aparicio (1985), el cual analiza un conjunto de videos y películas didácticas para determinar la estructura de los elementos visuales y sonoros empleados a través de un programa informático que opere en tiempo real. Además de este instrumento de análisis, se produjeron cuatro video-clases secuenciales para la enseñanza superior con distintas características relacionadas con los objetivos, contenidos, recursos audiovisuales y duración; las cuales se aplicaron a una situación didáctica para posteriormente comparar los resultados con los obtenidos por métodos convencionales (clase expositiva o de demostración). Con base en ello, el

autor afirma que la enseñanza mediante video-clases no es menos eficaz que la enseñanza convencional, si es que se cuidan las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo el experimento.

Por otro lado, en el contexto de la educación universitaria, Ramos (2000) realiza una recopilación (citando a Aparicio, 1985; Cebrián, 1987; Ferrès, 1988; Cabero, 1989; Bravo, 1996; Bravo y Llanas, 1997; entre otros) de las funciones del video en la enseñanza (como medio de observación, de expresión, de autoaprendizaje y de ayuda a la enseñanza), los tipos de videos educativos (curriculares, de divulgación cultural, de carácter científico-técnico y videos ‘adaptados’ para la educación), los criterios de selección para distintas situaciones de enseñanza mediante una rúbrica con escala de Likert (indicadores técnicos, educativos y de expresividad audiovisual) y el diseño de estrategias didácticas para el uso del video en secuencias formativas (presentación, condiciones de visionado, actividades del alumno y del profesor, guion de la puesta en común y material complementario).

Mientras tanto, Karppinen (2005) presenta las perspectivas teóricas para analizar el significado pedagógico del uso del video en la enseñanza y el aprendizaje, enfocándose especialmente en los videos en línea. Para ello, seleccionó de la literatura teórica existente (Características del Aprendizaje Significativo y Características de las Buenas Situaciones de Aprendizaje), seis características de aprendizaje significativo: debe ser (a) activo, (b) constructivo e individual, (c) colaborativo y conversacional, (d) contextual, (e) guiado y (f) emocionalmente envolvente y motivador. A partir de éstas realiza su análisis, concluye que no es necesario que se apliquen todas de manera simultánea ya que, si uno o más elementos fallan, aún puede generarse el aprendizaje. Además, se menciona que el empleo de los videos es una componente del complejo sistema de actividades en el aula, por lo que los resultados en el aprendizaje dependen de cómo se utilicen.

Por otro lado, Koumi (2006) realiza un libro acerca del diseño del video y de la multimedia para un aprendizaje abierto y flexible. El cual está dividido en cuatro apartados: las técnicas y funciones de la enseñanza que potencian las fortalezas del video, la selección y utilización de la multimedia, los principios pedagógicos para la escritura de guiones para video, y la sinergia entre la imagen y la palabra para los recursos audiovisuales y multimedia. Con esto, se busca proporcionar conocimientos que permiten aprovechar al máximo el potencial del video para el mejor aprovechamiento de los alumnos.

Años más tarde, Bell y Bull (2010) publican un libro donde conjuntan las aportaciones de varios autores acerca de la enseñanza a través del video digital dividido en dos partes: el uso del video en el plan de estudios (de la educación matemática, de la ciencia, del idioma inglés y del aprendizaje informal afuera del aula) y la Tecnología del video (adquisición, creación y comunicación). Abarcando de esta manera tanto el contenido como el formato para describir el uso del video digital como facilitador de experiencias de aprendizaje.

También en el mismo año, Bell y Bull (2010) describen a manera de ensayo la importancia del video digital en la enseñanza desde sus posibilidades que ofrece en el aula, la pedagogía efectiva y el compromiso que adquieren los estudiantes con el video de acuerdo con el área de contenido. Concluyendo los autores que, el video es un medio digital que eventualmente se combinará y cohabitará con otros medios de comunicación.

En este mismo sentido, Bravo *et al.* (2011) exploran el uso del video como herramienta educativa, sin embargo, ellos lo hacen desde la perspectiva de cómo los videos ayudan a aumentar la motivación de los estudiantes en cualquier disciplina. Para ello, su estudio se basa en cuestionarios con preguntas abiertas sobre la utilización de varios videos educativos en *streaming* (que se pueden ver por internet, pero sin descargarlos previamente) en 487 alumnos de distintas ingenierías. Reportan que el uso de los videos tiene un efecto positivo en la percepción de los estudiantes sobre la mejora de su motivación para el aprendizaje, por lo que, es necesario definir adecuadamente el contenido y la cantidad de información a abordar para que un video pueda aumentar su efectividad.

Mientras que, Dreon *et al.* (2011) recapitulan el surgimiento del uso de la narración digital en el aula de secundaria, describiendo cómo la tecnología educativa y los cursos de contenido específico contribuyen en la formación docente para el desarrollo de la comprensión de la narración digital como una herramienta educativa. En este sentido, los autores describen características narrativas que algunos videos de entretenimiento y educativos contienen, concluyendo que es tan importante el cómo se les habla a los estudiantes como el qué se les dice. Además, mencionan que la narrativa digital conectada con el plan de estudios es una de las herramientas educativas más poderosas de su actualidad.

Otra perspectiva en el análisis del uso del video se puede mirar en Kearney *et al.* (2012), quienes describen un diseño de aprendizaje emergente, el cual consiste en videos cortos de apoyo

(de dos minutos de duración) generados por los estudiantes para evocar experiencias sobre ideas educativas: *Videos de Ideas o iVideos*. En esta descripción, los autores incluyen una representación de diseño de aprendizaje visual y un diseño de aprendizaje genérico basado en el Sistema de Administración de Actividad de Aprendizaje.

Poco después, Hernández y Martín (2014) elaboran un libro editado cuyos trabajos giran en torno a las experiencias y proyectos realizados sobre la pedagogía audiovisual. Mostrando en conjunto cómo el salón de clases puede salir al mundo a través del video, cómo a través de la cámara de los dispositivos móviles pueden interactuar los alumnos entre sí y con su entorno, cómo los alumnos pueden crear contenido educativo y, cómo los alumnos pueden tomar el control de su propio aprendizaje.

En cambio, Chiu *et al.* (2018) proponen un sistema de aprendizaje de anotación de video, con el cual los alumnos pueden anotar y resaltar partes importantes o contenidos interesantes del video. Esto con la intención de contrarrestar que los alumnos no puedan aprovechar adecuadamente el contenido de un video al presentárseles demasiado rápido. Para ello, el estudio consiste en un diseño cuasiexperimental sobre resucitación cardiovascular, en el cual se utiliza tecnología de seguimiento ocular para examinar los procesos de aprendizaje de los estudiantes y así evaluar si el uso de las anotaciones aumentó su atención. Los resultados muestran que el sistema propuesto puede estimular la concentración de los estudiantes en las partes críticas del video instructivo, por lo que mejora el rendimiento en el aprendizaje.

Por lo cual, buscando analizar la motivación por el aprendizaje en los estudiantes, Sipayung *et al.* (2020) realizan una investigación cualitativa con alumnos de séptimo grado a quienes aplicaron el aprendizaje en línea asistido por videos cómicos de matemáticas realistas. Los resultados obtenidos del cuestionario aplicado sobre la motivación, la cual se evalúa a partir de seis indicadores (responsabilidad, tratando de sobresalir, gustos por los desafíos, independencia, fortaleza y resiliencia), muestran que a los alumnos que se les enseñó utilizando este tipo de videos, presentaron una motivación promedio alta.

De igual manera, Lijó *et al.* (2020) estudian la motivación mediante el uso del humor dentro de la enseñanza, en sinergia con los recursos audiovisuales, como herramienta que ayude a capturar la atención de los estudiantes y en la retención de conceptos académicos de las disciplinas STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, por sus siglas en

inglés). Concluyéndose que el humor bien usado, motiva y mejora la actitud de los estudiantes, así como contribuye en la reducción de la ansiedad y en la relación profesor-alumno.

Mientras que, Puchades *et al.* (2020) realizan una evaluación de los videos pertenecientes a dos secuencias distintas de un curso online de olimpiada de matemáticas, distinguiéndose en que uno utiliza el pizarrón tradicional mientras que el otro usa una pizarra de luz LED. Mediante un análisis cualitativo y cuantitativo se revela que los videos educativos donde el docente escribe y habla al mismo tiempo, donde sean observables sus manos y que posea una buena expresión corporal, mejoran significativamente el aprendizaje, mucho más que las presentaciones estáticas (Power Point, por ejemplo). Además, la pizarra de luz LED se presenta como una mejor alternativa en la resolución de problemas matemáticos en videos educativos.

Asimismo, Muñiz *et al.* (2021b) presentan una experiencia basada en el desarrollo de videos educativos con dispositivos móviles o m-learning para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas por estudiantes a profesores. Los resultados muestran un efecto positivo en la motivación de los estudiantes hacia la didáctica de las matemáticas y en su desarrollo profesional.

En cambio, existe una línea de investigación relacionada con el aula invertida (donde el alumno estudia el tema antes de la experiencia de la clase utilizando el material dado por el profesor) que utiliza el video como recurso didáctico. Tal es el caso del trabajo realizado por Muir (2018), el cual analiza un estudio de caso de aula invertida para la enseñanza de las matemáticas en una clase de 12 grado. Para ello se implementaron encuestas en línea a estudiantes, observaciones en el salón de clases y entrevistas a maestros y estudiantes. Los resultados muestran que el enfoque holístico, el compromiso y la dedicación de maestro es lo que influyó principalmente en la aceptación por parte de los estudiantes.

Asimismo, Jordán *et al.* (2019) hacen lo propio en su trabajo, donde presentan y discuten los resultados de una experiencia de aula invertida llevada a cabo durante varios años con alumnos de matemáticas de nivel universitario; destacando la aceptación, las ventajas y las desventajas de este tipo de enseñanza.

Igualmente, Rojas-Celis y Cely-Rojas (2020) evalúan el cambio de un modelo tradicional de enseñanza al modelo de aula invertido, el cual incluye el diseño y elaboración de un libro de

texto, videos, aula virtual, uso de GeoGebra y cuestionarios en línea. Esto desde un diseño cuantitativo y cualitativo, arrojando como resultados la mejora en los procesos autónomos del aprendizaje, mayor nivel en la comprensión de los contenidos y disminución en la reprobación de la asignatura.

Debe subrayarse que, los efectos en la implementación del aula invertida no son exclusivos del uso de videos, sino de una serie de recursos didácticos que se complementan conjuntamente, sin embargo, sí son éstos una parte esencial de este modelo de enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, se han hecho estudios sobre Khan Academy (KA), la plataforma en línea que ofrece videos educativos y ejercicios de diferentes asignaturas; una de ellas la realizaron Light y Pierson (2014), quienes examinan cómo esta plataforma se ha integrado a la práctica docente en el salón de clases. Para ello, se observaron 25 clases de matemáticas (de cuarto a doceavo grado), con y sin, el uso de KA en 18 escuelas chilenas; donde documentan cómo interactuaban profesores y estudiantes con la plataforma mediante hojas de observación, hojas de registro, y entrevistas a docentes y alumnos. Descubriendo que, KA funciona como un entorno de aprendizaje digital que cambia las formas y el nivel en que los estudiantes interactúan con las matemáticas, así como la propia interacción entre el docente y el alumno. Siendo, además, una herramienta adaptable para cada secuencia didáctica que el profesor desarrolle.

Asimismo, Weeraratne y Chin (2018) evalúan el impacto de los videotutoriales de KA en un entorno de aprendizaje combinado para estudiantes de noveno grado de Sri Lanka. Para ello se integran dos grupos, el de tratamiento (632 estudiantes) y el de control, el primero siguió a KA durante 3 sesiones de las 5 que son por semana para la enseñanza de las matemáticas; mientras que el segundo grupo tuvo sus 5 sesiones con un profesor de manera normal en el salón de clases. Como resultado se demuestra que, en promedio, los alumnos del grupo de tratamiento tuvieron un aumento en las puntuaciones de las pruebas aplicadas.

Mientras que, Vidergor y Ben-Amram (2020) examinan la percepción de los estudiantes de secundaria con respecto a la eficacia de KA combinado con el aprendizaje tradicional de las matemáticas. Para ello, aplican herramientas cualitativas como el diario reflexivo acompañado de entrevistas semiestructuradas y análisis de contenido. Los principales hallazgos demuestran que los estudiantes se percibieron a sí mismos como aprendices independientes, conscientes de

sus responsabilidades y compromisos con la asignatura; los docentes que utilizaron KA fueron percibidos como más profesionales, dedicados, innovadores y conectados con las necesidades de los estudiantes; y KA fue percibido como más interesante que los libros, divertido y generador de independencia.

Ahora bien, algunas investigaciones se han enfocado en el diseño, desarrollo y evaluación de los videos educativos.

Este es el caso de Cebrián (1994), quien, de acuerdo con las reformas psicopedagógicas de aquel entonces, plantea las características didácticas que debiera poseer un video (toda la experiencia didáctica no debe residir en el video, necesita de claves que guíen su lectura y desarrolle un proceso colaborativo, posibilidades plásticas y emotivas, debe ser abierto y cerrado en su diseño, romper la linealidad y la unidireccionalidad, el tiempo y la presentación del contenido). A partir de las cuales, ofrece a los profesores algunos aspectos para guiar la selección de videos didácticos (objetivos, contenido, metodologías que ofrece para su uso y consumo, y la evaluación). El autor concluía que era difícil encontrar productoras de video que establecieran una simbiosis con profesores, por lo que era complicado que éstas diseñaran y produjeran videos bajo principios pedagógicos.

Asimismo, Ramos y Flores (2014) describen las etapas a seguir para el desarrollo (diseño, producción, postproducción y evaluación) de un video didáctico (citando a Castaño y Romero, 2007). Con base en esta metodología, los autores realizan un video didáctico como recurso de reforzamiento del concepto de área de un polígono en un plano cartesiano para alumnos de nivel medio superior. Como resultados reportan opiniones variadas por parte de los alumnos, entre las que destacan que el video es un medio apropiado para presentar y repasar información, ya que se puede pausar o retroceder para aclarar términos, además los alumnos se mostraron receptivos. Por otro lado, las recomendaciones que sugieren los mismos alumnos están relacionadas con la duración, la velocidad con la que se explica, los colores y música utilizados, los ejemplos dados y el énfasis en los pasos difíciles.

Por otro lado, hay varias investigaciones acerca de los efectos que produce el uso del video en el rendimiento académico de matemáticas, tal es el caso del estudio realizado por Díaz *et al.* (2012), quienes analizan los efectos generados al aplicar dentro de una secuencia didáctica videos sobre polinomios en alumnos de nuevo ingreso a la Universidad Autónoma del Carmen,

en México. Para ello, el estudio es de tipo correlacional de diseño cuasiexperimental con una muestra no probabilística de 140 alumnos distribuidos en 6 grupos (3 experimentales y 3 de control). Los resultados que obtienen indican que hubo una diferencia favorable para los grupos experimentales (quienes utilizaron el video como auxiliar didáctico) en comparación a los grupos de control en relación con las medias del rendimiento académico que alcanzaron los alumnos de uno y otro grupo.

Mientras que, Rodríguez *et al.* (2017b) realizan un estudio similar (comparativo de enfoque cuantitativo con evaluación post-test y la observación de actividades) cuyo propósito es analizar el impacto en el desempeño académico, la motivación y el grado de satisfacción en alumnos de educación media básica al implementar el video como recurso educativo abierto. Detectando una mejoría considerable en el rendimiento académico del grupo experimental en comparación del grupo de control, además, la encuesta aplicada evidenció un alto grado de satisfacción y motivación hacia la modalidad a distancia apoyada en el uso del video.

En cambio, Lalian (2018) determina los efectos que tiene el uso del video, en la enseñanza, sobre los aspectos cognitivos y afectivos del estudiante en su aprendizaje de las matemáticas. Para ello, el autor realiza un meta análisis (estudio de resultados de investigación previas enfocadas en problemas similares) utilizando el análisis cuantitativo, porcentual y cualitativo de los datos. Los resultados que se reportan mencionan que, el uso de videos como medio de aprendizaje en matemáticas, generan motivación en el estudiante y mejoran su conocimiento, comprensión y logros.

Vélez (2018) por su parte, busca mitigar en su investigación las dificultades que se presentan en el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje sobre herramientas estadísticas con enfoque procedimental dentro de la asignatura de Control estadístico de calidad en una universidad de Colombia. Para ello, se pusieron a disposición del grupo experimental cinco videos donde se explican dichas herramientas, mientras que al grupo de control no. A partir de esto, se evaluaron los desempeños alcanzados entre ambos grupos, evidenciando que el uso regular de los videos permite mejorar los aprendizajes procedimentales en los estudiantes.

Un efecto contrario de los videos lo presentan Trenholm *et al.* (2019), quienes, a través de una investigación cuasiexperimental con pre test y post test, analizan si los videos de clases/conferencia grabados (*Recorded Lecture Videos*) deprimen el aprendizaje de los

estudiantes al estar relacionados negativamente con el rendimiento académico en investigaciones previas. Para ello, los autores aplicaron un cuestionario que mide el aprendizaje en dos escalas, superficial y profundo, en dos cursos de matemáticas (Australia y Reino Unido). Los resultados obtenidos fueron similares para ambos países: la reducción a clases/conferencias presenciales por parte de los alumnos está en dependencia del uso de los mencionados videos y que estos afectan negativamente al rendimiento académico al permitir acercamientos más superficiales al aprendizaje si se usan regularmente. Teniendo esto importantes implicaciones para el desarrollo pedagógico y la urgencia de investigaciones sobre mejores prácticas en el uso de este tipo de videos en matemáticas.

Por su parte, Pedrosa *et al.* (2020) realizan un estudio de carácter cuantitativo y cualitativo sobre la utilización de videos en el aula de matemáticas, los cuales consistían en grabaciones del docente que eran utilizados por los estudiantes como recurso complementario para afianzar el aprendizaje. A partir de ello, se les aplicaron a los estudiantes cuestionarios de opción múltiple con dos preguntas abiertas para conocer su opinión sobre los videos utilizados, los resultados muestran que los alumnos consideran al video como una herramienta válida y positiva para el aprendizaje y refuerzo del mismo, pero destacan el papel irremplazable del docente para el desarrollo de las clases.

No obstante, Oña (2021) realiza un análisis del uso del video desde otro punto de vista, quien implementa un ambiente virtual complementado con H5P (abreviatura de Paquete HTML5, el cual es un portal de desarrollo comunitario con fines educativos de licencia libre y código abierto, por el Massachusetts Institute of Technology) con el cual se pueden desarrollar videos interactivos en post edición, esto con la finalidad de facilitar el aprendizaje en las matemáticas en estudiantes de octavo año en Ecuador. Para ello, los autores consideraron un diseño no experimental mediante observación, a través del cual concluyen que la plataforma virtual es una herramienta que propicia espacios de aprendizaje significativos en el conocimiento de las matemáticas.

Otro artículo que busca analizar la interactividad con la que se pueda dotar a los videos para convertir una actividad pasiva *per se* en una participación activa, es el realizado por Cesare *et al.* (2021), quienes describen cómo la tecnología de Edpuzzle (aplicación web, de origen barcelonés, con fines educativos en la creación de videos interactivos o video-clases) puede

facilitar las video-clases a través de fomentar respuestas constantes, ofrecer práctica apoyada, brindar retroalimentación afirmativa y correctiva inmediata, y monitorear el desempeño del alumno. Concluyendo que, cuando se combina este software con videos bien diseñados, se puede brindar una enseñanza asíncrona efectiva.

Mientras que, Salsabila y Pradipta (2021) busca determinar el efecto de los videos instructivos en la capacidad de resolución de problemas matemáticos en alumnos mediante una plataforma de aprendizaje digital. Los autores emplearon un enfoque cuantitativo con diseño experimental y uso del examen para la recolección de datos. Los resultados demuestran un efecto positivo en el uso de los videos instructivos al presentar los estudiantes que los observaron mejores habilidades en la resolución de problemas que aquellos que no los vieron.

Otra perspectiva de análisis son los maestros, así, Astika *et al.* (2021) realizan una recopilación de información sobre las necesidades (de recursos didácticos) de los profesores de nivel primaria para la implementación del aprendizaje efectivo de las matemáticas. Con este objetivo, el método que utilizaron fue la aplicación de una encuesta a través de Google Formulario a 39 profesores de la ciudad de Palembang (Indonesia), obteniendo como resultado que los profesores tenían una gran necesidad de recursos multimedia, especialmente de videos educativos que faciliten su labor docente en la enseñanza de las matemáticas contextuales.

Asimismo, otro estudio relacionado es el de Muñiz y Castaño (2021), quienes presentan una tarea formativa para la elaboración de un video educativo para nivel primaria sobre estadística, probabilidad o resolución de problemas por parte de profesores en formación. A partir de esto, los autores buscan valorar mediante una rúbrica los videos educativos diseñados y analizar el interés generado de esta tarea formativa en los futuros profesores, esto mediante un cuestionario online. Los resultados que se obtuvieron evidencian una alta representatividad de métodos expositivos y explicaciones deductivas, generalmente ligadas a ejemplos o situaciones contextualizadas; además de un alto interés mostrado por los profesores en formación debido a la utilidad de la tarea en su futura práctica docente.

Además, Ramón *et al.* (2021) caracterizan las competencias de los docentes para el uso pedagógico del internet en las escuelas telesecundarias en Veracruz, México. Esto a través de un enfoque cualitativo a través del estudio de un caso múltiple de alcance descriptivo, a partir de lo cual realizan entrevistas profundas con cinco profesores. Reporta que los docentes incorporan

internet en sus estrategias didácticas, utilizando más comúnmente la proyección de videos de YouTube para reforzar los contenidos del programa.

1.2.2 Uso del video educativo en personas con discapacidad

El video también ha servido como base para estrategias de enseñanza a personas con discapacidad intelectual (Simó y Mumbardó, 2018) y como herramienta de inclusión educativa (Rodríguez *et al.*, 2017a). Siendo una de las tecnologías que cuenta con una base de investigación cada vez mayor dentro de la educación especial (Satsangi *et al.*, 2020).

En este sentido, Bottge *et al.* (2003) investigan los efectos del uso del video, de la instrucción y de la aplicación de problemas en 11 estudiantes de bajo rendimiento y 26 de rendimiento promedio, para resolver problemas de cálculo. Los resultados sugieren que los estudiantes de bajo rendimiento mejoraron sus habilidades procedimentales de matemáticas, mientras que otros necesitan una instrucción más explícita.

En cambio, Cihak *et al.* (2010) evalúan la eficacia del video utilizado a través de un dispositivo móvil (iPod) y el uso del sistema de indicaciones mínimas para la transición entre ubicaciones y actividades dentro de la escuela como apoyo para estudiantes de nivel primaria con autismo. Todos los participantes comenzaron a hacer transiciones de manera más independiente durante la aplicación del instrumento, disminuyendo luego de ésta. Muestran cómo el sistema de video portátil puede ayudar a los estudiantes que pasan una parte importante de su día en entornos educativos.

En cuanto a Rodríguez *et al.* (2017a), ellos analizan el empleo de videotutoriales como una herramienta que favorezca la inclusión educativa de todo el alumnado. Con base en esto, los autores realizan una descripción de investigaciones previas con la que muestran la efectividad de este recurso en la mejora del aprendizaje, la motivación, la comprensión y la accesibilidad académica. Asimismo, se puntualizan una serie de recomendaciones para la producción de los videotutoriales. Concluyendo que estos recursos audiovisuales favorecen la implicación de los alumnos en el proceso educativo, apoyando en el fortalecimiento de su aprendizaje.

Un análisis del video para la enseñanza de habilidades de la vida diaria lo realizan Simó y Mumbardó (2018), quienes evalúan la eficacia del uso del ‘video prompting’ (grabación de una persona realizando una actividad o tarea, la cual está secuenciada en distintos pasos) para

enseñar a tres alumnos de entre 8 y 10 años con discapacidad intelectual (Trastorno del Espectro del Autismo y Síndrome de Down), la habilidad de ponerse la chamarra mediante una secuencia constituida en nueve pasos. El estudio se llevó a cabo en la escuela de educación especial donde se encuentran inscritos los niños, quienes alcanzan entre el 88.9 y el 100% de los pasos planteados, lo que demuestra la eficacia del uso del ‘video prompting’, mientras que los maestros indican que es una estrategia fiable y fácil de implementar en entornos educativos.

Mientras tanto, Satsangi *et al.* (2019) comparan el uso del video con la instrucción explícita en la enseñanza de la geometría a tres estudiantes de secundaria con problemas de aprendizaje en las matemáticas. Para ello se implementaron 10 sesiones de intervención de ambas estrategias, en las cuales los 3 estudiantes mostraron un mejor desempeño en todas las variables dependientes, siendo la instrucción explícita la que produjo ligeramente mejores puntajes que el video en dos de los 3 estudiantes.

Asimismo, Satsangi *et al.* (2020) mencionan que, pese al éxito documentado del uso del video para la enseñanza a estudiantes con discapacidad de aprendizaje (moderada o severa), su aplicación es bastante desconocida. Por lo que su estudio busca explorar los beneficios del uso del video en la enseñanza de problemas de geometría en tres estudiantes de nivel secundaria con este tipo de discapacidad, estos mostraron un mejor desempeño en la resolución de problemas luego de la aplicación del instrumento.

En cambio, ante la necesidad de maestros capacitados con estrategias que tengan soporte de la investigación para la instrucción académica de alumnos con Trastorno del Espectro del Autismo (TEA), Yakubova *et al.* (2020) publican un artículo donde ofrecen consejos prácticos para la implementación de un acercamiento único e innovador en la instrucción matemática a estudiantes con TEA a través de una variedad de contextos educativos. Esto a partir de la evidencia existente en torno a la enseñanza de las matemáticas a estudiantes con discapacidad de alta incidencia (desorden emocional y/o de comportamiento, de aprendizaje e intelectual leve) y de habilidades no académicas a alumnos con TEA. De esta manera, se proporcionan las pautas para desarrollar e implementar una secuencia instruccional concreta-representativa-abstracta basada en el uso video para la enseñanza de las matemáticas a alumnos con TEA.

Por otro lado, Gaillard y Aguilar (2020) mencionan en su artículo que, hasta este entonces, existen muy pocas investigaciones formales relacionadas con la discapacidad auditiva

y la educación en línea, siendo ésta una modalidad propicia para la inclusión. Por ello es que se proponen resaltar la importancia de los subtítulos en los recursos multimedia como estrategia de inclusión de personas con discapacidad auditiva, de tal manera que logren una mejor comprensión del contenido, suprimiendo, tanto como sea posible, impedimentos y barreras de accesibilidad.

Otras investigaciones se enfocan en la accesibilidad de la tipografía y el color. Ejemplo de ello es Hillier (2006), quien estudia la legibilidad tipográfica para crear una serie de fuentes, entre ellas Sylexiad, diseñadas para mejorar la lectura para personas adultas con dislexia a través de la forma de las palabras y el reconocimiento de letras paralelas. La investigación es de tipo inductiva con el uso de técnicas cualitativas y cuantitativas para la recolección de datos de personas con y sin dislexia. Los resultados muestran que las personas no disléxicas evaluadas prefieren letras de estilo serif, formas minúsculas, peso mediano, trazos variables, espacio normal entre palabras y la letra Times New Roman. Mientras que las personas disléxicas prefieren la combinación de letras escritas a mano, formas mayúsculas, peso ligero, trazos uniformes, diseño perpendicular, espacio generoso entre palabras y la letra Serif Sylexiad.

En cambio, Gaines y Curry (2011) revisan y analizan la literatura y la evidencia empírica existentes en torno al uso del color en el aula inclusiva para estudiantes de distintos niveles educativos. Esto lo hacen desde tres áreas principales: el aula inclusiva para estudiantes con discapacidad, la teoría del color y los aspectos fisiológicos y psicológicos del color. Los resultados muestran la importancia del color en el diseño de espacios físicos de aprendizaje funcionales debido a su impacto en la atención, el comportamiento y rendimiento de los estudiantes.

De igual manera, Del Real (2016) realiza un estudio comparativo entre tipografías enfocadas para facilitar la lectura a personas con dislexia, entre ellas están: Arial, Dixy, Futura, Sylexiad y Verdana. Como resultado, el estudio muestra que la calidad lectora del alumnado con dislexia se puede mejorar dependiendo del tipo de letra a utilizar sin afectar a aquellos que no la tienen, siendo la Dixy la tipografía mejor evaluada.

Asimismo, Pagnoni y Fernández (2019) presentan un estudio cuantitativo sobre la valoración de cinco páginas web de una entidad educativa acerca de su cumplimiento con los estándares establecidos por la World Wide Web Consortium (W3C) respecto a la accesibilidad

del contenido para personas con discapacidad. Los resultados muestran diversos incumplimientos de los sitios web analizados con los estándares internacionales, por lo que existe una necesidad de difundir y aplicar éstos para asegurar el adecuado acceso a los contenidos web.

1.2.3 Teorías cognitivas y diseño instruccional

La psicología educativa ha destacado la importancia de considerar los procesos cognitivos asociados al aprendizaje para el diseño, desarrollo e implementación de recursos multimedia (Loterio, 2012). Es por ello que Brunvand (2010) proporciona una revisión de las estrategias de diseño y su implementación en la producción de videos efectivos para el aprendizaje en la formación docente. De tal manera que, los docentes puedan desarrollar videos con base en estrategias pedagógicas que contribuyan a reducir la carga cognitiva.

Sweller (1994) aborda algunos de los factores que determinan la dificultad del material que necesita ser aprendido a partir de su Teoría de Carga Cognitiva (TCC). De tal manera, sugiere que la adquisición de esquemas y la automatización son los primeros mecanismos de aprendizaje al considerar la actividad intelectual. Con lo cual señala que la dificultad en el aprendizaje y en la resolución de problemas puede ser atendida mediante el diseño instruccional al cuidar que los elementos que interactúan puedan ser aprendidos sucesivamente y no de manera simultánea. Esto se vuelve especialmente importante cuando se debe aprender material con un alto nivel de interactividad y, en consecuencia, una carga cognitiva alta.

Asimismo, Sweller (2005) profundiza más en su teoría al establecer que la información que ingresa al cerebro por estímulos externos se procesa en tres estructuras diferentes: la memoria sensorial, la memoria de trabajo y la memoria de largo plazo. Con lo cual busca establecer una referencia para determinar los principios de la instrucción multimedia.

A partir de la TCC, Mayer (2005) describe su Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM) basada en tres principios: el sistema de procesamiento de la información humana a través de los canales visual y auditivo, la limitada capacidad de procesamiento de dichos canales y los procesos cognitivos llevados a cabo durante el aprendizaje. A partir de esto, el autor especifica cinco procesos cognitivos para un aprendizaje significativo mediante recursos multimedia: seleccionar información relevante de la información auditiva y visual presentada,

organizar las palabras seleccionadas en una representación verbal coherente, organizar las imágenes seleccionadas en una representación pictórica coherente e integrar estas representaciones con los conocimientos previos.

En este sentido, Lotero (2012) recapitula las principales ideas de la TCC y la TCAM, y reflexiona acerca de su valor explicativo como una teoría de aprendizaje, proporciona algunos ejemplos de investigaciones empíricas, expone diez principios para el diseño de material instruccional y describe las limitaciones que otras investigaciones han encontrado en el uso y práctica de estas teorías (medición de la carga cognitiva, la experiencia, los conocimientos previos, la motivación y los aspectos afectivos).

Por otra parte, Ngu *et al.* (2015) evalúan la eficiencia relativa de los métodos inverso y de equilibrio para resolver ecuaciones desde la perspectiva de la interactividad de los elementos. Para ello, aplicaron a 71 alumnos de nivel secundaria pruebas pre y post test y una escala de Likert para evaluar el esfuerzo mental involucrado en el aprendizaje. Los resultados evidencian una diferencia en los rendimientos obtenidos por ambos métodos, siendo mejores para el inverso respecto al de equilibrio, esto se atribuye a una menor carga cognitiva involucrada en este método durante la resolución de ecuaciones.

Además, Ngu y Phan (2016) clasifican la complejidad de las ecuaciones lineales en cuanto a su resolución, con el fin de que sirva de referencia para la práctica educativa y la investigación. Esto lo realizan a través de una revisión teórica con base en la TCC. Los resultados obtenidos muestran que existe un nivel jerárquico de complejidad de acuerdo con el número y naturaleza de las líneas operacionales y el número de líneas de relación, es decir, el grado de interactividad de los elementos (pasos de resolución), la presencia de elementos complejos (fracciones, negativos) y su relación hacia adentro del miembro y entre miembros de la ecuación.

Mientras tanto, Fernández (2016) tiene por objetivo facilitar un modo de trabajo para crear servicios o centros de producción de contenidos (incluyendo el video) en instituciones educativas de nivel superior utilizando únicamente software libre, sin perder la calidad del producto. Tomando esto como base, el autor hace una descripción de algunas teorías acerca de las ventajas del uso de los recursos multimedia en el aprendizaje (entre ellas la TCC y TCAM), de algunos principios a considerar para la producción de dicho material y de algunas soluciones

para cubrir distintas fases del proceso de producción mediante software libre. Concluye que su modo de trabajo es factible gracias al avance que se ha desarrollado en torno al software libre, sin embargo, reconoce que hace falta divulgación para la migración y adaptación de los usuarios hacia este sistema.

Asimismo, Vallejo y González (2018) realizan una síntesis puntual de la TCC y TCAM para proponer la inclusión de elementos interactivos que promuevan el aprendizaje activo, la participación y el compromiso de los estudiantes para con el video. Describen las características y posibilidades que proporciona el H5P a docentes y alumnos para el desarrollo de videos interactivos en post edición. Para ello, adecuaron dos videotutoriales con elementos interactivos como etiquetas, texto, imágenes y autoevaluaciones intercaladas; los cuales fueron integrados a un curso en Moodle para alumnos universitarios, a quienes se les aplicó una encuesta en escala de Likert para valorar estos recursos, obteniéndose resultados satisfactorios.

Mientras tanto, Raviolo (2018) toma como referencia la TCAM y los principios establecidos por Mayer en sus distintas publicaciones para realizar un acercamiento a la importancia de las imágenes en el aprendizaje y la enseñanza de la química.

En cambio, Pantazes (2021) describe hasta qué punto los profesores de educación superior crean videos instructivos para el aprendizaje en línea durante la pandemia del COVID-19. Para ello, analiza la implementación que hicieron 55 profesores en línea de los 11 principios de diseño establecidos por la TCAM mediante la aplicación de encuestas, entrevistas y análisis de videos. Los resultados muestran que las decisiones de diseño que tomaron los profesores obedecen más a la experiencia y preferencias personales que al conocimiento de criterios de diseño que faciliten el aprendizaje por medio de videos.

Por otro lado, con respecto a los diseños instruccionales. Williams *et al.* (2004) otorgan una visión sobre el concepto del Diseño Instruccional, sus modelos, fases y tendencias para una correcta aplicación, teniendo como fin el logro de los objetivos académicos. Siendo que, tanto teorías de aprendizaje como teorías instruccionales, pueden ser un referente para la toma de decisiones en el diseño de formación.

Mientras que, Jardines (2011) describe y analiza la taxonomía de los modelos de Diseño Instruccional (DI), estableciendo tres categorías, la instrucción en el salón de clases, productos

para implementación por otros usuarios y sistemas instruccionales más complejos y extensos dirigidos a problemas o metas de una organización, considerando así nueve características de estos modelos. Concluyendo que los modelos son útiles ya que pueden ayudar a investigadores, diseñadores instruccionales y educadores en el desarrollo de las actividades educativas.

Asimismo, Góngora y Martínez (2012) realizan un recorrido por la historia, modelos y diseños de aprendizaje, destacando algunas tendencias acordes a los nuevos espacios para el aprendizaje mediado por la tecnología. Teniendo como conclusiones principales que estos modelos pueden ser una guía importante para el proceso, considerando en todo momento las características de a quién va dirigido y el entorno de aprendizaje; y, además, que los modelos de diseño de aprendizaje basados en las teorías constructivistas son más pertinentes para el diseño de estrategias que permitan la asimilación de los contenidos en los nuevos contextos educativos.

1.2.4 Videotutoriales para el aprendizaje de las matemáticas en YouTube

En sus inicios, el Internet se mostraba como un medio de comunicación unidireccional, el cual se reconstruiría en un escenario comunicativo interactivo con la aparición de la Web 2.0 (Ramírez, 2016). De esta manera, surgieron nuevos sitios web que permiten una interactividad pluridimensional entre los creadores de contenido y los usuarios, este es el caso de la plataforma de videos YouTube, surgida en 2005. Su variedad de contenido propició que la sociedad en general acudiera con fines de entretenimiento, pero también, para aprender desde cómo funciona una caja de cambios de un automóvil hasta cómo hacer una integral (Romero *et al.*, 2017), los llamados videotutoriales.

Es por esta razón que varios investigadores se han interesado por el estudio de los videotutoriales en YouTube para la enseñanza de las matemáticas, como es el caso de Ramírez (2010) quien a través de la incorporación de la Web 2.0, específicamente de YouTube, busca incrementar la competencia matemática del alumnado (cuarto de primaria) en el área de la geometría a través de videos educativos utilizados dentro una secuencia didáctica. Para ello, implementó una investigación cuasiexperimental con pruebas de evaluación pretest y posttest en los grupos experimental y de control. Obteniendo como resultado que el grupo experimental

presentó un avance superior al grupo de control, mostrando un avance significativo en la competencia matemática.

En cambio, Romero *et al.* (2017) realizan un proceso de selección de las características más importantes de un video didáctico considerado de calidad para la enseñanza de las matemáticas en nivel Secundaria y Preparatoria (aspectos curriculares, técnicos, estéticos y expresivos, pedagógicos, didácticos matemáticos y accesibilidad). Por tal motivo, el diseño y validación de este instrumento permite a los docentes y público interesado, seleccionar el video con calidad didáctica más adecuado para sus estudiantes. El catálogo obtenido se elaboró a partir de un cuestionario validado por el juicio de personas expertas en la materia por medio del coeficiente Alfa de Cronbach mediante un estudio piloto. Con ello se demuestra la existencia de características comunes que catalogan a un video considerado de calidad.

Por su parte, Casado *et al.* (2019) utilizan videotutoriales como apoyo para el aprendizaje de ecuaciones diferenciales de primer orden, los cuales se desarrollan en colaboración con los estudiantes universitarios. Para verificar su efectividad, se establece un grupo experimental y otro de control, los cuales trabajan de manera similar las cuatro primeras sesiones en forma de seminario, pero las últimas tres, al grupo experimental se le incorpora videotutoriales con teoría preliminar del objeto matemático trabajado, su solución y aplicación; mientras que el grupo de control continuó con sesiones de manera tradicional. Los resultados indican diferencias significativas en cuanto al aprendizaje, además, el grupo experimental muestra una motivación extra al saber que los profesores y compañeros habían participado en la elaboración de los videos.

Un estudio similar lo realiza Lázaro (2020), quien describe una estrategia de enseñanza aprendizaje en la cual se producen y usan videotutoriales con el fin de motivar el aprendizaje de las matemáticas. Para ello aplica el método experimental a 48 estudiantes de ingeniería, quienes desarrollan contenidos audiovisuales a través de los cuales se logra su motivación mientras que la promoción se eleva en cantidad y calidad.

En un sentido similar, Cervantes (2021) analiza el contenido matemático de los videos, materiales y actividades propuestas en matemáticas por los profesores en formación. Esto mediante una investigación cualitativa descriptiva, obteniendo como principal resultado una propuesta metodológica para la elaboración de videos creativos de geometría, con la cual se

proporcionan un conjunto de principios para que el profesor de matemáticas pueda diseñar sus propios videos en la enseñanza de la geometría.

En cambio, acerca de las ventajas y desventajas que ofrece la plataforma de YouTube para la enseñanza y el aprendizaje, encontramos investigaciones como la de Jones y Cuthrell (2011), la cual realiza una descripción de los usos potenciales de YouTube como un apoyo educativo en la planificación y desarrollo de las clases en nivel primaria. Además, realizan una evaluación de los videos de YouTube y de los desafíos que estos implican al incorporarse al aula de clases, sugiriendo así algunas estrategias para superarlos. A partir de ello, los autores concluyen que los profesores apenas empiezan a darse cuenta del valor educativo y diverso que tiene YouTube, pero que, éste no puede usarse sin un fin didáctico, por lo que el profesor debe verificar la calidad de cada video en beneficio de sus estudiantes.

Asimismo, existe un estudio sobre la utilidad de YouTube como plataforma para la generación y búsqueda de contenido educativo de Ramírez (2016), en la cual se realiza una descripción de las oportunidades que este sitio web ofrece para la enseñanza-aprendizaje mediante una investigación documental, a partir de la cual, se obtiene que YouTube es un medio de comunicación asincrónico, transmisivo e interactivo, cuya finalidad es compartir videos y crear comunidades en torno a éstos. Por lo que, se destaca como una herramienta de administración de contenidos útil para el docente, para la constitución de comunidades de aprendizaje y para la formación de habilidades de búsqueda, selección y evaluación de contenido audiovisual apropiado.

En cambio, Tisdell y Loch (2017) realizan un estudio sobre el nivel percibido en la utilidad de los subtítulos y sus traducciones automáticas en videos de matemáticas de YouTube. Para ello, los autores adaptaron un enfoque mixto donde se analizan cuantitativamente los datos sobre la demografía y la opinión de los estudiantes sobre la utilidad de los subtítulos en los videos; mientras que cualitativamente se analizan los comentarios de los estudiantes recolectados a través de una encuesta de preguntas abiertas sobre su percepción de los subtítulos generados manual y automáticamente. Los resultados indican que los estudiantes estuvieron de acuerdo con que los subtítulos son una función de aprendizaje útil, ya que permiten flexibilidad para el dónde y cuándo ver un video, para comprender los acentos de quienes hablan y para aclarar las explicaciones cuando hay deficiencias en el sonido.

Mientras tanto, Mesa *et al.* (2017) analizan las condiciones y estrategias de propagación del contenido en YouTube en el caso Julio Profe (profesor colombiano que desarrolla videos educativos sobre matemáticas en Internet). Para ello, los autores realizan una investigación cualitativa mediante el análisis del contenido audiovisual (40 videos), de los comentarios realizados por los usuarios del canal (6,999) y con una entrevista al propio profesor. A partir de los resultados obtenidos, se menciona que la propagación de este contenido se debe a la centralidad del usuario en la selección de temas y al reconocimiento de sus necesidades, no a la experimentación del lenguaje audiovisual o de recursos didácticos sofisticados, siendo la forma de abordar los contenidos matemáticos y el modo de explicar, el éxito de sus videos.

En torno a la posibilidad que tienen los usuarios de poder publicar comentarios en un video de YouTube, Dubovi y Tabak (2020) examinan si esta herramienta puede mitigar los efectos del modelo de transmisión (considerado inferior) producido por los videos cuando estos se vuelven en la única forma de instrucción; además de analizar si dicha herramienta ofrece valor educativo agregado al brindar un espacio para la discusión y deliberación (asociado con un aprendizaje más profundo). Para ello se examinan y codifican 1,530 comentarios públicos de canales líderes sobre ciencia, los resultados muestran que estos van más allá de sólo un intercambio de información, alcanzando un nivel de negociación argumentativa, consiguiendo así una mejor construcción de conocimiento. Con esto se demuestra que YouTube ofrece un espacio informal para la reflexión e interacción colaborativa con el potencial de apoyar el aprendizaje permanente.

En este sentido, Roque (2020) busca en su estudio conocer y analizar las razones del uso de los videotutoriales como estrategia de aprendizaje no formal en estudiantes universitarios. Con este objetivo realiza un estudio mixto secuencial explicativo, tanto cuantitativo como cualitativo, en 141 estudiantes seleccionados no probabilísticamente y mediante una entrevista grupal. Demostrando con los resultados que, todos los estudiantes emplean videotutoriales de YouTube para una mejor comprensión del tema (66%), por ser de fácil acceso y para ahorrar tiempo (57.4%), por tener una guía para hacer alguna actividad (53.2%), para obtener otros puntos de vista (17.7%) y por experiencias en YouTube (3.5%). Concluyéndose con esto que, los videotutoriales pueden promover el aprendizaje autónomo y el pensamiento reflexivo.

En cambio, Putri *et al.* (2020) determinan las percepciones de estudiantes de idiomas, en Indonesia, de las fortalezas y debilidades del aprendizaje autorregulado por medio de YouTube. Para ello se realiza un estudio de caso con cuatro estudiantes universitarios, obteniendo como resultado percepciones positivas de los estudiantes en el uso de YouTube con fines educativos debido a la facilidad de regular su aprendizaje, por brindar alegría y entusiasmo, por la cantidad de materiales, su facilidad de uso, y la flexibilidad de tiempo y espacio para su uso. Mientras que sus debilidades son las limitaciones financieras y la conectividad a internet.

Un estudio similar lo realizan Dughera y Bordignon (2021), quienes caracterizan los usos de YouTube que realizan los estudiantes de escuelas secundarias técnicas de sectores populares, además de describir las percepciones que tienen con respecto al uso de la plataforma como espacio para la resolución de problemas en la educación formal e informal. Para ello aplican una encuesta en línea (en Argentina), evidenciando la alta frecuencia en el uso de los videotutoriales y en el tiempo invertido para su visualización; la no afectación de la publicidad para el abandono de la plataforma, y la predilección por videos de entretenimiento y de educación (tanto de aspectos escolares como informales).

Por su parte, Azzara *et al.* (2022) realizan una revisión bibliográfica con el objetivo de reunir los principales aportes que se han descrito sobre los usos de YouTube para el aprendizaje. Obteniéndose que, la plataforma ofrece material diverso en contenido y calidad, lo cual puede complementar los entornos de enseñanza y aprendizaje formal de los estudiantes, así como las inquietudes y/o necesidades de la educación informal.

Sin embargo, ante la necesidad de analizar los videotutoriales desde su aproximación didáctica y contenido matemático, varias investigaciones han llevado a cabo tal valoración desde la noción de la idoneidad didáctica propuesta por el Enfoque Ontosemiótico (EOS). Tal es el caso del estudio realizado por Santos y Acuña (2017), el cual muestra la adaptación de las seis dimensiones que conforman la idoneidad didáctica (epistémica, cognitiva, afectiva, interaccional, mediacional y ecológica) para proporcionar indicadores medibles que sirvan para evaluar los videotutoriales.

Asimismo, se encuentra lo realizado por Beltrán-Pellicer *et al.* (2018), quienes estudian la calidad epistémica de los videotutoriales. Este estudio es de tipo cualitativo basado en el EOS del conocimiento y la instrucción matemáticos, especialmente su idoneidad epistémica y la

identificación de los niveles algebraicos. Para ello se realizó una selección de los 31 videos en español más populares en YouTube sobre reparto directamente proporcional. A partir de los cuales, se ha logrado identificar que dichos videos poseen una pobre idoneidad epistémica, por lo que su popularidad no es garantía de calidad. Además, se encontró que existen videos poco precisos argumentalmente, procesos incorrectos y diversidad de niveles algebraicos utilizados. Por lo que, se recomienda a los docentes ser cuidadosos al seleccionar y recomendar videotutoriales a sus estudiantes.

En esta misma línea de investigación está Burgos *et al.* (2020), describen el diseño, implementación y resultados de un curso destinado a 93 docentes en formación de educación primaria que busca desarrollar el análisis de la idoneidad didáctica de los videos, tomando a la proporcionalidad como objeto matemático. El estudio consistió en preparar a los futuros docentes en las principales características de idoneidad didáctica y cómo se articulan entre sí sus distintas dimensiones (epistémica, cognitiva, afectiva, interaccional, mediacional y ecológica), luego en equipos, los estudiantes debían analizar la idoneidad epistémica de ciertos videotutoriales seleccionados. Como resultado, los autores observaron que los docentes en formación pasaban por alto errores en definiciones, proposiciones o procedimientos presentes en los videos, siéndoles difícil consensuar el nivel de idoneidad de estos videos.

Mientras tanto, Beltrán-Pellicer y Giacomone (2021) realizan un análisis a videos en línea sobre el concepto estadístico de la mediana a través de indicadores de idoneidad didáctica (facetas epistémica, cognitiva, interaccional, mediacional, afectiva y ecológica) para los procesos de enseñanza y aprendizaje de la probabilidad, de los cuales mencionan únicamente los indicadores correspondientes a la faceta epistémica (agrupados en Situaciones-Problema, Lenguaje, Reglas, Argumentos y Relaciones). A partir de esto, los autores observaron que en los videos en línea se presenta una diversidad de significados que debería ser tomada en cuenta por el docente, además de indicar la visión procedimental de la mediana y su no diferenciación con respecto a la media aritmética y la moda para su aplicación.

Además, Beltrán-Pellicer *et al.* (2021) presentan un análisis sobre las capacidades de valoración de los videotutoriales por parte de 24 estudiantes para profesor de nivel secundaria, a quienes se les pide analizar seis videotutoriales previamente seleccionados y evaluados por los investigadores sobre repartos directamente proporcionales. Como resultado se observa que, si

bien las valoraciones de las componentes e indicadores de idoneidad epistémica son en general muy similares a las realizadas por los investigadores, hay ciertos errores e imprecisiones que son pasados por alto por los futuros maestros.

También Burgos y Castillo (2021) hacen un estudio sobre la valoración de los videotutoriales por parte de los docentes. En su investigación, describen los criterios que consideran los profesores en formación de nivel primaria cuando adecúan dentro de una secuencia didáctica el uso de dos videos para la enseñanza del porcentaje de un canal educativo. Para ello, llevan a cabo la metodología de análisis de contenido para examinar los informes escritos de 61 estudiantes de la Universidad de Granada, España. Los resultados muestran que los futuros profesores utilizan, mayoritariamente, criterios epistémicos e interaccionales, pero también cognitivos, afectivos y ecológicos. Aunque sus valoraciones son bastante imprecisas, se reconoce la necesidad de que el docente analice la pertinencia de los videotutoriales antes de recomendárselos a sus alumnos para dirigir la atención a aspectos relevantes del proceso de la enseñanza-aprendizaje.

Por esta misma línea está la investigación realizada por Muñiz *et al.* (2021a), la cual analiza la idoneidad didáctica de 16 videos educativos realizados por 67 profesores en formación y, además, estudia la interpretabilidad que le dan los revisores al aplicar los indicadores de esta idoneidad didáctica. Los resultados muestran que los videos elaborados tienen una idoneidad media o baja (a excepción del indicador de la adecuación del nivel lingüístico), lo cual revela la necesidad de ajustar la formación inicial de profesores. Mientras que, en lo referente al estudio de los indicadores, se demuestra la necesidad de matizar algunos de éstos.

Por otro lado, también existen otras investigaciones de análisis de videotutoriales desde otros enfoques. Tal es el caso de la realizada por Soto y Liern (2020), la cual propone un análisis de videotutoriales basado en los estilos cognitivo Holístico-Analítico y Verbal-Imaginativo, para lo cual se diferencian dos modos de enseñanza: el resolver el problema aquí y ahora (eficacia puntual) y el resolver un problema ahora y para problemas afines (utilidad formativa). Así pues, para la aplicación de este análisis, los autores compararon la producción de tres canales reconocidos de YouTube en español sobre matemáticas, apoyados en métodos cuantitativos a través de una escala de Likert (facetas epistémica, cognitiva, interaccional, mediacional, afectiva y ecológica), para mostrar los efectos que tienen los modos de enseñanza en la formación

matemática. Como resultado, los autores señalan que los videotutoriales son adecuados por no cometer errores matemáticos, mantienen la atención del estudiante, atención a la gesticulación, énfasis a la solución y las explicaciones tienen la información necesaria.

Mientras tanto, Maraza *et al.* (2020) utilizan el diseño propuesto por *Journal of Child Neurology* para analizar la eficacia de conceptos técnicos y la confiabilidad en la información que proporcionan treinta videos seleccionados de tres temas distintos. Luego de ello se seleccionaron el video de mayor puntaje y el de menor, los cuales se aplicaron a un grupo experimental para compararlo con el grupo de control. Con esto se demuestra que los alumnos que obtuvieron mejor calificación fueron los que vieron el video de mayor puntaje. Por lo que YouTube puede ser utilizado como una herramienta para la investigación documental, sin embargo, para eso es vital la correcta búsqueda, selección y confiabilidad. A partir de esto, se propone una rúbrica para evaluar videos en la investigación documental (duración, originalidad, audio, calidad de imagen, función empática y problematización, finalidad e idea general).

1.2.5 Videos educativos como entretenimiento en YouTube

En las redes sociales, incluida YouTube, se ha abierto un hueco para ‘influencers’ dedicados a la educación (Martínez *et al.*, 2021), también llamados ‘edutubers’, quienes aprovechan los recursos y alcances que éstas ofrecen. Por ello, es importante el estudio de las estrategias y habilidades comunicativas que los ‘edutubers’ implementan para la difusión educativa dentro de un contexto mediático-digital (López, 2020).

Así pues, López (2020) realiza un análisis de los ‘edutubers’ más populares en el idioma español para describir el conjunto de características comunicativas que contribuyen al éxito de su canal en YouTube. Para esto, el enfoque de la investigación es predominantemente cualitativa con triangulación de información mediante técnicas cuantitativas, donde la obtención de la información se da a través del análisis de contenido (a 10 canales de YouTube), cuestionario para los usuarios (a 666 personas por medio de internet para conocer sus preferencias) y la entrevista a los ‘edutubers’ analizados (a 4 sujetos de estudio). A partir de los resultados, el autor identifica que los ‘edutubers’ seleccionados son profesores o profesionales con vocación docente, expertos en sus áreas o buenos procesadores de información, buenos comunicadores educativos por la

claridad de sus explicaciones crean sus propias obras sin ser indispensable tener equipos profesionales, generan interés y curiosidad por aprender, y son constantes en la generación de contenido educativo.

Otro estudio acerca de la comunicación educativa es el realizado por Boy *et al.* (2020), quienes mencionan que hay una falta de investigación centrada en cómo los usuarios de YouTube reciben los videos para adquirir información sobre ciencia, qué tan exitosos son los medios audiovisuales en la transferencia de conocimiento y qué efectos tienen, epistémicamente, en una sociedad. Por lo que, los autores buscan crear una tipología de videos de YouTube (variables independientes) a través de un análisis de discurso, combinado con un estudio de recepción multinivel (incluyendo seguimiento ocular) y una encuesta en línea, para analizar la transferencia del conocimiento logrado (variables dependientes). Así pues, categorizan 400 videos alemanes sobre ciencia, derivando en: películas de presentación, películas de expertos, películas animadas y películas narrativas explicativas. Los resultados demuestran que el tipo de video tiene un impacto importante en la transferencia del conocimiento y en los efectos parasociales; asimismo, se muestra que la dirección de la mirada de los videos (patrones homogéneos), la asignación de atención de los receptores y los resultados en las pruebas de conocimiento, están estrechamente entrelazados.

En cambio, Beautemps y Bresges (2021) proporcionan una visión inicial de los elementos que influyen en la percepción de la calidad en videos educativos sobre ciencia. Para ello, aplicaron un cuestionario en línea a más de 5,000 personas, de entre los 9 y 72 años, que se ofrecieron como voluntarios a partir de una convocatoria difundida en varios canales de YouTube e Instagram, sobre ciencia y tecnología, alemanes. Se encontró que hay seis elementos clave para el éxito de un video educativo en YouTube: (1) estructura, (2) confiabilidad, (3) calidad, (4) integración comunitaria, (5) presentador y (6) tema. A partir de esto, se elaboró una lista con 17 recomendaciones para la creación de videos educativos exitosos que sirvan como guía práctica para los creadores de contenido.

Por otro lado, Dubovi y Tabak (2021) se plantean realizar un mapeo y una caracterización del compromiso público con la ciencia en YouTube. Para ello, recopilan y analizan cuantitativamente los videos que se encuentran en tendencia en YouTube para valorar la magnitud de la interacción pública con el contenido científico; después, evalúan las interacciones

reales de los videos en tendencia relacionados con la ciencia. Con ello estudian la asociación entre el compromiso conductual de ver, dar “me gusta” o “no me gusta”, o comentar, y el compromiso emocional y cognitivo. Los resultados muestran que el contenido científico atrae un gran interés público, y que, la emoción está vinculada a un mayor compromiso conductual de publicar comentarios y también con un mayor compromiso cognitivo de debate argumentativo. Concluyen que las interacciones en redes sociales tienden a evocar respuestas emocionales, las cuales son un medio prometedor para promover el compromiso de persona a persona por la ciencia.

En la investigación de Pattier (2021a) se estudia el impacto cuantitativo y las variables más importantes de los canales educativos en el área de Arte y Cultura. Para ello se analizan 39 de estos canales, los más relevantes, de España; valorándose las siguientes dimensiones: estadísticas del canal, estadísticas y características del video, opciones del canal y otras redes sociales. Los resultados muestran que existe un alto impacto cuantitativo de estos canales en la educación informal, por lo que se destacan los factores de éxito y las características más importantes de los ‘edutubers’ en el área del arte y la cultura.

Por su parte, Martínez *et al.* (2021) analizan los principales canales de educación de YouTube en España con contenido de nivel primaria, los cuales puedan ser un apoyo informal tanto para alumnos como para profesores, pero que, además, puedan ser también incluidos dentro de una secuencia de aprendizaje por parte del docente. Para ello, los autores realizan un análisis de contenido de redes sociales de los canales españoles de educación más influyentes en YouTube, observando diversas variables. Los resultados demuestran que estos canales educativos tienen una gran influencia entre alumnos y docentes al tener miles de suscriptores y millones de visualizaciones, siendo, por tanto, un factor creciente de influencia en el proceso de la enseñanza-aprendizaje. De esta manera concluyen que, es fundamental que el docente conozca las potencialidades de estos recursos audiovisuales para emplearlos apropiadamente dentro y fuera del salón de clases.

Un estudio de los canales educativos en YouTube desde la perspectiva de la igualdad de género, lo realizan Cambronero *et al.* (2021), quienes analizan los principales ‘edutubers’ científicos españoles diferenciados por género para calcular sus tasas de ‘engagement’ (me gusta, no me gusta y comentarios), sus alcances en visualizaciones y el tipo de materia que abordan.

Los resultados muestran que los hombres ocupan la mayor parte de los canales científicos en YouTube (principalmente de las disciplinas STEM), además de tener mayor productividad, alcance e impacto. Pese a esto, los canales dirigidos por mujeres tienen un mayor número de interacciones y de ‘engagement’.

Ahora bien, Gil *et al.* (2022) buscan conocer el punto de vista de las familias de educación primaria sobre la competencia de interacción, producción y difusión de contenidos por parte de los profesores españoles en YouTube. Con este fin, se aplicó un cuestionario a 1,228 familias, una entrevista personal a 20 de éstas y un análisis comparativo de las producciones e interacciones entre los profesores amateurs de la plataforma YouTube y los reconocidos ‘edutubers’, así como la difusión del contenido en las redes sociales. Los resultados destacan el perfil de un profesorado que produce y difunde cada vez más en redes sociales, convirtiéndose en creadores de contenido en YouTube que proponen una interacción por medio de diferentes herramientas de la comunicación digital. Encontraron también que los profesores de escuelas privadas obtuvieron valoraciones más positivas respecto a la producción e interacción en comparación de sus colegas de escuelas públicas. Además, se identificaron diferencias estéticas en las componentes del video entre los nano-influencers y los macro-influencers del ámbito educativo.

Además de la diferenciación anterior entre ‘edutubers’, Honkomp *et al.* (2022) mencionan que no se ha aclarado la diferencia en el diseño didáctico y audiovisual entre los videos explicativos y los videotutoriales. En este sentido, su estudio describe una guía de codificación llamada “Calidad de Diseño de Videos Explicativos”, a partir de la cual analizan 382 videos explicativos en idioma inglés y alemán sobre aprendizaje extracurricular de interés para adolescentes y adultos jóvenes. Los resultados muestran que las características de diseño se utilizan con diferente frecuencia dependiendo del contenido del video educativo, sin embargo, las que prevalecen en todas las áreas son la introducción del tema y el humor.

Por otro lado, existen algunas investigaciones que han abordado el tema de la psicología del color y de la forma en la comunicación educativa. Ejemplo de ello es Heller (2004), quien realiza una descripción de los efectos perceptivos que provoca el color en las personas. Para ello consultó a dos mil personas de distintas profesiones y edades en Alemania sobre su color preferido, el de menor agrado, las impresiones que le generaba cada color y las asociaciones que

hacen de cada color con distintos sentimientos. Los resultados muestran que los colores y los sentimientos no se combinan de manera accidental, que estas asociaciones provienen de experiencias universales desde nuestra infancia.

Mientras que, Plass *et al.* (2013) examinan los factores de diseño, relacionados al color y la forma, que pueden evocar emociones positivas en los alumnos a través de recursos multimedia y su impacto en el aprendizaje. Sus resultados muestran que los colores cálidos y las formas redondas facilitan la comprensión.

En cambio, Canté *et al.* (2017) realizan una breve descripción de la psicología del color aplicada en el diseño de interfaces de cursos virtuales para el aprendizaje y motivación del alumno. Los autores concluyen que la interfaz debe de ser estimulante, explícita, consistente y funcional para que el alumno logre explorar y aprender del recurso multimedia.

Asimismo, Gallo (2021) examina el mejoramiento del aprendizaje y del rendimiento académico en estudiantes de la asignatura de matemáticas a partir de una propuesta basada en la teoría del conductismo y la psicología de la Gestalt. Su investigación corresponde al paradigma cuantitativo con un enfoque experimental, en la cual utiliza el análisis de registros de evaluación a 40 estudiantes de nivel licenciatura. Los resultados muestran un incremento en el porcentaje de aprobación de los estudiantes que se les aplicó la propuesta (mayor al 80%), en comparación del grupo control (menor al 60%); por lo que, se sugiere la implementación de las perspectivas teóricas del conductismo de la Gestalt en el trabajo en clase.

1.2.6 Uso del video durante la pandemia del COVID-19

La educación se vio transformada abruptamente a partir del confinamiento de la población y el cierre de escuelas a causa de la pandemia del COVID-19 (SARS CoV 2), propiciando la necesidad de una educación telemática apoyada en diversas plataformas abiertas en las que se pudiera compartir y utilizar recursos educativos (Pattier, 2021b), siendo YouTube una de las principales.

En este sentido, algunos autores reflexionan sobre las consecuencias sufridas en el sistema educativo por la emergencia sanitaria desde una perspectiva de la educación virtual y las competencias digitales de profesores y alumnos. Tal es el caso de Cabero y Llorente (2020),

quienes analizan sobre el imaginario social de la formación a distancia virtual, las desigualdades en el acceso a la tecnología y sobre la falta de formación y desarrollo de habilidades digitales en estudiantes y docentes. Concluyendo que debe replantearse la escuela en un sentido amplio, una donde se potencie la imaginación, la exploración, lo distintivo, la interpretación y la calidad.

Asimismo, en otro artículo, Cabero (2020) analiza las diferentes situaciones problemáticas que surgieron durante la pandemia que obliga replanteamientos hacia el futuro, como el mito de '*nativos*' y '*emigrantes*' digitales, donde el autor concluye que, ante la emergencia sanitaria, se evidenció que los estudiantes no son tan digitalmente competentes como se consideraba, ya que tuvieron problemas para adaptarse a la educación por medio de la tecnología, siendo el autorregular el aprendizaje uno de los principales motivos.

Otra reflexión similar la realiza Cabero y Valencia (2021), quienes identifican una serie de variables que han dificultado el proceso educativo durante la pandemia, como la formación de competencias digitales de los alumnos y docentes, la importancia de diferentes tecnologías, la accesibilidad a éstas y la concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los autores concluyen que el aprendizaje virtual llegó para quedarse, por lo que se debe garantizar a toda la sociedad el acceso a la tecnología y la formación de competencias digitales.

Ante este escenario de cambios, Bravo (2021) realiza una investigación bibliográfica que establece un punto de referencia en el estado del arte para investigaciones posteriores a la pandemia sobre YouTube con relación a los adolescentes. La metodología empleada fue la búsqueda de la documentación para su consecuente análisis de acuerdo con la metodología, temáticas y origen geográfico. Los resultados que se obtuvieron indican que hay una variedad de temas que abordan las investigaciones que se han desarrollado, que son estudios principalmente cualitativos originarios en su mayoría en España y Estados Unidos, mientras que en México, hasta entonces sólo se habían localizado dos publicaciones. El autor concluye que la investigación sobre adolescentes usando YouTube se encuentra en un estado exploratorio y descriptivo.

Luego de este punto de referencia, Paredes (2021) identifica las estrategias metodológicas y los modelos de educomunicación utilizadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje durante la pandemia del COVID-19. Para ello utiliza una metodología cualitativa con entrevistas y grupos focales a estudiantes y docentes, y análisis de las estrategias utilizadas antes y durante la

pandemia. Los resultados muestran que hay pequeños cambios en las estrategias metodológicas utilizadas de la presencialidad a la virtualidad por los docentes. Además, el modelo exógeno sigue dominando el proceso de enseñanza y la educomunicación es ajena para docentes y alumnos.

Por otro lado, algunos estudios se enfocan en las experiencias y estrategias implementadas por los docentes durante este periodo de confinamiento, así como la relevancia de los videos y de YouTube. En este sentido, Bassignana y Asuaga (2020) analizan la eficacia de las video-clases grabadas por docentes de alto rango de nivel universitario en Uruguay, buscando los patrones de comportamiento que se dan en la visualización de estos. Con este objetivo, se analizan 13 videos con 16,340 visualizaciones de 1,486 estudiantes, cuando menos. Evidenciándose con ello que, las visualizaciones dependen de la proximidad de los exámenes, y que, el tiempo de visualización depende de la duración de los videos, teniéndose como promedio 10 minutos con 4 segundos. Por lo que, entre más corto sea el video, la eficacia en la visualización aumenta.

Con relación a YouTube, Yaacob y Saad (2020) investigan los factores que intervienen en la aceptación por parte de los alumnos de esta plataforma como medio de aprendizaje. Para ello, los autores se basan en el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM, por sus siglas en inglés) para aplicarlo con 340 estudiantes de Malasia de un programa de educación a distancia. Los resultados muestran una aceptación positiva debido a su facilidad de uso, utilidad percibida e influencia social.

En cambio, Padilla (2021) realiza un estudio fenomenológico de estudios de casos con enfoque cualitativo de tipo descriptivo, mediante el cual, entrevista a seis docentes de una Telesecundaria de Tabasco, México, seleccionados de manera intencional; esto para analizar las experiencias de los docentes durante la educación a distancia con el objetivo de describir las estrategias y el uso de los recursos educativos que implementaron durante este período. Los resultados indican que, pese al contexto rural de la escuela, los docentes tuvieron la capacidad de continuar con una comunicación síncrona y asíncrona mediante el uso de la tecnología.

Por otro lado, González *et al.* (2021) seleccionaron los seis canales educativos que se encontraban enlistados en los 100 mejores videos de YouTube en México de acuerdo con Social Blade, para analizar sus visualizaciones y el tipo de contenido que produjeron durante la

pandemia. Los resultados muestran que, cuatro de los seis canales tienen contenido educativo infantil con dibujos animados para niños de 1 a 6 años; y que las visualizaciones aumentaron en un 694% durante la cuarentena, el cual empezó a disminuir con el progreso de la vacunación y la reapertura de las escuelas.

Mientras tanto, Pattier (2021b) señala que, durante el periodo de confinamiento, los creadores de contenido educativo audiovisual en YouTube se posicionaron como referente en la educación formal e informal. Ante lo cual, su investigación buscó señalar los factores de éxito de los canales educativos de YouTube considerados como referencia en este ámbito, a través del análisis de la estadística de los canales de YouTube, la estructuración de los videos, el proceso de grabación y edición, personalidad del presentador, y la utilización de la plataforma YouTube y de otras redes sociales. Los resultados obtenidos muestran las tendencias y factores de éxito para cada categoría, concluyéndose con una serie de contenidos y competencias digitales como propuesta para la formación docente acerca de la utilización y creación de contenidos audiovisuales.

Otras investigaciones se enfocaron en la estrategia que se aplicó en educación básica de México durante la emergencia sanitaria, llamada “Aprende en Casa”, la cual, a través de la televisión, consistió en difundir videos con contenido educativo de los planes y programas de estudio (Serrano *et al.*, 2022).

En este contexto, González *et al.* (2020) analizan las estrategias que llevaron a cabo los docentes (de preescolar, primaria y secundaria) en relación con el programa “Aprende en Casa I”, en Zacatecas. El estudio es de tipo cualitativo mediante un cuestionario aplicado a 389 docentes cuando se finalizó el programa. Los resultados muestran los problemas de comunicación entre docentes y alumnos (carencia de internet, computadora o habilidades digitales) y el propio nivel de participación de los alumnos, ocasionado que los objetivos se alcanzaran parcialmente. Además, se resalta el hecho de que pocos docentes hicieron uso del programa “Aprende en Casa”.

Otro estudio similar es el realizado por Edel *et al.* (2021), quienes analizan las experiencias docentes durante la implementación del programa “Aprende en Casa”. Para ello, realizan un estudio cuantitativo en donde encuestan a 2,779 profesores pertenecientes a la Secretaría de Educación Pública de México. A partir de esto, se destaca la omnipresencia del uso

de la telefonía móvil y de la aplicación de WhatsApp; la percepción dispar en cuanto a las competencias digitales de los docentes; la consideración de los profesores acerca de los recursos audiovisuales de “Aprende en Casa” como comunicativos (29%), pertinentes (27%) y atractivos (13%), mientras que sólo un pequeño sector consideró las tres características juntas (15%); la posición neutral (40%) de los profesores acerca de la contribución de los recursos audiovisuales a los aprendizajes esperados, mientras que el resto se divide entre una posición favorable (30%) y desfavorable (30%); la identificación de un porcentaje mayor (38%) que considera una posición neutral con respecto a la contribución de “Aprende en Casa” al seguimiento escolar, seguido de la postura desfavorable (32%) y, en último lugar, la posición positiva (30%); la percepción docente acerca del compromiso y participación de los padres de familia en la educación se sitúa en primer lugar, la negativa (38%), luego la positiva (29%) y, al final la neutra (33%); finalmente, los niveles de satisfacción (52%) están ligeramente por encima respecto a los de insatisfacción (48%).

Asimismo, López (2021) conglomeró en un análisis a las distintas evaluaciones que se han realizado sobre el programa “Aprende en Casa” por parte de la Secretaría de Educación Pública, centros de investigación y organismos autónomos. Su metodología es mixta con enfoque inductivo de datos estadísticos de fuente externa y construcción propia, a partir de esto se analiza la cobertura, el nivel de satisfacción técnica y educativa, disponibilidad de material didáctico y la operatividad del programa desde la perspectiva de los usuarios. Los resultados muestran que, México enfrentó retos difíciles (ante la brecha económica, tecnológica y digital) para lograr una educación integral; la educación a distancia reduce la convivencia e interactividad social; la autoridad federal centralizó la gestión de la educación, haciendo falta la participación de autoridades estatales para una pertinencia nacional, estatal y local; se produjo una alfabetización digital sin precedentes; las responsabilidades educativas se sobrecargaron hacia las madres de familia; y el regreso a clases presenciales, se volvió una demanda social generalizada.

Un análisis sobre las formas de participación promovidas por los videos televisivos de “Aprende en Casa” es realizado por Serrano *et al.* (2022), quienes presentan un análisis descriptivo e interpretativo a partir de un estudio de contenido de 153 video-clases de nivel secundaria. Los resultados demuestran el rol pasivo que se promueve en los adolescentes sobre

su aprendizaje a través de prácticas pedagógicas homogeneizadoras alejadas de una educación inclusiva, reproduciéndose así prácticas educativas tradicionales.

1.2.7 Noción de la ecuación lineal

Distintos errores que se presentan en los estudiantes durante la resolución de ecuaciones lineales, o de primer grado, son causados por deficiencias en los procesos de aprendizaje del álgebra. Lo cual es un tema de gran interés y preocupación para docentes e investigadores en educación matemática, ya que, al presentarse de manera repetitiva, se vuelve necesario analizarlos detalladamente para identificar cómo se originan y cómo podrían trabajarse en actividades didácticas de corrección y superación (Tettay *et al.*, 2019).

En este sentido, Alonso *et al.* (1993) toman como punto de partida la práctica docente para realizar una reflexión, análisis y clasificación general sobre los problemas que surgen en la didáctica del álgebra en educación secundaria con la finalidad de mejorar la labor docente. Se enfocan en concreto en las dificultades, problemas y alternativas del simbolismo, la generalización, las ecuaciones y los sistemas de ecuaciones, y las destrezas algebraicas. El libro pretende ser un recurso de apoyo para los profesores, por lo que se plantea como un medio de diálogo con el docente para comunicar experiencias, plantear problemas y proponer actividades didácticas.

Por otro lado, Aponte y Arrieche (2007) caracterizan los significados personales de los estudiantes referentes a las ecuaciones de primer grado con una incógnita considerando diferentes dificultades que se originan en el proceso didáctico. Para ello se aplica el modelo semiótico-antropológico con sus tres dimensiones básicas: epistemológica (origen y naturaleza del objeto matemático), cognitiva (dificultades, conflictos y errores durante la enseñanza-aprendizaje) e instruccional (aspectos curriculares fundamentales para la enseñanza). La metodología considerada es un paradigma mixto, combinándose enfoques cualitativos (dimensiones epistemológica e instruccional) con esquemas cuantitativos (dimensión cognitiva). La recolección de datos se hizo mediante una prueba de conocimiento. Los resultados evidencian los errores más comunes entre los estudiantes de séptimo grado de la educación básica: conceptuales referente a la igualdad numérica, la expresión algebraica y la solución de una

ecuación; errores en operaciones elementales y de procedimiento; y en la traducción e interpretación del lenguaje cotidiano al algebraico.

Otra investigación que analiza los errores que se producen en este objeto matemático es la realizada por Ruano *et al.* (2008), la cual tiene como objetivo analizar y clasificar los errores que cometen alumnos de secundaria durante los procesos de sustitución formal, generalización y modelización. Esto lo realizan a partir de un cuestionario con 15 preguntas y 43 ítems con la finalidad de identificar el tipo de error y su posible origen. Concluyen que la estrategia utilizada para organizar los tipos de errores no les permite identificar con garantía sus distintos orígenes, sin embargo, muchos de ellos surgen a partir de una ausencia de sentido con relación a la aritmética, la necesidad de clausura y la particularización de expresiones.

En cambio, Londoño *et al.* (2011) presentan un documento teórico, en el que realizan una revisión de la literatura, sobre el estudio de la noción de la ecuación lineal. A partir de la cual, logran identificar algunas tendencias y dificultades en el aprendizaje de este concepto matemático, así como la necesidad de vincular esta noción a contextos propios y cotidianos del estudiante. De esta manera los autores concluyen que, aunque el alumno utilice procedimientos algebraicos para resolver ecuaciones, esto no significa que comprenda dicho concepto, su formulación, ni la interpretación de sus resultados. Esto debido a un excesivo énfasis en los procedimientos sin contextualización y sin aplicación a su entorno cercano, lo que conlleva a dificultades en la traducción de enunciados a expresiones algebraicas. Ante ello, mencionan la necesidad de utilizar la modelación matemática como estrategia de estudio en la ecuación y función lineal.

Asimismo, Sánchez (2014) busca analizar los tipos de errores que presentan los alumnos de primer grado de secundaria en la resolución de ecuaciones. Para ello, se aplica un estudio de caso utilizando la aproximación teórica de Vigotsky, la Zona de Desarrollo Próximo del aprendizaje sociocultural. Los resultados evidencian la potencialidad de ésta, ya que se logran disminuir considerablemente los errores que se comenten, los cuales consisten en la prioridad de las operaciones y en la confusión del inverso aditivo y multiplicativo.

Tettay *et al.* (2019) analizan los errores que cometen los alumnos durante la resolución de problemas con ecuaciones lineales en noveno grado. Para ello, se llevó a cabo un estudio de caso, con enfoque cualitativo, a tres estudiantes mediante la observación, una prueba diagnóstica,

diario de campo, una matriz de clasificación de la información y análisis de contenido. En los resultados se identifican los errores que se clasificaron y sistematizaron de acuerdo con su origen (en obstáculos y en ausencia de sentido), concluyéndose que los errores de mayor frecuencia son los originados por la ausencia de sentido.

En cambio, Pérez *et al.* (2019) proponen una clasificación descriptiva acerca de los errores, y sus orígenes, en la resolución de ecuaciones lineales llevados a cabo por estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO, en España). Esta clasificación se realiza desde la perspectiva del contenido matemático, aplicándose un cuestionario a 266 estudiantes de entre 13 y 16 años; además, se realizan entrevistas cognitivas para identificar las causas que originan los errores. Los resultados muestran errores aritméticos (operaciones con números enteros y fraccionarios, y propiedad distributiva) y errores algebraicos propios de las ecuaciones (de concepto y de procedimiento), esto permite completar y reformular otras clasificaciones realizadas en investigaciones previas, así como profundizar en las causas del error.

Asimismo, Pantoja (2021) analiza cómo los alumnos realizan conversiones de consignas de problemas dados en lengua natural a representaciones algebraicas de ecuaciones lineales con una incógnita. Esto mediante un enfoque cualitativo basado en la teoría fundamentada. Sus resultados muestran una identificación y caracterización de los tipos de conversiones y errores al resolver problemas, a partir de los cuales, concluyen que la actividad cognitiva de conversión no surge de forma espontánea como se asume por parte de algunos profesores.

Por otro lado, el signo igual es uno de los primeros símbolos matemáticos que aprende el alumno, el cual aparece repentinamente, casi sin explicación previa, en las operaciones básicas. Por lo que su uso y comprensión dependen del desarrollo empírico que haga el alumno, generando así concepciones muy diversas acerca de éste, las cuales son muy importantes de considerar porque determinan el aprendizaje del álgebra formal (Corona, 2021).

En este sentido, existen algunas investigaciones que se han enfocado en el concepto de la igualdad de una ecuación lineal, como el realizado por Corona (2021), quien propone una situación didáctica enfocada en el sentido de bidireccionalidad del signo igual para la resolución de ecuaciones lineales de una incógnita con alumnos de segundo semestre de bachillerato. Para ello, la investigación se fundamenta en la Teoría de Situaciones Didácticas (Brousseau) y en la metodología de la Ingeniería Didáctica (Artigue). Los resultados muestran que los alumnos

poseen una arraigada comprensión operativa del signo igual que les limita resolver eficazmente las ecuaciones. Además, a través de la implementación de la situación didáctica, se logró establecer un aprendizaje en la comprensión y resolución de dichas ecuaciones a partir de confrontar, los alumnos, sus conocimientos previos.

Asimismo, Ascencio (2021) realiza una propuesta de una secuencia didáctica, a partir de los errores identificados en investigaciones previas, para la resolución de sistemas de ecuaciones 2×2 con coeficientes enteros en nivel secundaria. En ésta se considera el uso de la balanza algebraica digital (mediante el software GeoGebra) para la preservación del equilibrio como metáfora de la noción de igualdad, lo cual permite identificar en las representaciones gráficas, la no alteración de la igualdad del sistema cuando se realizan las sustituciones entre las ecuaciones de manera adecuada. Para ello, se considera la Teoría de Situaciones Didácticas y la metodología de la Ingeniería Didáctica. A partir de los resultados se concluye que, el uso de esta propuesta permite al alumno inferir el proceso que se desarrolla en el método de la sustitución, siendo una alternativa de abordaje a la manera tradicional.

Otro aspecto importante son las secuencias didácticas documentadas que se han diseñado y analizado en torno a la enseñanza-aprendizaje de la ecuación lineal en distintos niveles educativos.

En este sentido, Moreno y Cobo (1997) presentaron una propuesta de una secuencia didáctica con actividades diseñadas para la enseñanza de la resolución de ecuaciones lineales con una incógnita, enfocada a que el alumno identifique las operaciones propuestas y el orden para transponer los términos al momento de despejar la incógnita. Para ello se consideraron aspectos del contenido matemático (conceptos y procedimientos), el aprendizaje (conocimientos prerrequisitos y errores comunes de estos) y la enseñanza del tema (forma tradicional de presentar el tema y errores relacionados con ello). Los resultados muestran que, en general, los alumnos logran desarrollar habilidades para despejar la incógnita en una ecuación, sin embargo, se presentaron algunos errores originados por la transición conceptual de la aritmética al álgebra y por un aprendizaje deficiente en conceptos previos.

En cambio, Rojano (2010) analiza el uso del modelo virtual de la balanza para la enseñanza de ecuaciones de primer grado con alumnos de secundaria. Se adopta una perspectiva semiótica que incorpora el análisis de producciones sígnicas de los alumnos para analizar los

procesos de producción de sentido y construcción de significado. Los resultados indican que, los alumnos logran ampliar el método algebraico de resolución a distintas modalidades de ecuaciones mediante una inferencia espontánea del método de transposición de términos.

Asimismo, Fuentes (2020) hace el diseño y validación de una secuencia didáctica sobre la comprensión de ecuaciones lineales con una incógnita en alumnos de nivel bachillerato. Quien utiliza la Teoría de Situaciones Didácticas y la Ingeniería Didáctica como metodología para el desarrollo de ésta. A partir de ésta se logró un avance importante en el aprendizaje de los alumnos, ya que, de dos que resolvieron correctamente la ecuación planteada en la evaluación de diagnóstico, se alcanzó que 17 pudieran hacerlo al final de la actividad. Esto evidencia la comprensión lograda por los alumnos mediante el uso simultáneo del material didáctico y el lenguaje simbólico, evitando con ello el anclaje en la analogía de la balanza.

En este mismo sentido, Otten *et al.* (2020) examinan los efectos de dos entornos de aprendizaje con modelos de equilibrio en el razonamiento de la resolución de ecuaciones lineales en estudiantes de nivel primaria. El estudio es de tipo cuasi-experimental y la muestra se compone de 212 alumnos de quinto grado, los cuales se dividieron en dos grupos para aplicar un entorno de aprendizaje distinto a cada uno de estos. El razonamiento algebraico se midió cuatro veces durante el ciclo escolar. Para el primer grupo se utilizaron representaciones pictóricas del modelo de equilibrio, mientras que en el segundo emplearon representaciones físicas y pictóricas. Los resultados muestran una mejora significativa en el razonamiento algebraico en ambas condiciones de intervención, sin encontrarse diferencias significativas entre éstas. Sin embargo, el análisis cualitativo revela que los estudiantes que utilizaron el modelo de equilibrio físico aplicaron estrategias algebraicas más avanzadas que los que utilizaron sólo las pictóricas; lo cual sugiere que las distintas representaciones pueden desempeñar una función diferente en el proceso de aprendizaje.

Por último, Ramírez *et al.* (2020) caracterizan las prácticas didáctico-matemáticas que manifiestan los docentes de bachillerato sobre la evaluación del aprendizaje de la noción de la ecuación lineal. Para ello, su estudio es de tipo cualitativo y contempla dos etapas: revisión documental y estudios de caso. Los resultados muestran que el currículo nacional, las normativas institucionales, y la formación y conocimientos del profesor, inciden directamente en las prácticas evaluativas y en los significados que evalúan.

Reflexión

A partir del análisis de las investigaciones descritas, se observa que el video como herramienta educativa ha sido objeto de una amplia variedad de estudios, en diversidad de contextos y con distintos enfoques.

Es por ello que en el primer apartado, ‘*uso del video en la educación y en las matemáticas*’, se recopilan las principales ideas generadas en la década de los 80 y 90 en torno al video educativo (Aparicio, 1985; Ramos, 2000); las cuales serían las primeras referencias de la comunicación audiovisual a partir de las cuales se desplegarían nuevas perspectivas teóricas, características didácticas y etapas de desarrollo de un video como una herramienta para el aprendizaje abierto y flexible dentro del salón de clases (Cebrián, 1994; Karppinen, 2005; Koumi, 2006; Bell y Bull, 2010, Eds.; Bell y Bull, 2010; Ramos y Flores, 2014). Esto permite tomar como referencia algunos conceptos teóricos como los tipos de video, su función y su estructura; así como considerar los beneficios y las áreas de oportunidad de los primeros criterios que se utilizaron en el desarrollo de un video.

Mientras que, otros estudios exploran cómo generar interés en el alumno mediante el uso del video bajo distintas estrategias, de tal manera que le permita aprovechar más el contenido de éste y, por ende, mejorar el aprendizaje.

En este sentido, se encuentran investigaciones que estudian cómo mejorar la motivación en los estudiantes para su aprendizaje (Bravo *et al.*, 2011; Sipayung *et al.*, 2020; Lijó *et al.*, 2020; Rodríguez *et al.*, 2017b; Muñiz *et al.*, 2021b), la narración digital (Dreon *et al.*, 2011), la segmentación del contenido en videos de corta duración (Kearney *et al.*, 2012), la importancia de una presentación con cierto dinamismo (Puchades *et al.*, 2020), uso de tecnologías complementarias para la interacción con el video (Chiu *et al.*, 2018; Oña, 2021; Cesare *et al.*, 2021) y algunas de las experiencias de la pedagogía audiovisual (Hernández y Martín, 2014). Lo cual permite analizar estas estrategias para incorporarlas o descartarlas en el videotutorial a realizar, de acuerdo con los recursos disponibles y los resultados obtenidos.

Dentro de este mismo apartado, se describen investigaciones sobre el uso del video educativo como herramienta fundamental del aula invertida (Muir, 2018; Jordán *et al.*, 2019;

Rojas-Celis y Cely-Rojas, 2020) y de plataformas académicas como Khan Academy (Light y Pierson, 2014; Weeraratne y Chin, 2018; Vidergor y Ben-Amram, 2020); así como su efecto en el rendimiento académico dentro de las matemáticas y en los aspectos cognitivos y afectivos (Días *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2017b; Lalian, 2018; Vélez, 2018; Trenholm *et al.*, 2019; Pedrosa *et al.*, 2020; Salsabila y Pradipta, 2021). Lo cual permite enfatizar la importancia del video para el aprendizaje a distancia o autodirigido, así como identificar los criterios que impactan en el rendimiento académico en los alumnos.

Además, en este apartado se describen investigaciones que se enfocan en las necesidades del docente por nuevos recursos didácticos multimedia (Astika *et al.*, 2021) y cómo éste elabora y usa un video dentro de una secuencia didáctica (Muñiz y Castaño, 2021; Ramón *et al.*, 2021). Dichas investigaciones son pertinentes para considerar desde el propio diseño del videotutorial, las necesidades que presenta el docente y cómo lo incorpora dentro sus secuencias didácticas.

Por otro lado, dentro del apartado del '*uso del video educativo en personas con discapacidad*', se describen estudios cuyo enfoque es el impacto del video en el aprendizaje para alumnos con bajo rendimiento académico o alguna discapacidad de aprendizaje (Bottge *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2017a; Satsangi *et al.*, 2019; Satsangi *et al.*, 2020), alumnos con discapacidad intelectual (Cihak *et al.*, 2010; Simó y Mumbardó, 2018; Yakubova *et al.*, 2020), discapacidad auditiva (Gaillard y Aguilar, 2020; Tisdell y Loch, 2017), dislexia (Hillier, 2006; Del Real, 2016) y contraste de colores para personas con baja visión (Gaines y Curry, 2011; Pagnoni y Fernández, 2019). Estas investigaciones permiten identificar algunos criterios que son oportunos en el diseño y desarrollo de un videotutorial que considere una educación inclusiva.

A continuación, en el apartado '*teorías cognitivas y diseño instruccional*', se revisan teorías planteadas para el diseño de recursos multimedia que consideren el impacto que estos tienen en la carga cognitiva del espectador (Sweller, 1994, 2005; Mayer, 2005), incluyéndose el video (Loterio, 2012; Vallejo y González, 2018; Raviolo, 2018); así como el uso de estas teorías para el análisis de videos realizados por docentes (Pantazes, 2021) y para valorar la carga cognitiva en el aprendizaje de las matemáticas (Ngu *et al.*, 2015; Ngu y Phan, 2016).

Asimismo, se revisan documentos sobre la producción de videos efectivos para el aprendizaje desde distintos modelos del diseño instruccional (Brunvand, 2010; Fernández, 2016; Góngora y Martínez, 2012; Jardines, 2011; Williams *et al.*, 2004). Estas teorías establecen

algunas pautas que permiten diseñar y producir un video que considere el impacto cognitivo en el alumno y, por consiguiente, en su aprendizaje.

Enseguida, dentro del apartado '*videotutoriales para el aprendizaje de las Matemáticas en YouTube*', se encuentran investigaciones cuyo eje central es el videotutorial analizado desde distintos enfoques. Uno de ellos tiene que ver con su uso dentro de una secuencia didáctica para incrementar la competencia matemática y la motivación en el alumno (Ramírez, 2010; Casado *et al.*, 2019; Lázaro, 2020). Otro se enfoca en el análisis de la idoneidad del videotutorial (Santos y Acuña, 2017; Beltrán *et al.*, 2018) y la valoración del mismo por parte del docente, ambas desde el Enfoque Ontosemiótico (Burgos, 2020; Beltrán-Pellicer y Giacomone, 2021; Beltrán-Pellicer *et al.*, 2021; Burgos y Castillo, 2021; Muñiz *et al.*, 2021a).

Sin embargo, también existen análisis del videotutorial utilizando otros criterios teóricos (Cervantes, 2021; Soto y Liern, 2020; Maraza *et al.*, 2020) e, incluso, la catalogación de indicadores para determinar la calidad de estos (Romero *et al.*, 2017). Por último, dentro de este apartado, se destacan las ventajas del uso de YouTube para el aprendizaje como la difusión, la interactividad, y el aprendizaje asíncrono y autorregulado (Jones y Cuthrell, 2011; Ramírez, 2016; Mesa *et al.*, 2017; Dubovi y Tabak, 2020; Roque, 2020; Putri *et al.*, 2020; Dughera y Bordignon, 2021; Azzara *et al.*, 2022). Todas estas referencias dan pauta de los criterios importantes a considerar en el desarrollo de un videotutorial en cuanto al desarrollo del contenido y la didáctica del mismo, así como las potencialidades que ofrece alojar los videotutoriales en una plataforma abierta como YouTube.

El apartado siguiente, '*videos educativos como entretenimiento en YouTube*', permiten analizar las características principales de la comunicación audiovisual de los canales educativos de mayor difusión. Esto se realiza desde el estudio de características comunicativas (López, 2020; Boy *et al.*, 2020; Paredes, 2021), de la percepción de calidad que generan en el espectador (Beautemps y Bresges, 2021; Gil *et al.*, 2022), de la interactividad con el canal de YouTube (Dubovi y Tabak, 2021; Pattier, 2021a; Martínez *et al.*, 2021; Cambronero *et al.* 2021), la catalogación de criterios de calidad (Honkomp *et al.*, 2022) y el estudio del color y de las formas en recursos multimedia (Canté *et al.*, 2017; Heller, 2004; Plass *et al.*, 2013; Gallo, 2021). Dichos estudios permiten identificar criterios de cómo el espectador interactúa con un video educativo en la plataforma de YouTube y qué prácticas comunicativas generan retención visual en éste.

Por otro lado, dentro del apartado '*uso del video durante la pandemia del COVID-19*', nos permite identificar la relevancia de los videotutoriales como herramientas de aprendizaje fundamentales para la educación a distancia, así como el estado del arte hasta el inicio de la emergencia sanitaria (Bravo, 2021). En este sentido, diversos estudios analizan las situaciones problemáticas generadas en la educación a partir del cambio repentino de la modalidad presencial a la de distancia (Cabero y Llorente, 2020; Cabero, 2020; Cabero y Valencia, 2021). Otros se enfocan en las experiencias y las estrategias implementadas por los docentes durante el confinamiento (Bassignana y Asuaga, 2020; Padilla, 2021) y la relevancia de YouTube y los videotutoriales durante este período (Yaacob y Saad, 2020; González *et al.*, 2021; Pattier, 2021b).

Asimismo, otros estudios se enfocan en la implementación y evaluación del programa "Aprende en Casa" (González *et al.*, 2020; Edel *et al.*, 2021; López, 2021; Serrano *et al.*, 2022). Dichas investigaciones dan un acercamiento al uso de videotutoriales en el quehacer docente acerca de las ventajas y problemáticas a las que se enfrentaron implementando y evaluando este material.

Finalmente, en el apartado '*noción de la ecuación lineal*' se describen investigaciones que se enfocan en los significados que el alumno atribuye a la ecuación lineal en la educación secundaria y preparatoria. En este sentido se analizan los errores y dificultades que se presentan al abordar dicho objeto matemático (Alonso *et al.*, 1993; Aponte y Arrieche, 2007; Ruano *et al.*, 2008; Londoño *et al.*, 2011; Sánchez, 2014; Tettay *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2019; Pantoja, 2021), el diseño de situaciones didácticas para atenderlo (Moreno y Cobo, 1997; Corona, 2021; Ascencio, 2021; Fuentes, 2020), el uso de la balanza como analogía de la ecuación para su enseñanza (Rojano, 2010; Otten *et al.*, 2020) y las prácticas didáctico-matemáticas (Ramírez *et al.*, 2020). Lo cual es relevante porque permite identificar los aspectos a cuidar durante el desarrollo de una secuencia de aprendizaje que pretenda generar un aprendizaje en torno a la ecuación lineal.

Es de esta manera que se observa una ausencia en investigaciones que analicen o identifiquen las características esenciales de un videotutorial en las cuales se complementen los aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos (donde se aprovechen las

herramientas tecnológicas disponibles), de tal manera que el equilibrio entre estos aspectos posibilite un aprendizaje y una motivación en el alumno.

Por otro lado, se puede observar que, las ecuaciones lineales han presentado dificultades para los alumnos de educación básica (secundaria), e inclusive, para los de media superior (bachillerato). Reportándose así, ya desde hace varios años, errores que tienen que ver principalmente con la ausencia de sentido en la noción de la ecuación lineal y de sus procedimientos, además de los conocimientos previos necesarios como el lenguaje algebraico, las operaciones aritméticas y el concepto de igualdad, principalmente.

Lo cual ha conllevado a varios investigadores a caracterizar e identificar los orígenes de estos errores para ser tratados, en otras investigaciones, mediante secuencias didácticas que contemplen la noción de la ecuación lineal. Para ello, se han utilizado estrategias como la metáfora de la balanza con recursos didácticos concretos y digitales para evidenciar el concepto de igualdad al mantener el equilibrio de ésta. Sin embargo, se identifica una ausencia en el estudio de este objeto matemático en los videotutoriales existentes en YouTube, así como en la producción de una secuencia de aprendizaje dirigida para este formato audiovisual.

1.3 Planteamiento

1.3.1 Problemática

Los videotutoriales disponibles en Internet, principalmente en la plataforma de videos de YouTube, se han convertido gradualmente en un recurso de aprendizaje que apoya, complementa y, en ocasiones, sustituye la labor docente para muchos estudiantes. Hecho que se ha potenciado con la pandemia del COVID-19. Incluso se ha convertido en la primera fuente de información para muchos alumnos que consultan esta plataforma antes que a sus maestros (Beltrán-Pellicer *et al.*, 2018) o que sitúan a los videotutoriales al mismo nivel que los libros de texto (Soto & Liern, 2020); convirtiéndose así en un espacio de formación informal (Romero *et al.*, 2017).

Sin embargo, los videotutoriales de matemáticas presentan diversos grados de idoneidad; por lo que los más populares no necesariamente son los más adecuados, ya que pueden presentar errores e imprecisiones en su contenido (Beltrán-Pellicer & Giacomone, 2021), procedimientos formalmente incorrectos o significados no pertinentes para el nivel de un estudiante (Burgos *et al.*, 2020).

Ante ello, se vuelve necesario disponer de herramientas que permitan evaluar estos recursos con criterios pedagógicos (Romero *et al.*, 2017), las cuales permitan a los profesores analizar la pertinencia de los videotutoriales para el aprendizaje de determinado objeto matemático (Burgos *et al.*, 2020) antes de incorporarlo a su secuencia didáctica, pero también para la propia producción de videotutoriales. De tal manera que, puedan generarse nuevas metodologías de enseñanza que minimicen las predisposiciones de rechazo por parte de los alumnos hacia las matemáticas (Lázaro, 2020) y que, a su vez, fomenten un aprendizaje.

En este sentido, el aprendizaje puede dificultarse si la administración de la carga cognitiva en el diseño del video educativo no es la más adecuada, lo cual genera excesivas demandas cognitivas en el alumno (Vallejo y González, 2018); o, si no se consideran estrategias motivadoras adecuadas. Ante esto último, surge la necesidad de investigaciones que analicen mejores formas de uso de las video-clases grabadas de matemáticas, ya que, éstas pueden deprimir el aprendizaje de los alumnos (Trenholm *et al.*, 2019). Asimismo, existen pocas investigaciones formales acerca de la educación en línea (incluyendo al video como recurso didáctico), de personas con discapacidad auditiva (Gaillard y Aguilar, 2020), visual (Pagnoni y Fernández, 2019), intelectual o bajo rendimiento académico (Bottge *et al.*, 2003).

Por otro lado, los alumnos interpretan el signo igual como un mandato operacional y su dificultad para ampliar esta noción hacia el concepto de igualdad como una equivalencia de expresiones (Alonso *et al.*, 1993; Londonño *et al.* 2011; Corona, 2021). Lo cual limita la noción de ecuación, su planteamiento, solución y aplicación en la resolución de problemas (Moreno y Cobo, 1997; Londonño *et al.*, 2011; Pantoja, 2021). Además, los errores que se producen durante el planteamiento y resolución de ecuaciones lineales son originados principalmente por obstáculos y ausencias de sentido aritméticos y algebraicos (Tettay *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2019).

Finalmente, la ausencia de recursos audiovisuales que contemplen el aprendizaje y la motivación con la misma importancia es una limitante para el profesor que utiliza este tipo de recursos como complemento de su secuencia didáctica.

1.3.2 Problema

De acuerdo con la revisión de antecedentes, existen fundamentalmente dos enfoques de análisis y diseño de los videotutoriales en la educación, uno de ellos es referente al contenido del video (evidencia de ello son los estudios de Beltrán-Pellicer *et al.*, 2018; Burgos *et al.*, 2020; Beltrán-Pellicer y Giacomone, 2021; Beltrán-Pellicer *et al.*, 2021; Burgos y Castillo, 2021; Muñiz *et al.*, 2021a); mientras que el otro, se centra en las estrategias y habilidades comunicativas que algunos canales de divulgación han implementado para la difusión educativa (ejemplo de ello son las investigaciones de López, 2020; Boy *et al.*, 2020; Beautemps y Bresges, 2021; Dubovi y Tabak, 2021; Pattier, 2021; Gil *et al.*, 2022; Honkomp *et al.*, 2022).

Por lo que, se observa una ausencia de investigaciones que analicen el diseño y producción de videotutoriales que consideren aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos, como estrategias que generen aprendizaje y motivación en el alumno sobre uno de los objetos matemáticos con mayor ausencia de sentido, la Ecuación Lineal (Alonso *et al.*, 1993; Aponte y Arrieche, 2007; Sánchez, 2014; Tettay *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2019; Corona, 2021; Fuentes, 2020; Ramírez *et al.*, 2020; Londoño *et al.*, 2011; Rojano, 2010).

1.3.3 Pregunta de desarrollo profesional

¿Puede un videotutorial sobre la noción de la ecuación lineal que considere aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos, generar aprendizaje y motivación en el alumno sobre dicho objeto matemático?

1.3.4 Hipótesis

Un videotutorial para la noción de la ecuación lineal, que considere los aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos, puede generar aprendizaje y motivación en el alumno por dicho objeto matemático.

1.3.5 Objetivo general

Diseñar un videotutorial para la enseñanza-aprendizaje de la noción de la ecuación lineal que, además, genere motivación en el alumno; mediante la consideración de aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos.

1.3.6 Objetivos particulares

- Identificar los aspectos curriculares mediante los requerimientos establecidos en el Plan de Estudios con respecto a la ecuación lineal.
- Identificar los aspectos didácticos matemáticos mediante las dificultades, obstáculos, errores y estrategias didácticas en torno a la noción de la ecuación lineal descritos en la literatura.
- Identificar los aspectos pedagógicos y estéticos que apoyan a la enseñanza-aprendizaje y la motivación por medios audiovisuales descritos en la literatura.
- Diseñar un videotutorial que retome los aspectos considerados en los tres primeros objetivos específicos.
- Valorar el aprendizaje y la motivación generados en el alumno sobre la noción de la ecuación lineal mediante la implementación del videotutorial en tres grupos de secundaria en el estado de Zacatecas.

1.4 Justificación

YouTube se ha convertido en una de las plataformas de alojamiento de videotutoriales más importantes, asistiendo cada día, cientos de millones de usuarios en búsqueda de videos de contenido formal e informal; proporcionando así una herramienta importante para las clases en línea, el aula invertida, la formación autodidacta (Vallejo y González, 2018) y como apoyo de la modalidad presencial (Fernández, 2016).

De esta manera, los videotutoriales se han convertido en un recurso necesario para el aprendizaje de los estudiantes (Roque, 2020) al ser, en muchos casos, la primera fuente de información que consultan (Beltrán-Pellicer *et al.*, 2018) ya que pueden tomar las riendas de su

propio aprendizaje (Hernández y Martín, 2014). Por lo que, YouTube se ha convertido en un espacio de formación informal (Romero *et al.*, 2017).

Asimismo, el uso del video como recurso de enseñanza-aprendizaje ha aumentado debido a la cada vez mayor disponibilidad y accesibilidad de dispositivos que permiten reproducir videos (Puchades *et al.*, 2020), y también, a la cada vez mayor accesibilidad al Internet. Es por esto que, es pertinente analizar las características de los videotutoriales considerados de calidad a través de su catalogación en investigaciones previas, para indagar sobre la motivación que pueden generar en los estudiantes, la pertinencia curricular del contenido, las estrategias didácticas que implementan, los aspectos técnicos y estéticos, si presentan errores o imprecisiones, la efectividad en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje de objetos matemáticos, o qué tanto satisfacen las necesidades manifestadas por los profesores.

Además, es importante considerar las características de la cognición humana para cualquier diseño que busque una enseñanza efectiva (Loterio, 2012). Por lo que, considerar la administración de la carga cognitiva es importante, ya que permite dosificar las demandas en el sistema cognitivo (Vallejo y González, 2018) que el estudiante debe de realizar durante la visualización del video. Asimismo, es importante contemplar un diseño atractivo en los recursos multimedia educativos para incentivar la motivación y, en consecuencia, el aprendizaje en el alumno (Sipayung *et al.*, 2020).

Por otro lado, se elige la ecuación lineal con una incógnita como objeto matemático en el desarrollo de esta investigación por ser uno de los conceptos de mayor relevancia durante la educación básica debido a sus múltiples aplicaciones en situaciones de la vida real, tanto en matemáticas como en otras disciplinas, pero también, con mayores dificultades de aprendizaje (Aponte y Arrieche, 2007). Por lo que, es indispensable considerar secuencias de aprendizaje que contemplen los errores, obstáculos, dificultades y estrategias didácticas que se han presentado en investigaciones previas relacionadas con la ecuación lineal, con el fin de darles un tratamiento didáctico adecuado durante el recurso audiovisual.

Ya que, dentro de los videotutoriales en español que actualmente aparecen como los primeros resultados de la búsqueda en YouTube (los cuales además, tienen la mayor cantidad de visualizaciones), su enfoque didáctico es principalmente procedimental con una secuencia de aprendizaje bastante similar a la de una clase tradicional (cambiando únicamente el formato), por

lo que no se aprovechan las posibilidades audiovisuales que la tecnología ofrece actualmente y que tampoco son siempre los más idóneos (Beltrán-Pellicer & Giacomone, 2021).

De tal forma que, estos recursos audiovisuales podrían no estar apoyando a superar los errores por ausencia de sentido, especialmente en uno de los objetos matemáticos con mayores dificultades de este tipo (Londoño *et al.*, 2011).

Es por esto que, la presente investigación busca servir como referente para creadores de contenido educativo matemático en la producción de sus recursos audiovisuales. Lo cual, eventualmente, podría generar mejores videotutoriales para el aprovechamiento de estudiantes y padres de familia que ven en YouTube una plataforma de apoyo para su propio aprendizaje.

Capítulo 2. Marco Referencial

Dentro de este capítulo, se describen las teorías que sirven de referencia para el diseño y desarrollo del videotutorial que contemple los aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos, para el aprendizaje y la motivación en el alumno. Por ello, es que se inicia definiendo conceptualmente el término videotutorial y su clasificación. Enseguida se presenta la catalogación realizada por Romero *et al.* (2017) para la valoración de este tipo de recursos audiovisuales; para ello, los autores definen una serie de apartados a considerar los cuales sirven como base para la presente investigación. De esta manera es que se relacionan los aspectos mencionados en el capítulo anterior con los apartados contenidos en este capítulo.

En este sentido, los aspectos curriculares de la ecuación lineal se abordan mediante las especificaciones del plan de estudios correspondiente para el primer grado del nivel secundaria. Asimismo, los aspectos de la didáctica matemática se describen en los errores, dificultades y obstáculos que se presentan regularmente durante la enseñanza-aprendizaje de este objeto matemático y la manera en que se atienden dentro de secuencias didácticas registrados en la literatura. Por otro lado, los aspectos pedagógicos se abordan mediante las teorías de carga cognitiva de Sweller (1994) y Mayer (2005). Y finalmente, en los aspectos estéticos se contemplan la psicología del color y la psicología de la forma. De esta manera, dichos apartados se configuran como referencias teóricas a utilizar durante el diseño y desarrollo del videotutorial a desglosar en el siguiente capítulo.

2.1 Video

2.1.1 Video educativo y video didáctico

El concepto de video, según Ramos (2000) “es un sistema de captación y reproducción instantánea de la imagen en movimiento y del sonido por procedimientos electrónicos” (p. 3). En este sentido, el desarrollo de la tecnología ha permitido que, desde hace algunas décadas, éste se produzca mediante diversos procedimientos digitales que han facilitado y agilizado su creación y distribución. Lo cual ha facilitado que el video sea utilizado como un medio audiovisual que permite que un mensaje se conserve y sea reutilizable (Ramos, 2000).

De esta manera, el video se ha convertido en un recurso indispensable para la comunicación social, laboral y educativa, ya que permite transmitir o recibir información de manera rápida y sencilla (Casado *et al.*, 2019); de tal forma que, dentro del proceso educativo es posible utilizarlo como un medio de observación, de expresión, de autoaprendizaje y de ayuda a la enseñanza (Ramos, 2000).

En este sentido, Casado *et al.* (2019) definen al video educativo como aquel que cumple un objetivo didáctico previamente establecido. Sin embargo, dicho objetivo no necesariamente corresponde con aquel que fue creado el video en su origen, es decir, cualquier video se convierte en educativo cuando se adapta a un proceso pedagógico específico (Ramírez, 2010).

Dentro de estos videos educativos, se denominan como videos didácticos aquellos que son creados con guías y orientaciones pedagógicas concretas y con base en contenidos particulares de cierto nivel académico (Ramírez, 2010). Asimismo, Lázaro (2020) comenta que el video didáctico está diseñado, producido y evaluado para insertarse en un proceso concreto de la enseñanza-aprendizaje de forma creativa y dinámica.

2.1.2 Clasificación del video educativo

La clasificación de los videos educativos se realiza a partir de los usos que se le den, por lo que pueden existir distintas clasificaciones. Una de ellas es la que menciona Ramos (2000), la cual agrupa a los videos tomando en cuenta si son de tipo curricular (didácticos), de divulgación cultural, de carácter científico-técnico y para la educación. Mientras que, López (2020) realiza una clasificación a partir del tipo de producción, estos pueden ser de entretenimiento educativo, de formación y orientados al desarrollo de habilidades específicas. Por otro lado, Ramos (2000) establece cinco tipos básicos de videos educativos según la índole del objetivo, los cuales son: instructivo (videotutorial), de conocimiento, motivador, modelizador y lúdico o expresivo.

En cambio, acerca de los videos en YouTube, López (2020) menciona la clasificación hecha por la Academia de Creadores de YouTube sobre los géneros más comunes de los videos educativos en esta plataforma:

- *De formación.* Son videos creados por profesores o expertos en algún tema que comúnmente son parte del plan de estudios de la materia, utilizando los formatos de

videotutoriales o clases en video, entretenimiento educativo y desarrollo de habilidades.

- *De entretenimiento educativo.* Se lleva a cabo la combinación de estos dos elementos y son presentados por expertos o aficionados de algún tema.
- *De desarrollo de habilidades.* Se orientan a temas prácticos con la finalidad de aprender, mejorar alguna habilidad o solucionar alguna problemática.

Una clasificación más propuesta por López (2020) está enfocada en los formatos de los videos educativos, es decir, la manera en como presentan la información.

- *Tutoriales en video (o videotutoriales).* En este formato se explica el proceso para llegar a un fin, este tipo de formato es muy utilizado en canales de matemáticas, física, dibujo, informática, etc. Comúnmente los temas de este género forman parte del programa de estudios de la educación formal.
- *Video-clases.* Videos en los que el ‘edutuber’ explica algún tema de una clase o de una charla de capacitación. Existen varias formas de presentación, ya sea rescatando los momentos de una clase tradicional, utilizando pizarra o diapositivas, o hasta producciones multimedia utilizando la combinación de distintos elementos.
- *Videos de divulgación.* Están orientados a hacer accesible para la sociedad el conocimiento científico o académico a través de explicaciones atractivas.
- *Emisiones en directo.* Consisten en canales educativos que fomentan la interacción a través de una comunicación síncrona bidireccional.
- *Las colaboraciones.* Son un formato atractivo en recientes años, su dinámica consiste en invitar a otros ‘youtubers’ o especialistas de algún tema para desarrollar un video en conjunto.
- *Animación educativa.* Es un formato donde se incorpora la multimedia a través de distintos recursos, ésta puede ser de tipo digital (efectos por computadora) o video-escritura (se simula la mano dibujando sobre una pizarra).
- *Juegos.* Consisten en videos de trucos, desafíos, concursos, etc.

Es de esta forma que, en la presente investigación se desarrolla un “*video didáctico*” debido a que, desde su diseño, está pensado como un recurso de aprendizaje. Asimismo, se considera como un video “*de formación*” dado que el contenido que presenta está acorde a los

aprendizajes clave del plan de estudios mexicano (SEP, 2017), como “*videotutorial*” por la forma en que desarrolla el proceso para lograr tal aprendizaje y como video de “*animación educativa*” por el uso de recursos multimedia para el desarrollo de la secuencia de aprendizaje.

2.2 Catalogación de videotutoriales

Beautemps y Bresges (2021) recomiendan 17 criterios agrupados en 4 apartados para la creación de videos educativos exitosos que sirvan como guía práctica para los creadores de contenido: (1) estructura del video (menciona el tema al principio, inicia con una pregunta que se responde durante el video, usa imágenes reales o animaciones, usa audio de calidad, repite los datos importantes, ajusta el formato del video a distintos dispositivos y ajusta la duración entre 7 y 15 minutos), (2) presentador (muestra tu personalidad, usa el humor, involucra a tu comunidad, interactúa en los comentarios del video y toma en cuenta los temas sugeridos), (3) fiabilidad (especifica las fuentes en la descripción, habla sobre tu formación académica e integra a expertos) y (4) tema (selecciona temas de interés para tu audiencia y que resuelvan un problema práctico, y evita el sensacionalismo).

Por otro lado, la guía o rúbrica de catalogación de videotutoriales para el análisis de su calidad realizada por Romero *et al.* (2017), consta de cinco aspectos a evaluar conformados por un total de 34 criterios en un cuestionario con escala de Likert; los cuales surgieron de una revisión bibliográfica hecha por los autores de investigaciones previas. Estos aspectos sirven como referencias para el diseño y desarrollo de un videotutorial debido a que son un parámetro de la calidad del mismo, por lo cual son criterios a cumplir desde la creación del mismo. Por ello, a continuación se describen los aspectos en los que se conforma y los criterios que evalúa:

a) Curriculares. Evalúan cómo el video se vincula con los objetivos y contenidos del nivel al que se dirige, y en qué grado se posibilita la utilización autónoma del alumnado, es decir, el fondo del video. Para ello se consideran 6 criterios: explica los objetivos que persiguen, es relevante curricularmente, es eficaz respecto al logro de los objetivos, explicita los contenidos que trata, contiene información suficiente para su incorporación al currículum y los alumnos pueden usar el video de manera autónoma para actividades de exploración.

b) Didácticos matemáticos. Evalúan si el video contempla los conocimientos previos necesarios y los errores sistemáticos habituales, integrando conocimiento declarativo y procedimental, si existe una dificultad ascendente y si inserta las matemáticas en el contexto natural y académico de alumno. Se conforma de 10 criterios: el video identifica los conocimientos previos, expone conocimiento declarativo (conceptos matemáticos) y conocimiento procedimental (algoritmos), relaciona el conocimiento declarativo con el procedimental, evoluciona en dificultad la presentación del conocimiento, relaciona el conocimiento con el contexto natural, relaciona el conocimiento matemático con otras materias, relaciona el conocimiento con la historia de las matemáticas, estimula el desarrollo de las competencias, identifica errores sistemáticos y se puede complementar con otros recursos.

c) Pedagógicos. Evalúan como el video se enfoca a elementos de interés, eficacia para el aprendizaje y coherencia con el contexto en el que se encuentra. Lo constituyen 12 criterios: el video es atractivo e interesante, es compatible con la metodología didáctica correspondiente, es un elemento motivador para el alumno, complementa a otros recursos didácticos, se adecúa al currículo en su duración original, la información es correcta, se repiten los conceptos e ideas fundamentales a lo largo del video, es preciso y concreto, el vocabulario y la expresión lingüística es rigurosa, comprensible y adaptada al alumno; la información está actualizada, la narración atiende a la perspectiva de género y en todo momento es respetuoso, no discriminatorio ni ofensivo con ningún perfil sociocultural.

d) Técnicos, estéticos y expresivos. Evalúan si el video es un recurso atractivo mediante el uso eficaz de las herramientas y recursos de la narración audiovisual, es decir, la forma. Se compone de 6 criterios: la calidad de imagen es satisfactoria, la calidad de audio es satisfactoria, las animaciones (textos, gráficos y efectos) facilitan los objetivos, la sincronización del audio con la imagen es eficaz, es adecuado el planteamiento narrativo y, la estructura y el ritmo se adecúan a los objetivos.

e) Accesibilidad. Evalúa la accesibilidad tecnológica, idiomática y para alumnos con discapacidad auditiva, visual o cognitiva. Además, se considera la accesibilidad económica asociado a la tolerancia a la publicidad. Lo integran 7 criterios: la reproducción del video no requiere ‘*plugins*’, la versión idiomática cubre la necesidad curricular, las versiones subtituladas cubren necesidades del alumnado, el planteamiento audiovisual permite accesibilidad a personas

con baja visión, el diseño permite accesibilidad a personas con discapacidad cognitiva, el costo de acceso al video es asumible y la publicidad insertada no perjudica su utilización.

Esta rúbrica sirve como un punto de referencia de los estándares de calidad que deben contemplarse en los aspectos descritos en el capítulo 1: curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos. Sin embargo, para poder ejecutar debidamente estos dentro del proceso de diseño y desarrollo de un videotutorial, la rúbrica antes mencionada no es suficiente debido a que su enfoque es el análisis. Por lo tanto, para dar cumplimiento a estos aspectos, se contemplan otras referencias teóricas que se describen en los siguientes apartados de este capítulo. La vinculación entre estas referencias teóricas y los aspectos antes mencionados se describe en la Tabla 1:

Tabla 1

Articulación entre el Planteamiento del Problema y el Marco Referencial

Planteamiento del Problema	Marco Referencial
Aspectos Curriculares	Plan de estudios
Aspectos Didácticos Matemáticos	Dificultades, obstáculos y errores Estrategias didácticas
Aspectos Pedagógicos	Teoría de Carga Cognitiva Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia
Aspectos Estéticos	Psicología del color Psicología de la forma

2.3 Ecuación lineal

2.3.1 Plan de estudios

La Secretaría de Educación Pública de México (SEP), en su plan de estudios de 2017, establece abordar la Ecuación Lineal dentro del tema Ecuaciones del eje Número, Álgebra y Variación de primer grado de nivel secundaria, siendo el aprendizaje clave el siguiente:

“Resuelve problemas mediante la formulación y solución algebraica de ecuaciones lineales” (SEP, p. 189, 2017).

Dentro de las orientaciones didácticas del mismo documento, se especifica que los alumnos realizan su primer acercamiento a las ecuaciones durante la educación primaria a través de ejercicios de valor faltante, aunque aún sin mencionarse el término ‘ecuación’. Con este precedente, se espera que, al finalizar el primer grado de la secundaria, el alumno sea capaz de resolver problemas de diversos contextos mediante ecuaciones lineales de una incógnita, pasando de soluciones intuitivas o prealgebraicas, a la representación algebraica de la situación problemática.

En este sentido, el plan de estudios especifica dos procedimientos centrales que se integran en dicho aprendizaje: el análisis y modelación del problema y la resolución algebraica de la ecuación lineal. Es así como el documento propone las siguientes consideraciones:

- Introducir la noción y simbolización algebraica de la ecuación lineal a través de problemas contextuales que le permitan al alumno identificar las cantidades conocidas y desconocidas para formular una ecuación que modele dicha situación; de tal manera que, pueda interpretar la igualdad como la equivalencia entre dos expresiones.
- Iniciar la resolución de ecuaciones lineales mediante la aplicación sucesiva de operaciones inversas y de las propiedades de la igualdad (pudiéndose utilizar la analogía de la balanza), comprobando el resultado mediante la sustitución de la ecuación inicial. Se sugiere además que se inicie con casos muy sencillos e ir progresando hasta llegar a otros más complejos (ecuaciones de varios pasos o con distintas ocurrencias en su literal).
- Realizar actividades de traducción del lenguaje verbal al simbólico, y viceversa.
- Plantear ecuaciones con reglas más avanzadas como la eliminación de paréntesis, reducción de términos semejantes o conmutar términos en ecuaciones literales.

- Diferenciar el álgebra respecto a la aritmética en cuanto a la noción de igualdad como equivalencia entre expresiones y no sólo como signo que conecta una operación con su resultado; asimismo la noción de incógnita respecto al valor faltante, ya que la primera implica la aplicación de reglas algebraicas para la transformación de una ecuación.

A partir de lo anterior, es que la presente investigación se enfoca en la introducción de la noción y simbolización algebraica de la ecuación lineal. Concepto que dentro de la literatura se puede encontrar como *noción*, *concepción* o *acepción*; utilizándose éstas casi indistintamente, como si fuesen sinónimos o con pequeñas diferencias teóricas (Londoño *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2020); haciendo referencia a la forma en cómo entiende un alumno el concepto de ecuación lineal.

Sin embargo, para esta investigación se le describirá como '*noción de la ecuación lineal*', lo cual está acorde al plan de estudios de la SEP del 2017. Además, esto corresponde con la definición del propio término "noción" como el "conocimiento o idea que se tienen de algo" (Real Académica Española, 2022). Asimismo, esto concuerda con el aprendizaje clave y uno de los significados que determina Ramírez *et al.* (2020) sobre la *ecuación lineal como modelo lineal*, en la cual se desarrolla una modelación de un problema práctico de difícil deducción a través de resolución de ecuaciones, enmarcándose la utilidad práctica de este objeto matemático.

Por otro lado, dentro de los libros de texto, la ecuación lineal se define como "la igualdad en la que hay un valor desconocido, este valor se representa con una literal, por lo general se usa x , pero puede emplearse cualquier letra, a la cual se le conoce como incógnita de la igualdad" (Arredondo y Aguilar, 2018, p. 141). De tal forma que, esto nos permite identificar la importancia que se le da a la noción de igualdad y al significado de la literal como incógnita, para definir la ecuación lineal en este primer acercamiento del alumno al álgebra.

En cuanto a la definición matemática formal de la ecuación lineal y las propiedades que posee, éstas se describen en el Anexo 1 debido a que los conceptos empleados en el diseño del videotutorial son los utilizados por la matemática escolar.

2.3.2 Dificultades, obstáculos y errores

Lárez (2018) nos menciona que el aprendizaje es intrínseco al ser humano, que todos los individuos, en general, son capaces de aprender; pero que, sin importar cuánto se esfuerce el docente en diseñar una estrategia didáctica perfecta, nunca obtendrá el aprendizaje esperado de manera homogénea en todos sus alumnos. Lo cual es un preámbulo en lo que describe a la problemática en la enseñanza de las matemáticas como, una compleja red de obstáculos que impiden o limitan el desarrollo del conocimiento. De esta manera, el autor cataloga todas esas problemáticas en un solo concepto: *Obstáculos*.

En cambio, Socas (1997) hace la distinción entre *Dificultades*, *Obstáculos* y *Errores*. Donde establece que las dificultades para el aprendizaje de las matemáticas pueden ser originadas en el sistema educativo a nivel macro y micro, poniendo especial énfasis en tres aspectos referentes al desarrollo cognitivo de los alumnos, el currículo matemático y los métodos de enseñanza. De tal manera, dichas dificultades presentes en torno a la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas se concretan en la práctica en forma de obstáculos al generarse un conocimiento inadecuado o incompleto en el alumno, y que, estos lo manifiestan en forma de error.

Por tanto, las *dificultades* son, de acuerdo con Socas (1997), todos aquellos factores externos al alumno que limitan o afectan, parcial o totalmente, su aprendizaje. En este sentido, las dificultades van desde la complejidad *per se* de algunos objetos matemáticos y sus procesos de pensamiento (cuando se implica la ruptura de los modos de pensamiento o el abandono de las reglas hasta entonces conocidas), los procesos de enseñanza desarrollados para el aprendizaje (el sistema educativo y su organización), y hasta los procesos de desarrollo cognitivo del alumno y sus actitudes afectivas y emocionales hacia las matemáticas.

En cambio, los *obstáculos* son un conocimiento que, por diversos motivos, se han convertido en un inconveniente en el sujeto que conoce; es decir, todas aquellas limitantes para adaptar a nuevas circunstancias los conocimientos que son válidos en un cierto contexto pero que son insuficientes al ser profundizados. De esta manera, se consideran obstáculos ontogénicos a los que tienen que ver con el desarrollo cognitivo del alumno, obstáculos didácticos a los relacionados con los procesos de enseñanza elegidos para el aprendizaje, y obstáculos

epistemológicos a los referentes intrínsecamente con el propio concepto matemático y su dificultad para ser comprendido (Socas, 1997).

Por otro lado, los *errores* son la evidencia o manifestación explícita de un conocimiento parcial o inadecuado. Los cuales deben entenderse como un área de oportunidad de corrección y consolidación del conocimiento, ya que no se tratan de una falta de éste, sino de un conocimiento incompleto. Así pues, estos se clasifican en errores originados en un obstáculo, originados en la ausencia de sentido (cuando hay una comprensión limitada sobre el objeto matemático de estudio o de un conocimiento previo) y originados en actitudes afectivas y emocionales (Socas, 1997).

2.3.3 Dificultades, obstáculos y errores en la ecuación lineal

La ecuación lineal con una incógnita es uno de los objetos matemáticos de mayor relevancia durante la educación básica debido a sus múltiples aplicaciones en situaciones de la vida real, tanto en matemáticas como en otras disciplinas (Aponte y Arrieche, 2007). Por ello, el estudiante inicia el aprendizaje de la noción de la ecuación lineal en los primeros grados de la educación básica cuando se le plantean ejercicios de valor faltante, es decir, desde un enfoque aritmético (Londoño *et al.*, 2011).

Sin embargo, cuando se aborda desde el álgebra, el aprendizaje se convierte fundamentalmente de tipo mecánico al usarse reglas para el manejo de símbolos, sin referentes concretos, que le son carentes de significado al alumno (Aponte y Arrieche, 2007; Alonso *et al.*, 1993); lo cual deriva en problemas de formulación, aplicación y resolución de las ecuaciones lineales. Ante ello, diversos estudios se han preocupado por abordar las dificultades, obstáculos y errores que se presentan durante la enseñanza-aprendizaje de dicho objeto matemático; a partir de los cuales, se logran identificar los siguientes tomando como base la clasificación utilizada por Londoño *et al.* (2011):

A) Enfoque aritmético de la ecuación lineal

En la educación primaria, se abordan ejercicios de valor faltante como $2 \times [] + 1 = 7$ con los cuales se da el acercamiento aritmético del alumno a la noción de la ecuación lineal. Para su resolución, regularmente se utiliza la estrategia de ‘ensayo y error’ con la cual se busca la cantidad que al operar cumpla el resultado. Esto generalmente se realiza a modo de adivinanza,

en la que se le pregunta al alumno qué número multiplicado por dos y sumándole uno da como resultado siete (Lodoño *et al.*, 2011).

Este tipo de ejercicios puede crear en los alumnos una noción aritmética de la ecuación lineal al fomentar el uso procedimental o algorítmico para encontrar el valor desconocido (Lodoño *et al.*, 2011); lo cual se convierte en un obstáculo didáctico durante el primer acercamiento del alumno a la ecuación lineal como tal dado que esta estrategia puede ser suficiente en algunos casos sencillos, pero no en otros más elaborados. Por ello, es que Lodoño *et al.* (2011) sugieren mirar la ecuación lineal desde una perspectiva estructural, donde los procesos se enfoquen en significar o resignificar las relaciones de igualdad de los elementos presentes en dicha ecuación.

B) El signo igual

De acuerdo con Lodoño *et al.* (2011), el signo igual se interpreta como un símbolo para asignar el resultado de una operación durante las experiencias aritméticas previas al trabajo algebraico, es decir, generalmente su uso tiene un carácter unidireccional (a la izquierda la operación y a la derecha el resultado), o, en procesos que dan el mismo resultado: $3 \times 5 = 5 + 5 + 5 = 3 \times (4 + 1)$, (Alonso *et al.*, 1993). Por lo que, al abordarse el álgebra se vuelve necesario resignificar este signo a una relación en “equilibrio” (Londoño *et al.*, 2011).

Dicha noción de signo igual, como mandato operacional, puede obstaculizar la comprensión de la ecuación, ya que en ésta, ninguna de las dos expresiones de la igualdad resulta de simplificar u operar la otra (Londoño *et al.*, 2011), además de su carácter bidireccional en el álgebra (Alonso *et al.*, 1993). Por otro lado, también debe revisarse la propiedad transitiva que funciona en la aritmética, pero no en el álgebra, por ejemplo, a partir de las ecuaciones $3x + 1 = 5$ y $5 = 2x - 6$ no es posible afirmar que $3x + 1 = 2x - 6$. De tal forma que cada ecuación tiene un conjunto de solución diferente, lo cual requiere de la noción de ecuación como una “igualdad condicional” (Londoño *et al.*, 2011).

Para ello, se recomienda utilizar la metáfora de la Balanza en equilibrio como una estrategia didáctica para la interpretación de la propiedad uniforme de la igualdad, cuyo uso reiterativo conlleva a la solución de la ecuación. Sin embargo, es necesario contar con otras estrategias alternativas puesto que el uso de esta metáfora requiere generalmente de cantidades

discretas, lo cual puede ser una limitante para extender dicha estrategia hacia los números reales (Londoño *et al.*, 2011).

C) Las operaciones y expresiones algebraicas

Es necesario resignificar también las operaciones al integrarse en el álgebra, esto debido a que si bien, en aritmética la expresión $(3 + 5)$ no se acepta como respuesta por indicar una operación que “debe hacerse”; en álgebra, la expresión $2x + 1$ ya es una respuesta en sí misma (Londoño *et al.*, 2011) dado su carácter de “representación” (Alonso *et al.*, 1993). Esto genera en los estudiantes una percepción de incompleto, por lo que el alumno tiene la necesidad de seguir operando. Por lo que pueden interpretar como respuesta xy para la expresión $x + y$, o, $5x$ para $3x + 2$. En estos casos, los estudiantes pueden estar interpretando las operaciones aritméticas como una “operación indicada” (Londoño *et al.*, 2011) y tienen la necesidad de clausura (Ruano *et al.*, 2008).

Por otro lado, un obstáculo que es la base de muchos errores en la transposición de términos es la relación de una operación con su inversa. En aritmética, el manejo de este aspecto no es tan importante dado su carácter unidireccional, lo que conlleva a que el alumno tenga ciertas carencias en este sentido. Asimismo, la transposición de términos es un problema en sí misma por la posibilidad de producir un automatismo en la resolución de ecuaciones que no necesariamente está ligada a la adquisición de conceptos por parte del alumno (Alonso *et al.*, 1993).

En este sentido, Moreno y Cobo (1997) identifican los siguientes errores en la transposición de términos: Un número que multiplica a la incógnita en un miembro de la ecuación, pasarlo restando al otro miembro, por ejemplo $3x + 1 = 0 \rightarrow x = -1 - 3$. Cambiar el signo en un elemento que transpone por multiplicación o división, $-3y = -1 \rightarrow y = -1/3$. No realizar la transposición en el orden correcto, $\frac{5x}{3} + 2 = 3 \rightarrow 5x + 2 = 9$. Realizar las operaciones sólo en un miembro de la ecuación, $2x + 3 = 5 \rightarrow 2x + 3 - 3 = 5$.

D) Dificultades en la transición de lo aritmético a lo algebraico

Alonso *et al.* (1993) mencionan que, en aritmética, los procesos son básicamente algorítmicos; es decir, para resolver un problema aritmético, en muchos de los casos lo único que se requiere es conocer el algoritmo a aplicar para conocer la solución. Sin embargo, en el álgebra esto no es suficiente, se requieren además habilidades para definir estrategias, métodos,

procesos, etc.; por lo que esta transición de la aritmética al álgebra resulta un salto cualitativo importante para el alumno porque el razonamiento es distinto en ambas.

En este sentido, el estudio de la ecuación lineal debe superar el excesivo enfoque que se hace a los aspectos algorítmicos o procedimentales, además de trascender la idea de que una ecuación sólo se limita a encontrar el valor de una incógnita (Londoño *et al.*, 2011).

Con relación a esto, Tettay *et al.* (2019) especifican que los errores que se presentan durante la resolución de ecuaciones lineales con una incógnita tienen origen, por un lado, en un obstáculo al emplear cálculo mental y operaciones básicas que, habitualmente usan, pero que no son adecuadas para resolver el problema planteado. Por otro lado, errores con origen en la ausencia de sentido, los cuales se pueden separar en tres tipos: errores aritméticos (ignorancia de algoritmos, procedimientos incorrectos, conocimiento insuficiente de conceptos, etc.), errores de procedimiento por el uso inadecuado de “fórmulas” o “reglas de procedimiento” (falsas generalizaciones; mal uso de la propiedad distributiva, del recíproco y de la cancelación) y errores de álgebra debido a las propias características del lenguaje algebraico.

Asimismo, Pérez *et al.* (2019) dividen los errores en aritméticos (de operaciones con números enteros y fracciones, y por la propiedad distributiva) y errores algebraicos, los cuales, a su vez, se subdividen en errores de concepto (incógnita, término independiente y coeficiente) y de procedimiento (igualdad entre los miembros, reglas de transposición de términos y por jerarquía de operaciones).

Dentro de la primera categoría, los errores aritméticos, los autores consideran que los errores en operaciones con números enteros se deben a causas de tipo afectivo-emocional por deberse a olvidos o por priorizar lo último que se ha aprendido, mientras que los relacionados con los números fraccionarios se deben a una falta de asimilación de los contenidos aritméticos (ausencia de sentido) o a un obstáculo cognitivo (conocimiento satisfactorio dentro de un contexto pero inadecuado en otro); asimismo, los errores por la aplicación de la propiedad distributiva tienen su origen en la ausencia de sentido de nociones aritméticas. De esta manera, este tipo de errores aritméticos tienen una falta, o no consolidación, de conceptos y procedimientos aritméticos previos que son necesarios para abordar las ecuaciones.

En la segunda categoría, errores algebraicos, los autores los dividen en dos subcategorías: errores conceptuales y errores de procedimiento. Dentro de los errores conceptuales, está la separación de literal, término independiente y coeficiente, lo cual se atribuye a una ausencia de sentido debido a que el alumno se encuentra en un estado de desarrollo primario en la manipulación del lenguaje algebraico. Mientras que, en los errores procedimentales están los relativos con la igualdad entre los miembros los cuales tienen su causa en un obstáculo didáctico; de manera similar, están los relativos a la transposición de términos cuya causa está, de acuerdo con los autores, en la ausencia de sentido y en el obstáculo didáctico (debido al método de enseñanza elegido por el profesor). En cuanto a los errores por jerarquía de operaciones se clasifican dentro de un obstáculo cognitivo.

De esta manera, Pérez *et al.* (2019) concluyen que la mayoría de los errores están relacionados directamente con el método o procedimiento de resolución con el que se haya enseñado, la balanza o la transposición de términos, sin embargo, ninguno de los dos está exento de presentar errores, aunque sí son de distinta índole para cada método.

E) Dificultades asociadas a la resolución de problemas

La relación entre el lenguaje natural y el algebraico es una de las principales dificultades a las que se enfrenta el alumno al resolver problemas. De tal manera que esta traducción entre ambos lenguajes no se realiza de manera automática, aun cuando se comprenden ambos lenguajes (Alonso *et al.*, 1993). En este sentido, los autores asemejan esta traducción a leer y explicar cierta situación en un idioma distinto al propio, es decir, los errores de traducción no surgen únicamente por dificultades en la comprensión de la estructura e interpretación de expresiones algebraicas, o en dificultades de comprensión de los enunciados, sino que tienen entidad propia que requieren entrenamiento específico (Alonso *et al.*, 1993).

Por lo que, la relación entre los dos lenguajes implica la comprensión de un problema matemático mediante la identificación de la información relevante y la elaboración consciente de estrategias que vinculen el enunciado con expresiones matemáticas (Londoño *et al.*, 2011).

Asimismo, Pantoja (2021) agrega algunos errores más a los que incurre el alumno durante la representación algebraica a partir de un problema con lenguaje natural: designar la incógnita como una cantidad conocida, realizar la conversión en un solo sentido (del lenguaje

natural al algebraico, pero no de forma inversa) y plantear de forma incorrecta la relación de equivalencia entre los miembros de una igualdad.

2.3.4 Estrategias didácticas

De acuerdo con Londoño *et al.* (2011), la ecuación lineal requiere de la construcción de la noción de linealidad a partir de estructuras gráficas y algebraicas evidenciadas en procesos de modelación que implementen “problemas reales” conocidos por el estudiante o de situaciones cercanas a su cotidianidad. Ante ello, desde una perspectiva estructural, la enseñanza-aprendizaje de la ecuación lineal debe trascender los procedimientos mecánicos y algorítmicos mediante procesos enfocados en resignificar las relaciones de igualdad de los elementos de la ecuación lineal.

En este sentido, Alonso *et al.* (1993) mencionan que es necesario que el alumno se relacione con el carácter bidireccional del signo igual y que maneje de manera simultánea sus dos lados. Asimismo, es necesario que el alumno asimile la situación de equilibrio que representa el signo igual y su propiedad simétrica, de tal manera que las reglas formales de resolución no le sean meros procesos carentes de sentido.

Sin embargo, la tarea de diferenciar el signo igual aritmético y el algebraico no es una tarea sencilla, y menos cuando las primeras ecuaciones con las que se inicia la construcción de este conocimiento son del tipo $Ax \pm B = C$, donde el significado del igual es bastante parecido con el aritmético. Esto se comenzará a diferenciar cuando se aborden ecuaciones del tipo $Ax \pm B = Cx \pm D$. En este sentido, es importante comprobar la solución de una ecuación como una forma de evidenciar la igualdad existente entre los resultados de ambos miembros (Alonso *et al.*, 1993).

Para ello, el uso de la balanza es apta para trabajar con alumnos de doce o trece años como analogía de una situación en equilibrio del concepto de ecuación. Una balanza en equilibrio permite introducir una representación gráfica real bastante aceptable del signo igual a partir de la equivalencia de sus dos platillos en términos de peso asignado a sus cantidades y a su incógnita. Esto permite una manipulación de objetos que le da sentido a la ecuación, a las manipulaciones algebraicas, a las propiedades simétrica y uniforme (el hacer lo mismo a ambos miembros) y a las ecuaciones equivalentes; lo cual facilita al alumno confirmar sus hipótesis sucesivas. Conforme esta noción de equilibrio se va interiorizando, se va dejando de lado esta analogía como elemento autocorrector (Alonso *et al.*, 1993).

Asimismo, Otten *et al.* (2020) mencionan que no existe una diferencia significativa entre el uso del modelo de equilibrio pictórico y el físico en el desarrollo del razonamiento algebraico para la resolución de ecuaciones lineales. Pero el uso de modelos físicos permite el desarrollo de estrategias algebraicas más avanzadas, lo cual sugiere que los modelos pueden desempeñar una función distinta durante el proceso de aprendizaje.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que la balanza es una buena analogía cuando se manejan números naturales y operaciones de suma y resta, pero no lo es tanto cuando hay números racionales (sobre todo, negativos) y operaciones de multiplicación y división (Alonso *et al.*, 1993). Rojano (2010) menciona que el círculo didáctico al utilizar una balanza simple es: (1) familiarizarse con la balanza (pesar objetos), (2) representar una ecuación en la balanza, (3) resolución de la ecuación con el uso de la balanza dinámica mediante la eliminación de objetos de los platillos, (4) resolución de ecuaciones con el uso de una balanza fija por elección de operaciones inversas y (5) resolución de ecuaciones sin balanza mediante la transformación de la igualdad a nivel simbólico del álgebra.

De esta manera, una secuencia didáctica que busca resignificar la relación de igualdad con la ecuación lineal es la realizada por Moreno y Cobo (1997), quienes proponen actividades enfocadas a:

- Interpretar gráficamente la igualdad mediante el uso de elementos concretos basados en el concepto de equilibrio de una balanza.
- Completar igualdades con casos simples de adición, sustracción y división de números enteros.
- Relacionar la incógnita y su valor.
- Guiar la secuencia de despeje de una incógnita mediante el procedimiento a seguir paso a paso.
- Aplicar lo aprendido mediante ejercicios similares a los ejemplificados.

Asimismo, Fuentes (2020) también propone una secuencia de aprendizaje para relacionar la noción de igualdad y el de ecuación para el nivel de bachillerato a partir de la Teoría de Situaciones Didácticas, la cual consistió básicamente en las siguientes etapas:

- Utilizar proposiciones de valor faltante desde un análisis epistemológico para dar un primer acercamiento al alumno al concepto de incógnita en una ecuación.
- Emplear balanzas pictóricas que permitan al alumno establecer y validar la correspondencia entre una balanza en equilibrio y el concepto de igualdad. Además de evidenciar el carácter bidireccional del signo igual para representar equilibrio y equivalencia.
- Institucionalizar el concepto de ecuación de primer grado con una incógnita.
- Traducir al lenguaje algebraico una situación pictórica de una balanza en equilibrio con ciertos elementos en sus repisas (formulación) y resolver la ecuación resultante por métodos intuitivos.
- Validación de la ecuación obtenida mediante su representación en una balanza con material concreto.
- Institucionalizar las propiedades de la igualdad en la creación de ecuaciones equivalentes.
- Reforzar el método de resolución formal, comprobar los resultados y validar estos por medio de una balanza virtual.

Por otro lado, Corona (2021) propone una situación didáctica diseñada para la resolución de ecuaciones lineales con una incógnita para alumnos de bachillerato desde el sentido bidireccional del signo igual bajo la Teoría de Situaciones Didácticas. La cual tiene las siguientes consideraciones: sentencias numéricas con espacios en blanco para simbolizar las incógnitas, utilización de estrategias compensatorias para fomentar el pensamiento relacional y la resolución de ecuaciones lineales con números enteros (para evitar errores inducidos por el uso de números racionales) mediante uso de las propiedades de la igualdad.

En cuanto al nivel de complejidad de las ecuaciones a plantear, Ngu y Phan (2016) las clasifican de acuerdo con la Teoría de Carga Cognitiva por su grado de interactividad de los elementos (cantidad de pasos de resolución) o número de líneas operacionales: un paso ($x + 2 = 11$), dos pasos ($2b + 1 = 5$) y varios pasos ($2[q + 3] = 16$); es decir, la carga cognitiva inherente de cada ecuación. Pero además, también las clasifican de acuerdo con la naturaleza de los elementos que componen la ecuación (número racional, negativos, incógnita

negativa, etc.), por lo que, $a - 3 = -7$ es considerada más compleja de acuerdo con el tipo de elementos que tiene en comparación de $x + 2 = 11$, pese a ser ambas ecuaciones de un paso.

Otro aspecto que consideran para su clasificación es el número de relaciones que existe entre los elementos dentro de cada miembro y entre miembros de la ecuación; por ejemplo, $6y = 18$ tiene dos líneas de relación por la multiplicación entre la literal y el 6 (hacia adentro del miembro) y la igualdad que tiene esta expresión algebraica con el 18 (relación entre miembros) (Ngu y Phan, 2016).

Asimismo, Ngu *et al.* (2015) mencionan que el método de balance (propiedad uniforme) y el inverso (transposición de términos) son comparables en ecuaciones simples de baja interactividad entre sus elementos, pero que la eficacia del primero se verá disminuido cuando se trate de ecuaciones más complejas con alta interactividad. Mencionando así que, el método inverso produce una menor carga cognitiva en el estudiante.

2.4 Teorías de carga cognitiva para recursos multimedia

La Teoría de la Carga Cognitiva (TCC), desarrollada por Sweller (1994), es el fundamento teórico a partir del cual Mayer (2005) basa su Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM) (Vallejo y González, 2018). Juntas son un marco conceptual de las ciencias cognitivas que busca comprender cómo los recursos multimedia pueden apoyar y mejorar el aprendizaje en ambientes digitales o e-learning; esto mediante el diseño de materiales instruccionales que estén alineados con la Arquitectura Cognitiva Humana (ACH) (Loter, 2012). Puesto que, las teorías mencionan que el espectador tiene una muy limitada capacidad de memoria de trabajo cuando se enfrenta a nueva información. Por ello, es que el aprendizaje se ve limitado si los diseños instruccionales sobrecargan las capacidades cognitivas del alumno (Loter, 2012).

Los principios de la TCC y la TCAM se utilizan enfocados al diseño de videos en el trabajo de Vallejo y González (2018), por lo que su documento se considera como referencia para esta investigación. A continuación, se describen dichos principios.

2.4.1 Teoría de la Carga Cognitiva (TCC)

El video, como recurso de animación para representaciones visuales dinámicas, es *a priori* una herramienta adecuada para desarrollar comportamientos de sistemas complejos a través de cambios de forma y posición de objetos, movimiento, etc.; esto en comparación de los recursos estáticos. Sin embargo, la naturaleza transitoria y los cambios múltiples y simultáneos de los elementos pueden ocasionar una sobrecarga en el sistema cognitivo de los estudiantes y, por ende, en su aprendizaje (Vallejo y Gonzáles, 2018).

Es así que, la TCC enmarca el concepto de la ACH, la cual se refiere a la manera en que las estructuras y funciones cognitivas humanas se organizan (Loteró, 2012). En este sentido, la ACH establece que la información que ingresa al cerebro por estímulos externos se procesa en tres estructuras diferentes: a) *la memoria sensorial*, b) *la memoria de trabajo*, y c) *la memoria de largo plazo* (Sweller, 2005).

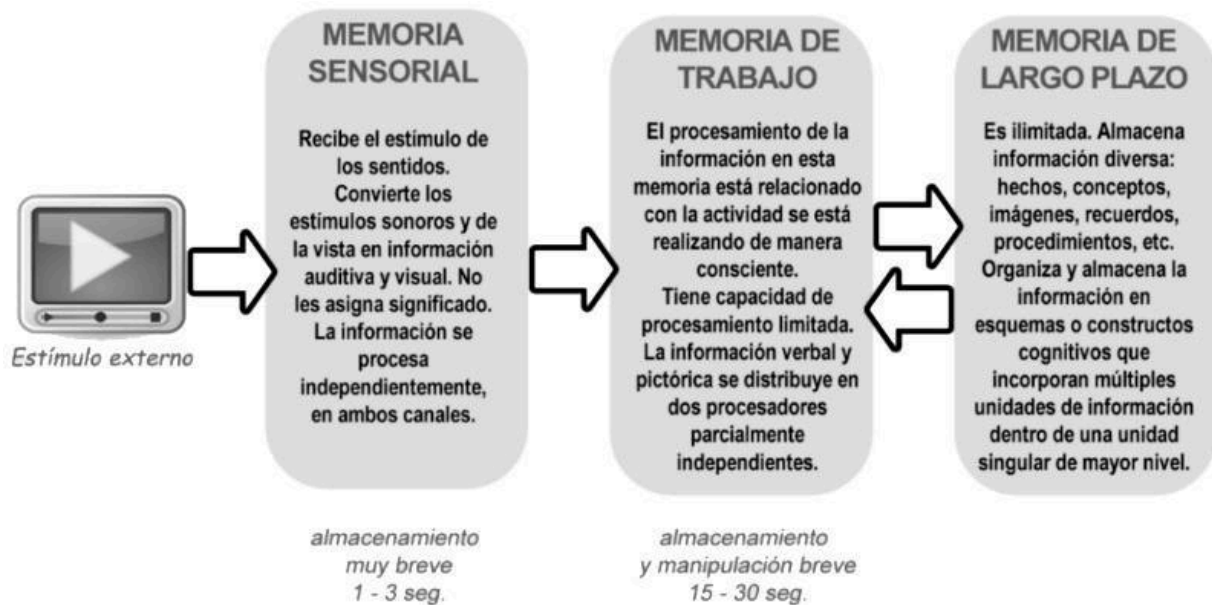
La *memoria sensorial* es la primera que se activa dentro de este proceso secuenciado, ésta se encarga de convertir los estímulos visuales y sonoros generados por el recurso multimedia en información visual y auditiva, pero sin asignarles aún un significado (Loteró, 2012); es decir, el espectador observa imágenes y escucha sonidos, pero no los relaciona ni los interpreta aún, sólo procesa y almacena la información ‘bruta’ que llega al cerebro desde los canales sensoriales correspondientes de manera independiente. Esta etapa dura entre 1 y 3 segundos.

Enseguida, a partir de la información visual y auditiva que se almacenó en la *memoria sensorial*, ésta pasa a procesarse de manera consciente en la *memoria de trabajo* mediante 3 procesadores: el auditivo y el visual, los cuales manipulan la información de manera parcialmente independiente, y el central-ejecutivo que se encarga de coordinar el procesamiento de la información que entra y sale de la memoria de trabajo. Durante esta etapa se puede retener y manipular la información por períodos cortos, entre 15 y 30 segundos; por lo cual, la capacidad de procesamiento de la memoria de trabajo es limitada (Loteró, 2012). En este sentido, la importancia de esta memoria radica en que, en ésta, el espectador selecciona la información visual y auditiva relevante, la organiza y la relaciona con sus conocimientos previos (Vallejo y Gonzáles, 2018).

Finalmente, la *memoria de largo plazo* se encarga de organizar y almacenar la información de hechos, conceptos, imágenes, recuerdos, pensamientos, etc., en ‘esquemas’ o constructos cognitivos que integran múltiples unidades de información dentro de una unidad singular de mayor nivel (Loteró, 2012); es decir, la información auditiva y visual que procesa el espectador durante la memoria de trabajo se incorpora al esquema mental previamente construido por éste durante sus experiencias pasadas. En este sentido, la capacidad de esta memoria se considera como ilimitada debido a la posibilidad de almacenar mucha información (ver Figura 1).

Figura 1

Arquitectura Cognitiva Humana



Fuente: Tomada de *Diseño de videos más efectivos, enriquecidos con interactividad, utilizando la herramienta H5P*, de Vallejo y González, 2018, Entornos Virtuales y XVIII Encuentro AIESAD.

Por lo anterior, considerar la ACH en el diseño instruccional de los videos didácticos, y de cualquier recurso multimedia, permite la aplicación de estrategias que faciliten el procesamiento de la información visual y auditiva a través de las distintas memorias hasta su incorporación con los esquemas mentales previamente construidos por el espectador. Esto es lo que fundamentalmente busca la TCAM, teoría que se describe a continuación.

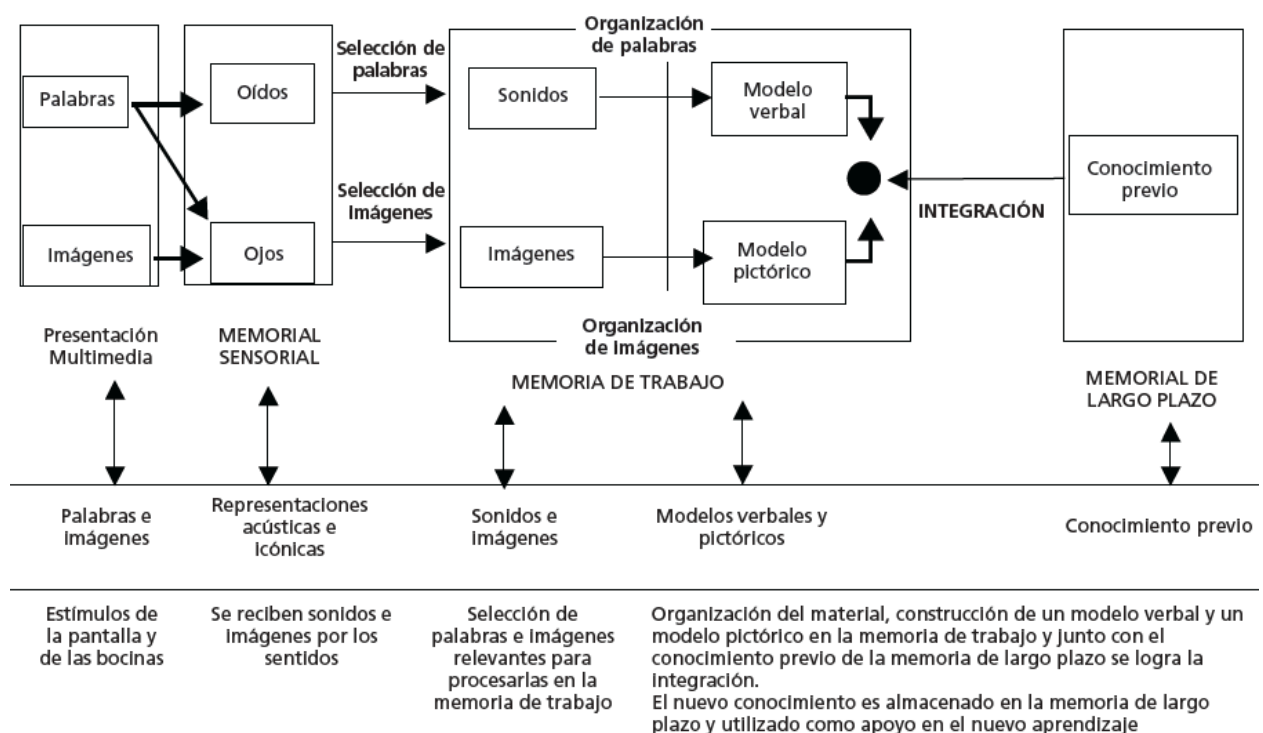
2.4.2 Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM)

Con base en el principio de la TCC sobre la capacidad limitada de la memoria de trabajo, en la cual se procesa la información para codificarla en la memoria de largo plazo; es que la TCAM considera que un recurso multimedia debe seleccionar la información relevante y organizarla verbal y pictóricamente, para no sobrecargar cognitivamente al alumno (Vallejo y Gonzáles, 2018); es decir, que el recurso multimedia facilite el procesamiento de la información durante la memoria de trabajo.

En este sentido, la TCAM sostiene que el aprendizaje basado en multimedia, para que sea significativo, el alumno debe llevar a cabo tres etapas: *seleccionar información relevante, organizarla en una representación coherente e integrarla al conocimiento existente*. Estas tres etapas tienen lugar en la memoria de trabajo (ver Figura 2), por lo que ésta juega un papel fundamental en el aprendizaje (Vallejo y González, 2018).

Figura 2

Modelo cognoscitivo del aprendizaje multimedia

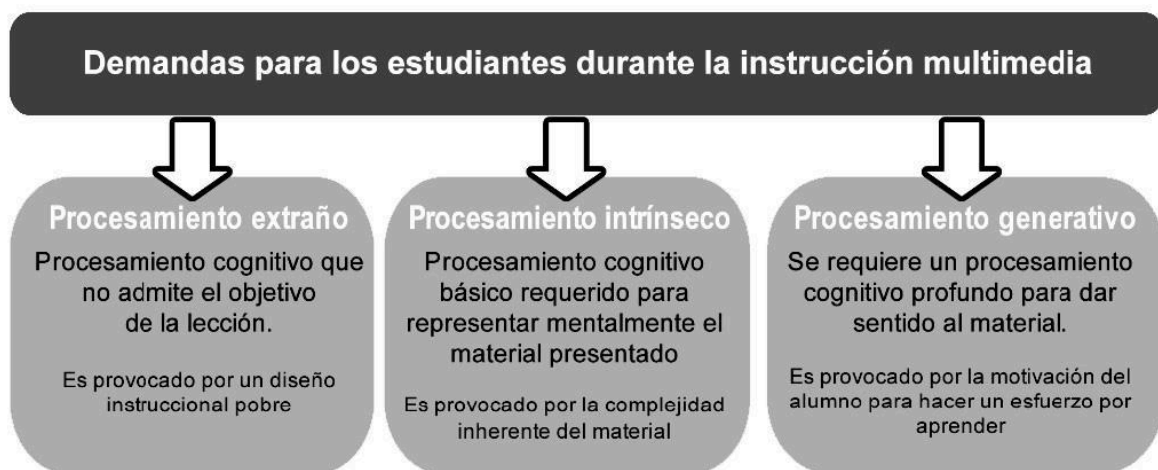


Fuente: Tomada de *Acercamiento al aprendizaje multimedia*, de Latapie, 2007, Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar.

De esta forma, cuando se presenta un recurso multimedia en el que se muestran palabras, imágenes y sonidos; las capacidades de procesamiento del sistema cognitivo pueden verse rebasadas ante la saturación de información que recibe el espectador; produciendo con ello una sobrecarga cognitiva. Ante ello, el alumno puede enfrentarse a tres demandas cognitivas cuando interactúa con un recurso multimedia (Vallejo y González, 2018), en este caso, el video (ver Figura 3):

Figura 3

Procesamientos demandados durante la instrucción multimedia



Fuente: Tomada de *Diseño de videos más efectivos, enriquecidos con interactividad, utilizando la herramienta H5P*, de Vallejo y González, 2018, Entornos Virtuales y XVIII Encuentro AIESAD.

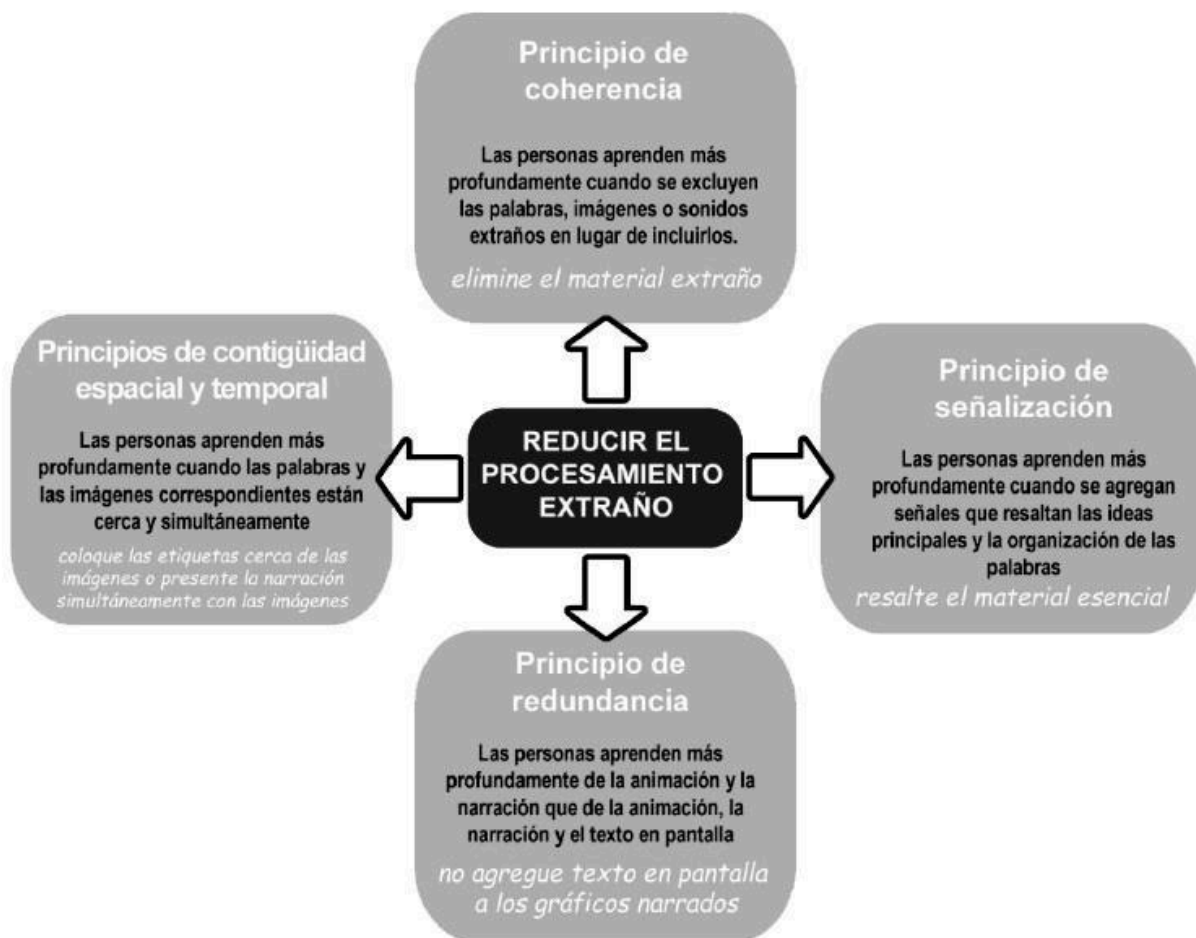
El *procesamiento extraño* se genera por un carente diseño instruccional en el desarrollo del video, es decir, se refiere a cómo se presenta la información. Por otro lado, el *procesamiento intrínseco* se produce cuando el alumno tiene dificultades para representar mentalmente la información recibida, por lo que se deriva de la complejidad que tenga ésta. Por último, el *procesamiento generativo* se relaciona con la motivación personal del alumno por querer aprender, ya que exceptuando lo anterior, de esto depende el esfuerzo que haga por comprender el material presentado.

A partir de lo anterior, es que reducir la carga cognitiva se vuelve un reto para cualquier diseñador multimedia, ya que esto puede significar la reducción del *procesamiento extraño*, la redistribución del *procesamiento intrínseco* y el fomento del *procesamiento generativo* (Vallejo y González, 2018); es decir, diseñar mejores videos que faciliten el procesamiento de la información por parte del alumno, cuidar la forma y la secuencia del material que se presenta, y despertar el interés del alumno por el video que se le muestra.

Debido a esto, la TCAM propone una serie de principios que buscan atender el procesamiento extraño (Figura 4), el intrínseco (Figura 5) y el generativo (Figura 6); los cuales se deben tener presente al momento de diseñar un video. Estos principios se describen en las siguientes imágenes:

Figura 4

Principios para reducir el procesamiento extraño



Fuente: Tomada de *Diseño de videos más efectivos, enriquecidos con interactividad, utilizando la herramienta H5P*, de Vallejo y González, 2018, Entornos Virtuales y XVIII Encuentro AIESAD.

Figura 5

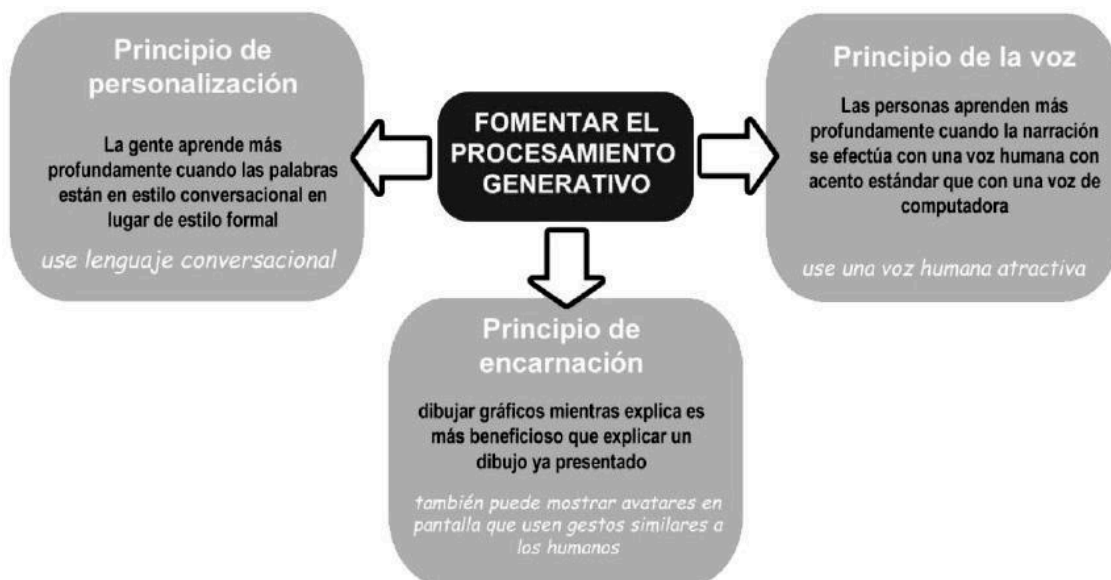
Principios para administrar el procesamiento intrínseco



Fuente: Tomada de *Diseño de videos más efectivos, enriquecidos con interactividad, utilizando la herramienta H5P*, de Vallejo y González, 2018, Entornos Virtuales y XVIII Encuentro AIESAD.

Figura 6

Principios para fomentar el procesamiento generativo



Fuente: Tomada de *Diseño de videos más efectivos, enriquecidos con interactividad, utilizando la herramienta H5P*, de Vallejo y González, 2018, Entornos Virtuales y XVIII Encuentro AIESAD.

Asimismo, Raviolo (2018) menciona que estos principios son ampliados por Clark y Mayer (2016) al concebir el enfoque e-learning como el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante dispositivos digitales (computadora, laptop, tableta electrónica o celular). De tal manera que, se agregan tres principios más al modelo:

Principio de la personificación o del agente. Menciona que un material e-learning es más efectivo en términos de aprendizaje si aparece un agente pedagógico animado en pantalla, que tenga voz, gestos y movimientos humanos, que genere contacto visual, que dé pistas, que interactúe con el alumno; es decir, que personifique la figura del docente.

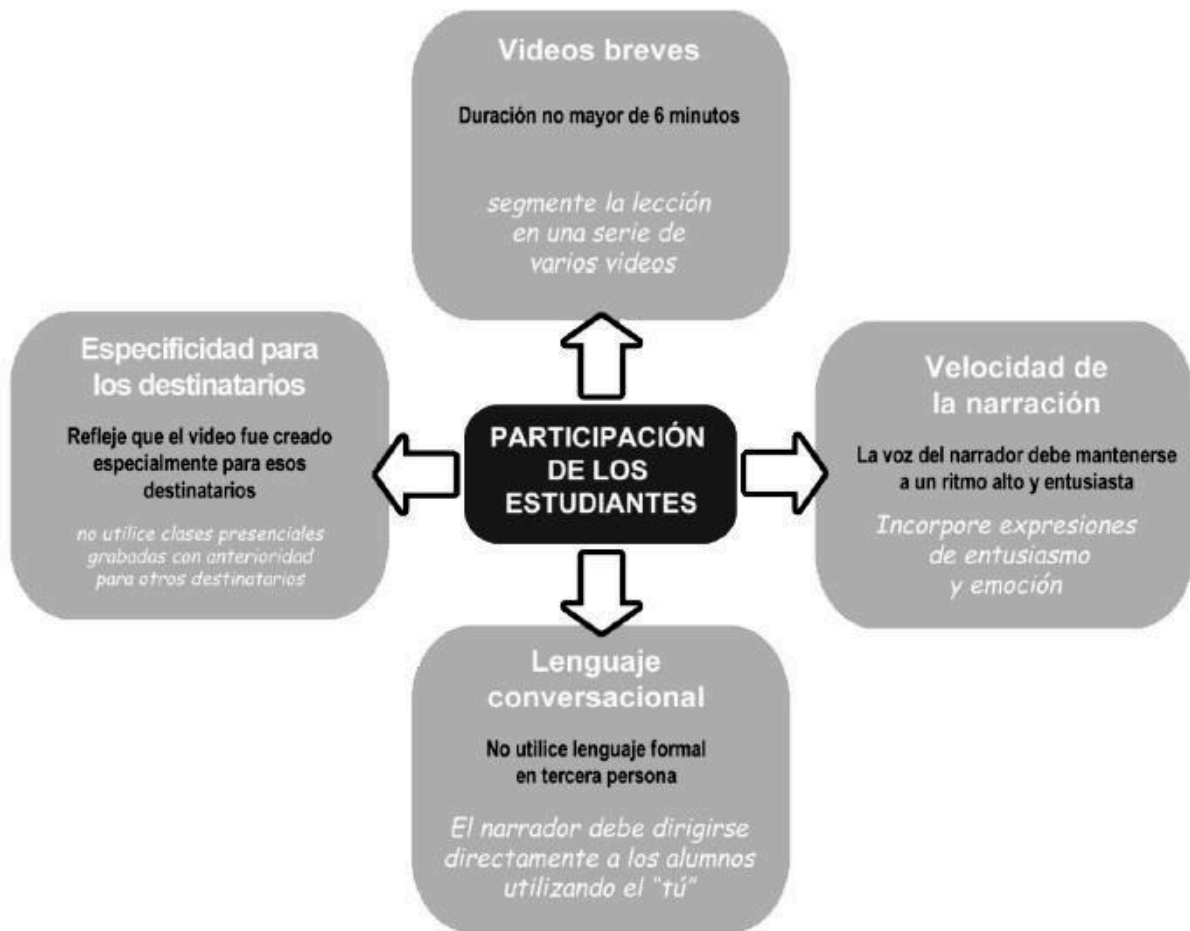
Principio de los ejemplos resueltos. Especifica que se logra un mejor aprendizaje si se incorporan ejercicios resueltos o demostraciones paso a paso de cómo resolver una tarea o problema (esto fomenta la construcción de habilidades procedimentales).

Principio del compromiso. Menciona que, para atender el procesamiento generativo, el alumno debe involucrarse activamente en el proceso de aprendizaje a través de la elaboración de algún material o tarea específica que se presente en el video. Lo cual le permita darle sentido a la información relacionándola con su conocimiento previo.

Además de estos principios, se debe considerar la participación y compromiso de los alumnos hacia el material, ya que el grado de efectividad de éste, también está vinculado con el porcentaje de alumnos que realmente miren el video, de principio a fin. Por ello, es que la TCAM realiza las siguientes recomendaciones que se muestran en las Figuras 7 y 8 (Vallejo y González, 2018):

Figura 7

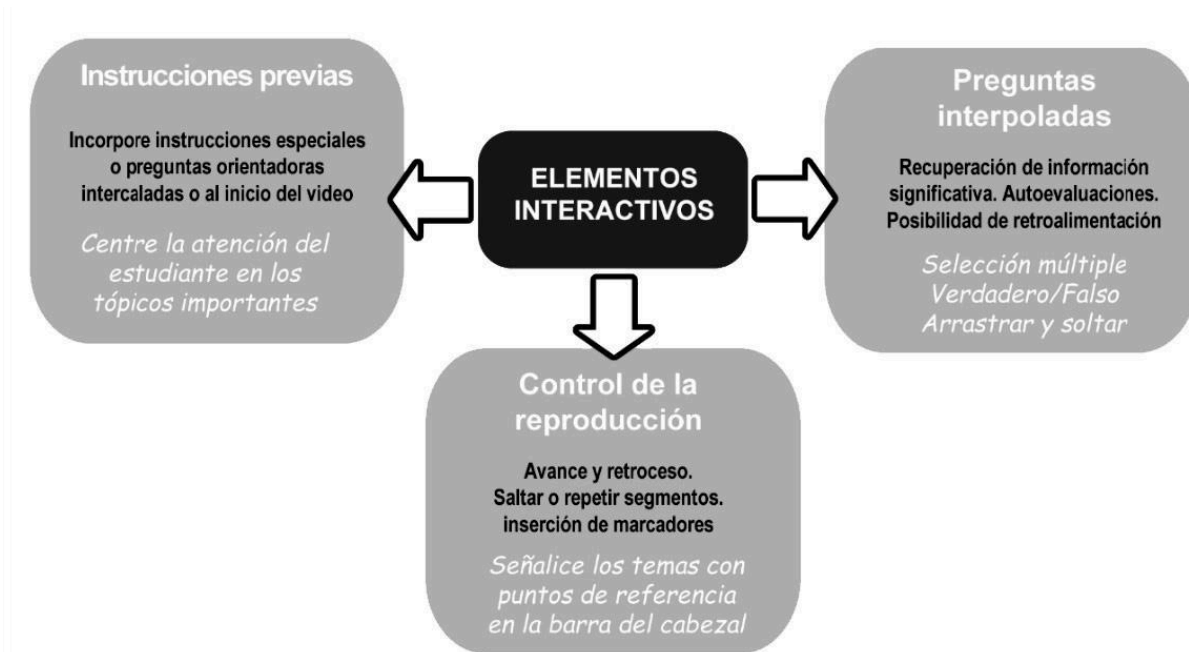
Recomendaciones que fomentan la participación



Fuente: Tomada de Diseño de videos más efectivos, enriquecidos con interactividad, utilizando la herramienta H5P, de Vallejo y González, 2018, Entornos Virtuales y XVIII Encuentro AIESAD.

Figura 8

Incorporación de elementos interactivos



Fuente: Tomada de *Diseño de videos más efectivos, enriquecidos con interactividad, utilizando la herramienta H5P*, de Vallejo y González, 2018, Entornos Virtuales y XVIII Encuentro AIESAD.

De esta forma, la TCAM integra principios específicos que se preocupan tanto por generar un aprendizaje en el alumno, pero también por su motivación; por tanto, estos principios se retoman en el siguiente capítulo de la presente investigación durante la etapa de diseño del videotutorial como aspectos puntuales a aplicar.

2.5 Psicología del color

Acuña (2023) describe a la psicología del color como una rama de la psicología que estudia la influencia de los colores en la conducta humana al estimular neuronas y respuestas bioquímicas del cuerpo. Generalmente es asociada con la comunicación visual, por lo que adquiere una función importante en la educación como elemento motivador e influyente en capturar la atención del alumno.

En este sentido, Canté *et al.* (2017) mencionan que el color es un agente muy importante para el aprendizaje, especialmente en la educación virtual o a distancia. Esto debido a que, cerca del 80% de la información que se procesa en el cerebro de una persona que visualiza contenido por internet, proviene de la vista; además, especifican los autores, las personas son particularmente sensibles a las señales visuales cuando están aprendiendo. Se recuerda mejor el color que las señales verbales o textuales.

Por lo tanto, el color es un aspecto importante que contribuye en el aprendizaje al ser un desencadenante psicológico que propicia el cambio de percepciones y la evocación de sentimientos en el alumno; sin embargo, debe manejarse con cuidado, ya que un uso excesivo de éste provoca sobrecarga visual y cognitiva, produciendo efectos adversos a los buscados como la fatiga visual. Entonces, se debe encontrar un equilibrio entre los textos, imágenes, contenidos y la armonía de sus colores. Para ello, es importante tener presentes las tres propiedades del color: el *matiz* (es el color en sí), la *saturación* (la pureza de un color respecto al gris) y el *brillo* (que va de la luz a la oscuridad) (Canté *et al.*, 2017).

Figura 9

Propiedades del color



Asimismo, el color es un importante comunicador visual que aporta información valiosa al receptor a través del desarrollo de modelos mentales eficientes y factibles; para ello se sugiere utilizar las *Reglas de Murch* para el uso del color (Canté *et al.*, 2017):

- No utilizar de forma simultánea colores espectralmente distantes. Por ejemplo, se sugiere no combinar colores cercanos al ultravioleta con aquellos cercanos al infrarrojo.
- No utilizar el color azul puro en texto, líneas delgadas y figuras pequeñas.
- Los colores opuestos en el círculo cromático se complementan bien y generan contraste.
- Utilizar colores con niveles más altos de brillo que facilite a las personas de avanzada edad el distinguir bien los colores.
- También para personas de avanzada edad, no utilizar distintas tonalidades del mismo color.
- Adaptar el uso del color a las personas a las que se dirige. Por ejemplo, los colores más vivos o saturados atraen mejor la atención de los niños, pero puede ser contraproducente en entornos profesionales.
- En el texto, se recomienda utilizar el color blanco para las palabras reservadas (significado gramatical especial), amarillo para identificadores, verde para los macros, azul para las letras, gris para comentarios y rojo para errores de sintaxis.

Por otro lado, la psicología del color ha identificado para el ámbito educativo los siguientes significados de los colores más utilizados:

Azul: *Dominio de la razón.* Evoca una sensación de estabilidad, armonía, paz, confianza y calma; asimismo, es uno de los colores asociados para el aprendizaje de contenidos con alto grado de dificultad debido a que se relaciona con la mente (Acuña, 2023). Además, es el color preferido por la mayoría de las personas, no tiene sentimientos negativos que dominen y es el color principal de las cualidades intelectuales como la inteligencia, la ciencia y la concentración (Heller, 2004). Por el contrario, se debe ser cuidadoso con su uso excesivo para evitar la sensación de distanciamiento y adormecimiento al estar relacionado con la lejanía y la calma; por lo que, se recomienda combinarlo con un color vivo como el amarillo o naranja (Acuña, 2023). El azul es también el color preferido de los niños con discapacidad visual y auditiva y produce un efecto calmante sobre la frecuencia cardíaca y el sistema respiratorio (Gaines y Curry, 2011).

Rojo: Emociones. Es un color que transmite la sensación de alerta, energía y emoción, resalta lo urgente e importante, fija la atención e invita a la reflexión (Acuña, 2023). Asimismo, el rojo es un color activo y dinámico (Heller, 2004), y aumenta la presión arterial y la respiración (Gaines y Curry, 2011).

Amarillo: Sabiduría. Se relaciona con el intelecto y la alegría, estimula las funciones mentales (por lo que es útil en la memorización) y es un dinamizador del ambiente lúdico. Por otro lado, se debe evitar usarlo en textos amplios, ya que puede ocasionar dificultades visuales y, por ende, limitaciones en la comprensión; asimismo, se debe evitar su uso excesivo porque puede encandilar al ser un color difícil de asimilar para el ojo humano (Acuña, 2023). El amarillo es también el color del optimismo, de la iluminación y del entendimiento. Depende mucho de las combinaciones, con el blanco se muestra radiante, mientras que con el negro se vuelve muy ‘chillón’ (Heller, 2004). Los niños con asma y otros problemas respiratorios reaccionan favorablemente al amarillo (Gaines y Curry, 2011).

Verde: Equilibrio. Brinda una sensación de tranquilidad, seguridad, calma, y mejora la eficiencia y la concentración. Minimiza los nervios de los estudiantes ante una evaluación o en temas complicados con cierto grado de abstracción (Acuña, 2023). Asimismo, el verde es el color de la juventud, de la confianza, de lo tranquilizante y de lo acogedor, sin embargo, por estas mismas características, en períodos largos, puede volverse aburrido (Heller, 2004). En este mismo sentido, el verde es el color más relajante para la vista (Gaines y Curry, 2011).

Naranja: Motivación. Potencia el entusiasmo y exaltación, y se le asocia con la estimulación de los procesos mentales y el trabajo en equipo. Sin embargo, debe utilizarse con moderación por derivar de dos colores estridentes (rojo y amarillo), ya que su uso excesivo puede ser un distractor para el aprendizaje (Acuña, 2023). El naranja es también el color de la diversión, de la sociabilidad, de lo alegre y de lo llamativo (Heller, 2004); se relaciona con la circulación y el sistema nervioso (Gaines y Curry, 2011).

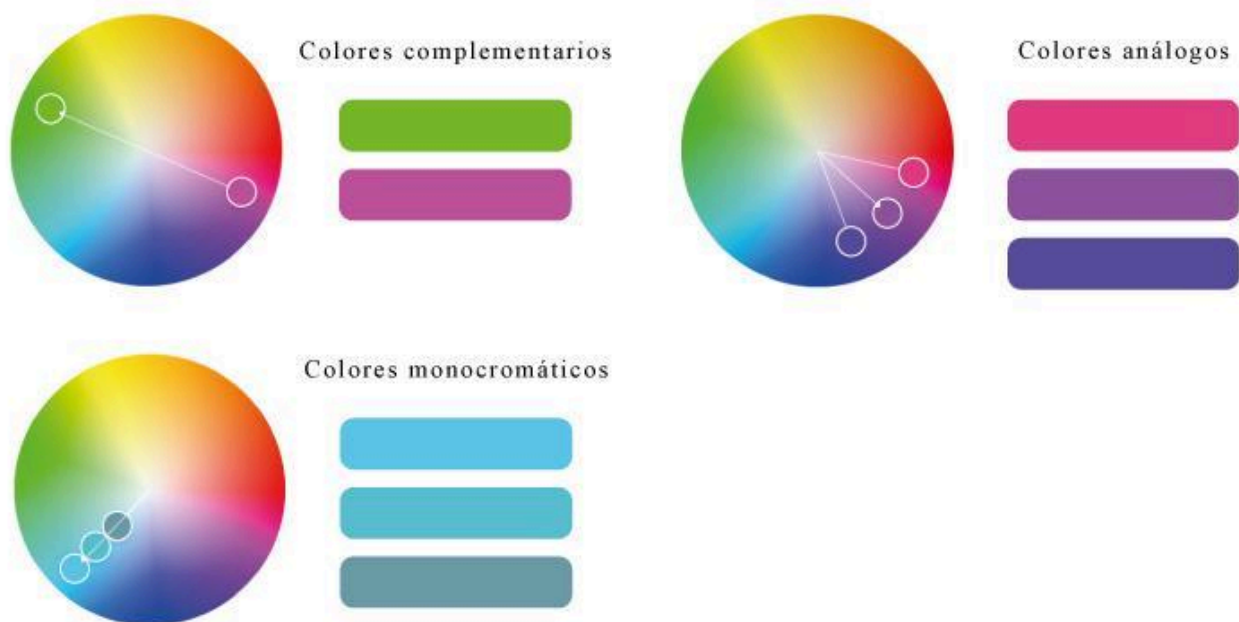
Púrpura: Imaginación. Proyecta imaginación, diversión, sofisticación y estimula la motivación en el alumno al momento de aprender. Se sugiere utilizar matices azulados para producir momentos de relajación o matices rojizos para involucrar al estudiante (Acuña, 2023). Además, se relaciona con la actividad cerebral y simboliza altos niveles de sabiduría y autoridad (Gaines y Curry, 2011).

Por otro lado, Acuña (2023) menciona que para lograr un uso efectivo del color se deben considerar tres principios básicos del diseño: simplicidad (la menor cantidad de colores a utilizar en los distintos elementos, preferentemente no más de tres), consistencia (congruencia de colores en todo el recurso multimedia) y claridad (legibilidad de la información a través de la combinación de los colores).

Para la combinación de colores, existe una herramienta en línea llamada Adobe Color CC (<https://color.adobe.com/es/create/color-wheel>) que permite a los usuarios crear, explorar y guardar esquemas de color a partir de la combinación de colores complementarios (están opuestos en el círculo cromático y son contrastantes entre sí), análogos (están contiguos en el círculo cromático y son armoniosos entre sí) y monocromáticos (son distintas tonalidades de un mismo matiz).

Figura 10

Colores complementarios, análogos y monocromáticos



Sin embargo, no todas las combinaciones de colores permiten una adecuada accesibilidad a todas las personas. Es por ello que el World Wide Web Consortium (2023) (W3C) desarrolla estándares internacionales para hacer de la web un espacio accesible para personas con discapacidad (entre ellas, adaptaciones para ceguera y baja visión) y usuarios en general. Dentro de estos estándares, se establecen recomendaciones por medio del WCAG 2.1 (Pautas de

Accesibilidad para el Contenido Web, por sus siglas en inglés) para que la accesibilidad del contenido en internet satisfaga las necesidades de personas, organizaciones y gobiernos a nivel internacional.

De esta forma, se desarrolla la herramienta Comprobador de Contraste (<https://contrastchecker.com/>) para que diseñadores y desarrolladores tengan un correcto uso del color a partir del cumplimiento de las pautas de la WCAG 2.1 sobre el contraste del color. Para utilizar esta herramienta es necesario seleccionar un color de primer plano y un color de fondo, los resultados se generarán automáticamente y se reciben los puntajes de seis criterios:

- Fuentes menores a 18 puntos: Contraste mínimo y contraste mejorado.
- Fuentes mayores a 18 puntos: Contraste mínimo y contraste mejorado.
- Basado en el brillo y la diferencia del color, se cumple totalmente con el color.
- Legible para personas con daltonismo.

De esta manera, es importante considerar los aspectos antes mencionados sobre el color en el diseño del videotutorial propuesto en esta investigación; ya que, como se muestra, es un agente importante para generar motivación en el alumno mediante la atracción visual, para atraer su atención sobre aspectos importantes a resaltar sobre el video y ser accesible para personas con baja visión.

2.6 Psicología de la forma

La psicología de la forma y la teoría de la Gestalt son disciplinas directamente relacionadas por estudiar las formas y cómo éstas influyen directamente en la percepción humana (Llasera, 2021) mediante la decodificación de la información mediante diversas asociaciones que realiza el cerebro (Gallo, 2021).

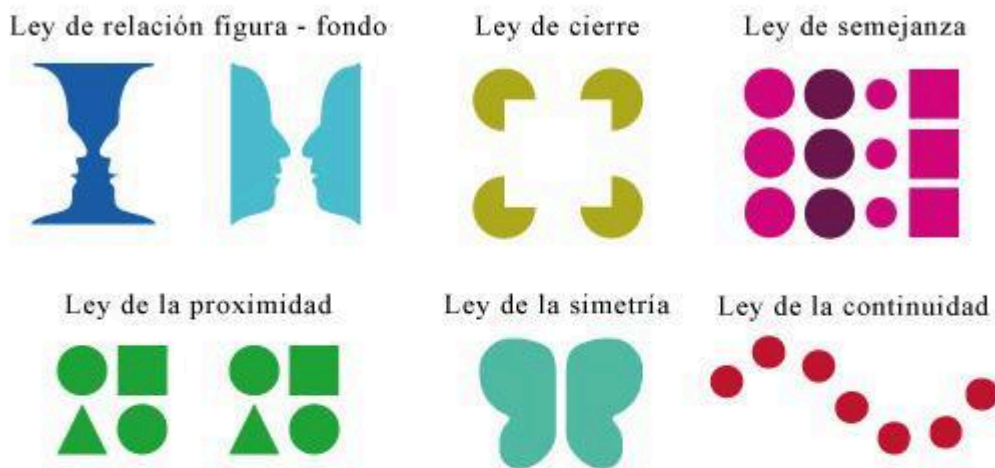
En este sentido, la teoría de la Gestalt define una serie de leyes que explican los principios con los cuales el cerebro percibe determinadas cosas en contextos determinados (Gallo, 2021):

- **Ley de relación figura – fondo.** El ojo reconoce una figura sobre un fondo, sin embargo, estos pueden funcionar como fondo y figura, respectivamente.

- **Ley de cierre.** Ante una imagen incompleta, la mente añade los elementos faltantes para completarla.
- **Ley de semejanza.** La mente agrupa los elementos semejantes en una unidad.
- **Ley de la proximidad.** La mente agrupa como una unidad a los elementos próximos.
- **Ley de la simetría.** Las imágenes simétricas se perciben como iguales y, a la distancia, como un solo elemento.
- **Ley de la continuidad.** La mente continúa un patrón, aun cuando éste haya desaparecido.

Figura 11

Leyes de la Gestalt



Por otro lado, la psicología de la forma sugiere que a cada forma se le puede atribuir un conjunto de significados o conceptos a partir de la influencia que tienen sobre la conciencia y la conducta humana. En este sentido, se presentan a continuación los significados más relevantes que evocan las figuras geométricas (Llasera, 2021):

- **Cuadrado y rectángulo.** Las líneas y ángulos rectos de estas figuras producen la sensación de robustez, fiabilidad, seguridad, solidez, orden, estabilidad y confianza.
- **Triángulo.** Es una figura dinámica y enérgica que, dependiendo de su orientación, produce la sensación de movimiento, dirección, jerarquía, divinidad, crecimiento, dirección, riesgo, peligro y equilibrio.

- **Círculo y elipses.** Se le asocia con la eternidad por no tener principio ni fin. Asimismo, al carecer de ángulos, las formas ovaladas o redondas evocan emociones más empáticas y cercanas, por lo tanto, son emocionalmente más positivas y menos frías. También producen significados de unidad, movimiento, globalidad, protección y perfección.
- **Líneas rectas.** Las líneas inclinadas evocan movimiento, dinamismo, velocidad y tensión. Las líneas horizontales transmiten tranquilidad, fiabilidad, confianza y paz. Las líneas verticales despiertan equilibrio, jerarquía y eficiencia. En general, las líneas rectas evocan unión, comunicación, coordinación y dinamismo.
- **Espirales.** Se les asocia con el crecimiento, la creatividad, continuidad, inteligencia, imaginación y vitalidad.
- **Formas orgánicas.** Se les relaciona con la naturaleza, la originalidad, lo orgánico, el equilibrio y la frescura.

Además, se ha demostrado que la característica redonda de los elementos puede promover emociones positivas por las similitudes que tienen con un bebé (Plass *et al.*, 2013). Asimismo, las curvas tienen una mejor percepción visual y emocional porque el cerebro humano tiende a capturar la información de manera más rápida en comparación de las puntiagudas cuando se observan formas de dos dimensiones; lo cual es extensivo para las esquinas redondeadas en las figuras (Orana, 2022).

De esta manera, los elementos visuales que estructuran una composición pueden reflejar más claramente un mensaje o guiar la atención del usuario hacia la información más importante (Llasera, 2021).

Capítulo 3. Metodología

En el presente capítulo se describe la metodología llevada a cabo para alcanzar los objetivos planteados en el capítulo 1. Para ello, se inicia especificando el tipo de investigación que se realiza de acuerdo con sus objetivos, su forma de analizar los datos y su temporalidad. Luego se describen los métodos, técnicas e instrumentos necesarios para dar cumplimiento con los objetivos específicos de la investigación y la población a la que se le aplican. Además, se muestra la vinculación existente entre el planteamiento del problema, el marco referencial y la metodología.

Enseguida se especifican los criterios de los aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos; que fueron utilizados del marco referencial para el diseño del videotutorial y de los instrumentos de evaluación. Asimismo, se describe el proceso de diseño y desarrollo del videotutorial en su fase de pre-producción, producción y post producción. Finalmente, se realiza una descripción de la aplicación de los instrumentos en la población para realizar el análisis de los datos obtenidos en el siguiente capítulo.

3.1 Tipo de investigación

El diseño de investigación considerado para el presente estudio es de tipo *cuasiexperimental*, ya que en ésta se manipula deliberadamente una variable independiente para observar su efecto en dos o más variables dependientes sobre una muestra no aleatoria, es decir, un grupo intencional (Hernández *et al.*, 2014). De tal forma que, para esta investigación, la variable independiente es la implementación del videotutorial sobre una muestra no aleatoria que se conforma por tres grupos de primer grado de una secundaria del sector privado; con ello, se busca medir el efecto del videotutorial en el aprendizaje y la motivación generados en el alumno, las cuales son las variables dependientes.

Por otra parte, esta investigación es de tipo *transeccional o transversal* (Hernández *et al.*, 2014) debido a que los datos se recopilan en un momento único mediante la aplicación de pruebas pre y post test y un cuestionario con escala Likert. De tal forma que, dada la naturaleza de los instrumentos a utilizar, la investigación es de tipo *cuantitativa*, ya que ésta tiene como

base la medición numérica con el fin de realizar un análisis estadístico para probar una hipótesis y establecer pautas de comportamiento o teorías (Hernández *et al.*, 2014).

En este sentido, los instrumentos de pre y post test muestran el cambio en el desempeño de los estudiantes a través de una comparación de medias; mientras que el cuestionario con escala Likert cuantifica la información obtenida sobre la motivación y percepciones generadas por el video en los alumnos para probar la hipótesis planteada por medio de un análisis estadístico.

3.2 Diseño de la investigación

Enseguida se describen los métodos, técnicas e instrumentos a desarrollar para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados.

Tabla 2

Relación entre objetivos específicos, método, técnica e instrumentos

Objetivos específicos	Método	Técnica	Instrumentos
1. Identificar los aspectos curriculares mediante los requerimientos establecidos en el Plan de Estudios respecto a la ecuación lineal.	Análisis documental (Castillo, 2004)		Tabla de catalogación
2. Identificar los aspectos didácticos matemáticos mediante las dificultades, obstáculos, errores y estrategias didácticas en torno a la noción de la ecuación lineal descritos en la literatura.	Análisis documental (Castillo, 2004)		Tabla de catalogación

3. Identificar los aspectos pedagógicos y estéticos que apoyan a la enseñanza-aprendizaje y la motivación por medios audiovisuales descritos en la literatura.	Análisis documental (Castillo, 2004)		Tabla de catalogación
4. Diseñar un videotutorial que retome los aspectos considerados en los tres primeros objetivos específicos.	Diseño de video basado en diseño instruccional ADDIE	Edición de audio-video y animación por computadora	Adaptación del formato de guion técnico de video (Benítez <i>et al.</i> , 2013) y de planeación de secuencia de aprendizaje (Díaz-Barriga, 2013)
5. Valorar el aprendizaje y la motivación generados en el alumno sobre la noción de la ecuación lineal mediante la implementación del videotutorial en tres grupos de secundaria en el estado de Zacatecas.	Análisis estadístico	Prueba T-Student para muestras dependientes (pareadas) y Alpha de Cronbach	Prueba pretest y post-test Instrumento de encuesta con escala de Likert (adaptación de Pantazes, 2021; Muñiz <i>et al.</i> , 2021b; Romero <i>et al.</i> , 2017)

El análisis documental se utilizó como método para los tres primeros objetivos específicos debido a que en ellos se realiza una revisión de la literatura; por lo que, al ser éste un proceso de interpretación, análisis y síntesis de información con el fin de recuperarla después para su uso (Castillo, 2004), es que se considera oportuno para ello. En este sentido, al ser un método con técnica única homónima, es que se considera igual para estos dos aspectos, mientras que el instrumento utilizado es la tabla de catalogación.

Por otro lado, el cuarto objetivo específico contempla el desarrollo del video mediante el diseño instruccional de modelo ADDIE, el cual busca orientar el diseño y desarrollo de contenidos educativos mediante el análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación (Oña, 2021). De tal forma que, durante el análisis se definió el problema y sus soluciones; en el diseño se establecieron los objetivos, herramientas y recursos didácticos necesarios; en el desarrollo se realizó la producción del video; en la implementación se ejecutó el video para la construcción del conocimiento y; en la evaluación se valora la efectividad de éste (la utilización de este modelo de diseño instruccional se profundiza más en el siguiente apartado).

De esta manera, el videotutorial fue realizado mediante la edición audiovisual por animación digital a través del uso de un formato adaptado del guion técnico de video sugerido por Benítez *et al.* (2013) y la planeación de una secuencia de aprendizaje propuesto por Díaz-Barriga (2013).

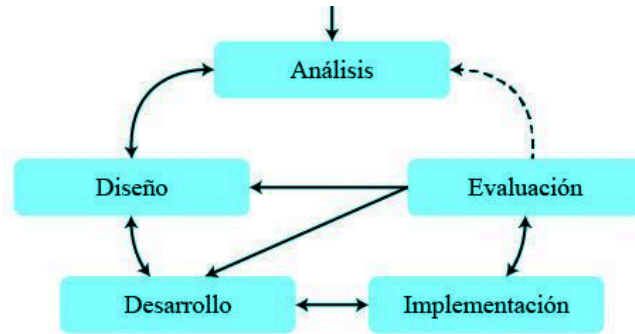
Para el quinto objetivo, se realiza un análisis estadístico basado en la prueba T-Student para muestras dependientes con el fin de valorar la diferencia entre las medias que surjan de las pruebas pretest y post test, en las cuales se desglosan preguntas sobre la ecuación lineal basadas en los contenidos de los libros de texto; con ello se mide el aprendizaje desarrollado a partir del videotutorial. Por otro lado, se realiza una adaptación de las encuestas con escala de Likert desarrollada por Pantazes (2021) (ver Anexo 2), Muñiz *et al.* (2021b) y Romero *et al.* (2017) para evaluar la percepción del alumno sobre el uso de los principios de la TCAM en el videotutorial, su motivación al visualizarlo y la accesibilidad de éste.

3.3 Diagrama de flujo a partir del diseño instruccional ADDIE

El diseño instruccional es una tarea pragmática que busca planificar y producir, de manera eficaz, ambientes y materiales educativos. Por lo que, existen numerosos modelos de diseño instruccional que describen distintos procesos para el diseño y producción de calidad; el más básico de ellos, es el modelo ADDIE pues contiene las fases esenciales del diseño instruccional: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. Las cuales pueden desarrollarse de manera secuencial, o ascendente y simultánea a la vez (Williams *et al.*, 2004):

Figura 12

Modelo de diseño instruccional ADDIE

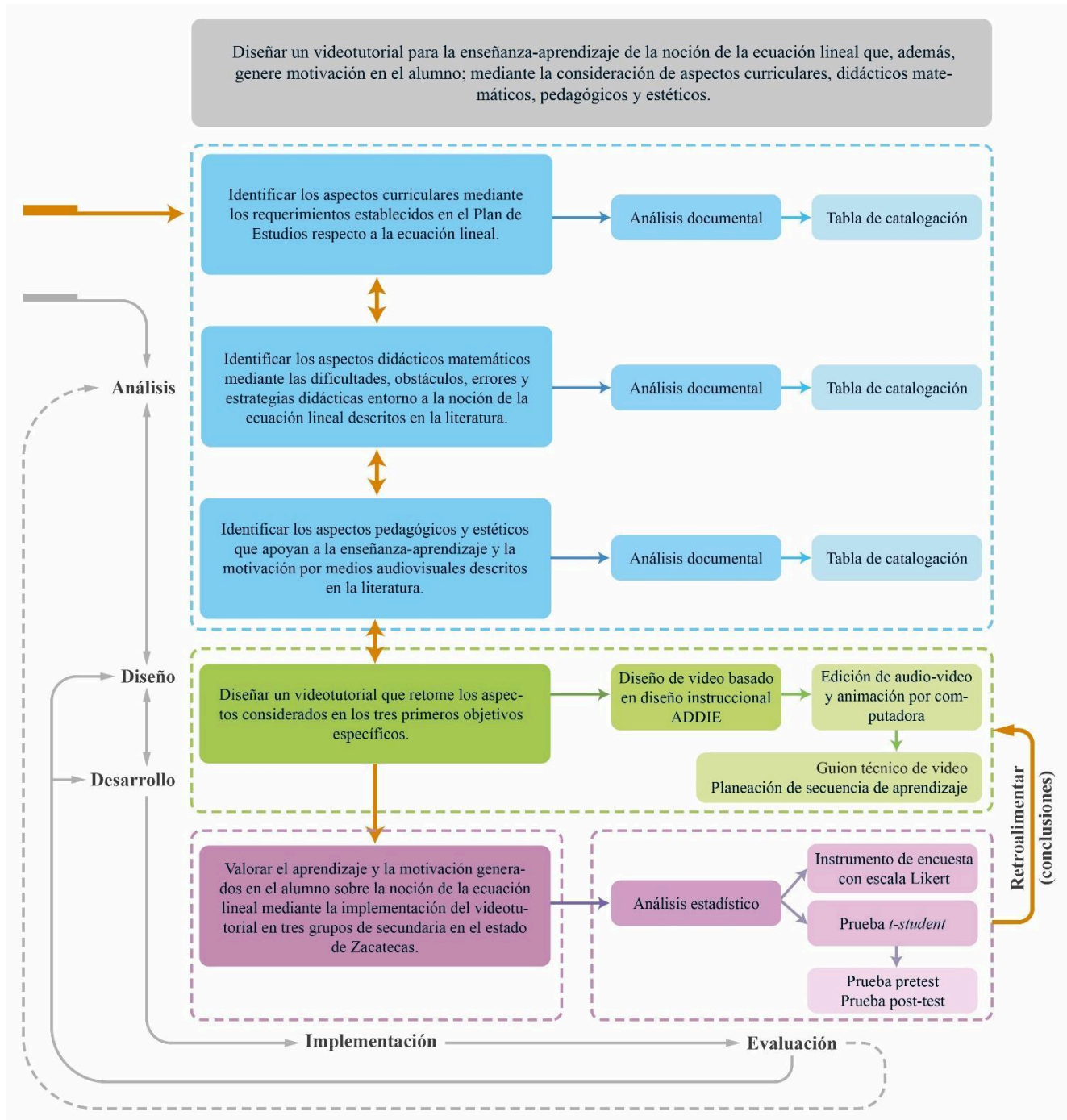


Fuente: Tomada de *Modelos de diseño instruccional. Fundamentos del diseño técnico-pedagógico en e-learning*, de Williams *et al.*, 2004, UOC.

A partir de lo anterior, se muestra un diagrama de flujo que desglosa la metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos específicos planteados para esta investigación en cumplimiento del objetivo general, y su correlación con el modelo de diseño instruccional ADDIE:

Figura 13

Diagrama de flujo de la metodología utilizada y su relación con el modelo ADDIE



La primera etapa es el Análisis, en la cual se realizó una revisión documental de la literatura existente en torno a aspectos curriculares de la ecuación lineal, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos aplicados a la enseñanza-aprendizaje y en la generación de motivación

por medios audiovisuales. Para ello, se realizó preliminarmente un análisis del alumnado, su contexto sociocultural, su dificultad en el aprendizaje del álgebra y sus intereses.

La siguiente etapa es el Diseño, en ésta se rescataron todos aquellos criterios que se consideran relevantes de la etapa anterior para que el videotutorial cumpla su objetivo como recurso de aprendizaje y recurso motivador con un enfoque receptivo (Williams *et al.*, 2004). Para ello, se definió el alcance del videotutorial, la secuencia de aprendizaje, el desarrollo del guion técnico y el storyboard, se especificaron los instrumentos de evaluación, se definieron la identidad corporativa del diseño (logo, nombre, cortinilla...) y los recursos materiales, técnicos y humanos para su realización.

En la etapa de Desarrollo, se realizaron los recursos digitales a incluir en el video, las grabaciones, edición, montaje y se publica en un canal de YouTube para la visualización del alumnado.

Las etapas de análisis, diseño y desarrollo se realizaron de manera secuencial y simultánea, es decir, se estuvo en un ciclo de revisión y ajuste constante que permitió un ir y venir entre las distintas etapas para cubrir necesidades que van surgiendo en el desarrollo del videotutorial.

Mientras que, en la Implementación se llevaron a cabo la aplicación de los instrumentos de medición diseñados y la visualización del videotutorial por parte del alumnado. Esto conlleva finalmente, a la etapa de Evaluación en la cual se realiza un análisis estadístico de los datos obtenidos para medir la efectividad del videotutorial en el aprendizaje y motivación generados en el alumno. A partir de ello, se realiza una retroalimentación a la etapa de diseño para considerar estos aspectos en el desarrollo de futuros videotutoriales.

3.4 Población

La implementación del videotutorial y de los instrumentos de medición se realizó en una población que consta de tres grupos de primer grado de secundaria del Instituto Zacatecas, A.C. “Miguel Agustín Pro” (IMAP) ubicada en el municipio de Guadalupe, Zac.; el cual es un centro escolar de carácter privado. El total de alumnos es de 96 repartidos en tres grupos, dos de ellos

con 33 alumnos y 30 el restante; de los cuales 47 son mujeres y 49 son hombres, de entre 11 y 12 años. La educación primaria la realizaron en distintos centros escolares públicos y privados.

De estos, no hay alumnos que presenten alguna discapacidad física aparente, pero sí se tiene alumnos diagnosticados con Autismo de Alto Funcionamiento y Trastorno de Ansiedad Generalizada, un caso de cada uno. Además de otros casos que estaban siendo evaluados al momento de la aplicación de los instrumentos por indicios de Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), dislexia y ansiedad. Por otro lado, las familias de los alumnos tienen una situación socioeconómica de clase media a media alta.

De los tres grupos mencionados, dos de ellos tuvieron como profesor titular de la asignatura de Matemáticas al autor de esta investigación, mientras que el otro estuvo a cargo de un docente distinto, sin embargo, la planificación de los contenidos se trabajó de forma paralela. Esto permitió que, desde el inicio del ciclo escolar, se programara el abordar la ecuación lineal para el tiempo en que se concluyeran los instrumentos de medición, teniendo los profesores la precaución de no adelantar nociones sobre dicho objeto matemático que pudieran sesgar la información. De tal forma que, el primer acercamiento del alumno al concepto de ecuación fue por medio del videotutorial, permitiendo esto que el aprendizaje desarrollado sea atribuible al recurso audiovisual aplicado.

3.5 Criterios utilizados para el diseño del videotutorial

A partir de la teoría descrita en el Marco Referencial, los criterios seleccionados para el diseño del videotutorial se sintetizan en las siguientes tablas de acuerdo con los aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos:

Tabla 3

Criterios seleccionados de los Aspectos Curriculares

Clave	Criterio	Referencia
AC-1	Explicar los objetivos que se persiguen.	Romero <i>et al.</i> (2017) Beautemps y Bresges (2021)
*AC-2	Es relevante curricularmente.	Romero <i>et al.</i> (2017)

*AC-3	Es eficaz respecto al logro de los objetivos.	Romero <i>et al.</i> (2017)
*AC-4	Explicita los contenidos que trata.	Romero <i>et al.</i> (2017)
*AC-5	Contiene información suficiente para su incorporación al currículo.	Romero <i>et al.</i> (2017)
*AC-6	Los alumnos pueden usar el video de manera autónoma para actividades de exploración.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AC-7	Los alumnos realizan su primer acercamiento a las ecuaciones durante la educación primaria a través de ejercicios de valor faltante.	SEP (2017)
AC-8	Introducir la noción y simbolización algebraica de la ecuación lineal a través de problemas contextuales que permitan interpretar la igualdad como la equivalencia entre dos expresiones.	SEP (2017)
AC-9	Iniciar la resolución de ecuaciones lineales mediante la aplicación de las propiedades de la igualdad, pudiéndose utilizar la analogía de la balanza.	SEP (2017)
AC-10	Se sugiere que se inicie con casos muy sencillos.	SEP (2017)
AC-11	Realizar actividades de traducción del lenguaje verbal al simbólico, y viceversa.	SEP (2017)
AC-12	Diferenciar la noción de igualdad como equivalencia entre expresiones (álgebra) y no sólo como signo que conecta una operación con su resultado (aritmética).	SEP (2017)
AC-13	Diferenciar la noción de incógnita (álgebra) respecto al valor faltante (aritmética).	SEP (2017)
AC-14	Desde la matemática escolar, la ecuación lineal se define como “la igualdad en la que hay un valor desconocido, este valor se representa con una literal, por lo general se usa X, pero puede emplearse cualquier letra, a la cual se le conoce como incógnita de la igualdad”.	(Arredondo y Aguilar, 2018, p. 141)

Nota. *Aspectos considerados en el diseño del video no evidenciables por su connotación subjetiva y/o general.

Tabla 4

Criterios seleccionados de los Aspectos Didácticos Matemáticos

Clave	Criterio	Referencia
ADM-1	El video identifica los conocimientos previos.	Romero <i>et al.</i> (2017)
ADM-2	Expone conocimiento declarativo (conceptos matemáticos) y conocimiento procedimental (algoritmos) y los relaciona.	Romero <i>et al.</i> (2017)
ADM-3	Evoluciona en dificultad la presentación del conocimiento.	Romero <i>et al.</i> (2017)
ADM-4	Relaciona el conocimiento con el contexto natural.	Romero <i>et al.</i> (2017)
ADM-5	Relaciona el conocimiento matemático con otras materias.	Romero <i>et al.</i> (2017)
*ADM-6	Estimula el desarrollo de las competencias.	Romero <i>et al.</i> (2017)
ADM-7	Identifica errores sistemáticos.	Romero <i>et al.</i> (2017)
*ADM-8	Se puede complementar con otros recursos.	Romero <i>et al.</i> (2017)
ADM-9	Se sugiere mirar la ecuación lineal desde una perspectiva estructural, donde los procesos se enfoquen en significar o resignificar las relaciones de igualdad de los elementos presentes en dicha ecuación.	Lodoño <i>et al.</i> (2011)
ADM-10	En álgebra, se vuelve necesario resignificar el signo ‘=’ a una relación en “equilibrio”.	Lodoño <i>et al.</i> (2011); Alonso <i>et al.</i> (1993)
ADM-11	Se recomienda utilizar la metáfora de la Balanza en equilibrio como una estrategia didáctica para la interpretación de la propiedad uniforme de la igualdad. Ya que, en un primer acercamiento, no existe una diferencia significativa entre el uso del modelo de equilibrio pictórico y el físico en el desarrollo del razonamiento algebraico.	Lodoño <i>et al.</i> (2011); Alonso <i>et al.</i> , (1993); Otten <i>et al.</i> (2020)

ADM-12	La transposición de términos posibilita el automatismo en la resolución de ecuaciones que no necesariamente está ligada a la adquisición de conceptos por parte del alumno.	Alonso <i>et al.</i> , (1993)
ADM-13	Errores aritméticos con origen en la ausencia de sentido (operaciones con números enteros y fracciones) y de procedimiento.	Tettay <i>et al.</i> (2019); Pérez <i>et al.</i> (2019)
ADM-14	La balanza es una buena analogía cuando se manejan números naturales y operaciones de suma y resta, pero no lo es tanto cuando hay números racionales (sobre todo, negativos) y operaciones de multiplicación y división.	Alonso <i>et al.</i> , (1993)
ADM-15	El círculo didáctico al utilizar una balanza simple es: (1) familiarizarse con la balanza, (2) representar una ecuación en la balanza, (3) resolución de la ecuación con el uso de la balanza dinámica, (4) resolución de ecuaciones con el uso de una balanza fija y (5) resolución de ecuaciones sin balanza a nivel simbólico del álgebra.	Rojano (2010)
ADM-16	Una secuencia de aprendizaje para relacionar la noción de igualdad y el de ecuación: (1) utilizar proposiciones de valor faltante para dar un primer acercamiento al concepto de literal como incógnita, (2) emplear balanzas pictóricas para establecer y validar la relación entre balanza en equilibrio y la igualdad, (3) institucionalizar el concepto de ecuación, (4) traducir al lenguaje algebraico una situación pictórica (...).	Fuentes (2020)
ADM-17	En un primer acercamiento, emplear ecuaciones con un nivel de complejidad bajo por su grado de interactividad (un paso), la naturaleza de los elementos que la componen (tipos de números) y el número de relaciones. Esto de acuerdo con la TCC.	Ngu y Phan (2016)

Nota. *Aspectos considerados en el diseño del video no evidenciables por su connotación subjetiva y/o general.

Tabla 5*Criterios seleccionados de los Aspectos Pedagógicos*

Clave	Criterio	Referencia
*AP-1	El video es un elemento motivador para el alumno.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-2	La información es correcta.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-3	Se repiten los conceptos e ideas fundamentales a lo largo del video.	Romero <i>et al.</i> (2017) Beautemps y Bresges (2021)
*AP-4	Es preciso y concreto evitando información prescindible.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-5	El vocabulario y la expresión lingüística es rigurosa, comprensible y adaptada al alumno.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-6	La información está actualizada.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-7	La narración atiende a la perspectiva de género.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-8	Es respetuoso, no discriminatorio ni ofensivo con ningún perfil sociocultural.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-9	La versión idiomática cubre la necesidad curricular.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-10	Las versiones subtituladas cubren necesidades del alumnado.	Romero <i>et al.</i> (2017) Gaillard y Aguilar (2020)
AP-11	El planteamiento audiovisual permite accesibilidad a personas con baja visión.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-12	Principio de coherencia (audio y visual).	Vallejo y González (2018)
AP-13	Principio de señalización	Vallejo y González (2018)
AP-14	Principio de redundancia	Vallejo y González (2018)
AP-15	Principio de contigüidad espacial y temporal	Vallejo y González (2018)
AP-16	Principio de pre entrenamiento	Vallejo y González (2018)

AP-17	Principio de modalidad	Vallejo y González (2018)
AP-18	Principio de segmentación	Vallejo y González (2018)
AP-19	Principio de personalización	Vallejo y González (2018)
AP-20	Principio de la voz	Vallejo y González (2018)
AP-21	Principio de encarnación	Vallejo y González (2018)
AP-22	Principio de la personificación o del agente	Vallejo y González (2018)
AP-23	Principio de los ejemplos resueltos	Vallejo y González (2018)
AP-24	Principio del compromiso	Vallejo y González (2018)
AP-25	Video breve	Vallejo y González (2018) Beautemps y Bresges (2021)
AP-26	Velocidad de la narración	Vallejo y González (2018) Romero <i>et al.</i> (2017)
AP-27	Lenguaje conversacional	Vallejo y González (2018)
AP-28	Especificidad para los destinatarios	Vallejo y González (2018)
AP-29	Control de la reproducción	Vallejo y González (2018)
AP-30	Contraste adecuado del color para ser accesible a personas con baja visión	World Wide Web Consortium (2023)
AP-31	Uso de tipografía para facilitar la lectura a personas con dislexia	Hillier, R. A. (2006) Del Real (2016)
AP-32	El humor motiva y mejora la actitud de los estudiantes	Lijó <i>et al.</i> (2020) Beautemps y Bresges (2021)
AP-33	Especifica las fuentes en la descripción del video.	Beautemps y Bresges (2021)

Nota. *Aspectos considerados en el diseño del video no evidenciables por su connotación subjetiva y/o general.

Tabla 6*Criterios seleccionados de los Aspectos Estéticos*

Clave	Criterio	Referencia
*AE-1	El video es atractivo e interesante.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AE-2	La calidad de imagen es satisfactoria.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AE-3	La calidad de audio es satisfactoria.	Romero <i>et al.</i> (2017) Beautemps y Bresges (2021)
AE-4	Las animaciones (textos, gráficos y efectos) facilitan los objetivos.	Romero <i>et al.</i> (2017) Beautemps y Bresges (2021)
AE-5	La sincronización del audio con la imagen es eficaz.	Romero <i>et al.</i> (2017)
AE-6	Los colores opuestos en el círculo cromático se complementan bien y generan contraste.	Canté <i>et al.</i> (2017)
AE-7	No utilizar distintas tonalidades del mismo color.	Canté <i>et al.</i> (2017)
AE-8	Los colores más vivos o saturados atraen mejor la atención de los niños.	Canté <i>et al.</i> (2017)
*AE-9	Azul: Asociado para el aprendizaje de contenidos con alto grado de dificultad debido a que se relaciona con la mente.	Heller (2004)
*AE-10	Rojo: Resalta lo urgente e importante, fija la atención.	Acuña (2023)
*AE-11	Amarillo: Se relaciona con el intelecto, la alegría y estimula las funciones mentales. Se debe evitar su uso excesivo porque puede encandilar.	Acuña (2023)
*AE-12	Verde: Brinda una sensación de tranquilidad, equilibrio y concentración. Minimiza los nervios de los estudiantes ante una evaluación o en temas complicados con cierto grado de abstracción.	Acuña (2023)
*AE-13		Acuña (2023)

	Púrpura: Estimula la motivación en el alumno al momento de aprender se relaciona con la actividad cerebral.	Gaines y Curry (2011)
AE-14	Herramienta Comprobador de Contraste: Legible para personas con daltonismo.	World Wide Web Consortium (2023)
AE-15	Combinación de colores complementarios, análogos y monocromáticos.	Adobe Color CC
AE-16	Ley de la proximidad de la Teoría de la Gestalt	Gallo (2021)
*AE-17	Cuadrado y rectángulo. Se le asocia con orden, estabilidad y confianza.	Llasera (2021)
*AE-18	Círculo y elipses. Las formas ovaladas o redondas evocan emociones más empáticas y cercanas, por lo tanto, son emocionalmente más positivas y menos frías.	Llasera (2021)
*AE-19	Las curvas tienen una mejor percepción visual y emocional porque el cerebro humano tiende a capturar la información de manera más rápida cuando se observan formas de dos dimensiones.	Orana (2023)

Nota. *Aspectos considerados en el diseño del video no evidenciables por su connotación subjetiva y/o general.

3.6 Instrumentos de medición

3.6.1 Videotutorial

Para el desarrollo del videotutorial se recurrió al guion técnico de video y al storyboard como medios de planificación. El formato del guion técnico de video que fue utilizado es una adaptación del guion sugerido por Benítez *et al.* (2013) para la producción audiovisual y la planeación de una secuencia de aprendizaje propuesta por Díaz-Barriga (2013).

El guion técnico es un documento que se ubica en la fase de preproducción de cualquier material audiovisual, el cual permite planificar las escenas y su secuenciación, detallando toda la información técnica necesaria para su grabación y montaje final: identificación del plano,

encuadre, ángulo de la toma, movimiento de cámara, iluminación, sonidos, accesorios, escenografía, etc. (Benítez *et al.*, 2013). Benítez *et al.* (2013) proponen un formato de guion técnico compuesto por los siguientes elementos:

Tabla 7

Formato de guion técnico

No. de secuencia		Escenografía	Interior o Exterior / Día o noche
No. secuencia No. escena	Movimiento de cámara y encuadre.	Descripción visual de la escena y su tiempo.	Descripción auditiva de la escena y diálogos.

Por otro lado, Díaz-Barriga (2013) brinda una propuesta indicativa para construir una secuencia didáctica en la cual integra aspectos formales propios del plan de estudios y de la asignatura como el contenido a abordar, la duración de la secuencia didáctica, número de sesiones, objetivos, orientaciones para la evaluación, etc.; asimismo, sugiere que la secuencia didáctica se integre por tres tipos de actividades: apertura, desarrollo y cierre. En tales actividades se debe vincular el contenido con la realidad, contemplar los conocimientos previos y la utilización de recursos didácticos. De tal manera que, una secuencia didáctica es el resultado de establecer una secuencia ordenada de actividades de aprendizaje a partir de la intención docente (Díaz-Barriga, 2013).

De esta manera, tomando como referencia los trabajos de Benítez *et al.* (2013) y Díaz-Barriga (2013) es que se integró el formato de guion técnico de video utilizado en la presente investigación para la realización del videotutorial, el cual consta de los siguientes elementos:

Tabla 8

Formato adaptado para guion técnico del videotutorial

Narración	Tiempo	Sonidos / Gráficos	Justificación
-----------	--------	--------------------	---------------

Díálogo del presentador	Duración de la secuencia	Descripción sonora y visual del video organizado por escenas.	Secuencia de aprendizaje dividida en actividad de apertura, desarrollo y cierre, y su sustento teórico.
-------------------------	--------------------------	---	---

De esta forma, en la columna “*Narración*” se describe el texto a relatarse por el docente en pantalla o en ‘voz en off’ (voz del presentador sin aparecer en pantalla); en la columna “*Tiempo*” se desglosan los minutos y segundos de inicio y termino de cada actividad de la secuencia de aprendizaje (apertura, desarrollo y cierre); en la columna “*Sonidos/Gráficos*” se describen los sonidos, imágenes, encuadres y composiciones de cada toma que aparecerán a lo largo del video; y en la columna “*Justificación*” se especifica la actividad de apertura, desarrollo y cierre que conforman la secuencia de aprendizaje y se argumenta el porqué de cada una de éstas.

Se sugiere que en la secuencia de aprendizaje se integre una situación detonadora, activar conocimientos previos, el desarrollo del contenido y su institucionalización, y la resolución de problemas o ejercicios.

A continuación, se presenta la síntesis del guion técnico del videotutorial en el que se describe, de manera general, la estructura de la secuencia de aprendizaje, su duración y parte de su fundamento teórico (ver completo en Anexo 3 y sólo narración en Anexo 4):

Tabla 9

Síntesis de la estructura del guion técnico del videotutorial

Secuencia de aprendizaje	Tiempo	Justificación
Actividad de apertura		
- Situación contextualizada-detona-dora. - Cortinilla de presentación.	00:00 – 01:27	Situación contextualizada para su posterior modelación y presentación del contenido a desarrollar (SEP, 2017; Romero <i>et al.</i> , 2017).
Actividad de desarrollo		

▪ Ejercicios de valor faltante. ▪ Concepto de Igualdad. ▪ Concepto de Literal. ▪ Concepto y partes de una Ecuación Lineal. ▪ Analogía de la balanza y transición a la representación algebraica mediante la propiedad uniforme).	01:27 – 05:47	Activación de los conocimientos previos (SEP, 2017; Romero <i>et al.</i>, 2017; Fuentes, 2020). Uso de la metáfora de la Balanza en equilibrio como estrategia didáctica para la interpretación de la propiedad uniforme de la igualdad (Lodoño <i>et al.</i>, 2011; Otten <i>et al.</i>, 2020). Noción del concepto de Literal (SEP, 2017). Institucionalización y noción del concepto de Ecuación (Romero <i>et al.</i>, 2017; Londoño, 2011; Fuentes, 2020).
--	---------------	---

Actividad de cierre

▪ Resolución del problema planteado como situación detonadora en la apertura. ▪ Despedida.	05:47 – 08:00	Modelación (SEP, 2017). Relaciona el conocimiento matemático con otras áreas del saber (Romero, 2017).
---	---------------	--

El guion técnico se puede complementar con ilustraciones secuenciadas de cada uno de los planos específicos que sirven de guía gráfica para previsualizar una historia antes de grabarla. Como alternativa a las ilustraciones se puede utilizar un *photoshoot*, en el cual se usan fotografías con encuadres de los actores y la escenografía (Benítez *et al.*, 2013).

Por esta razón es que se desarrolló un storyboard con los bocetos de las escenas más representativas de cada sección de la secuencia de aprendizaje del videotutorial:

Figura 14

Storyboard del videotutorial

1| Act. Apertura

Introducción

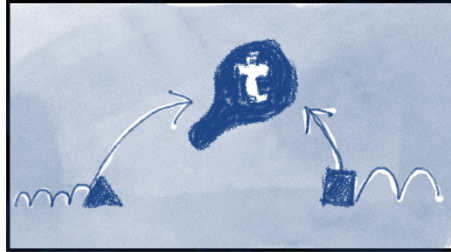


Presentadora. Plano medio. Centrado.

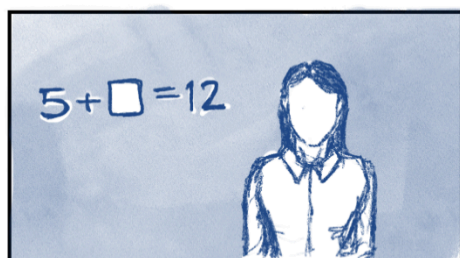
Interior. Iluminación artificial. Fondo liso.

2| Act. Apertura

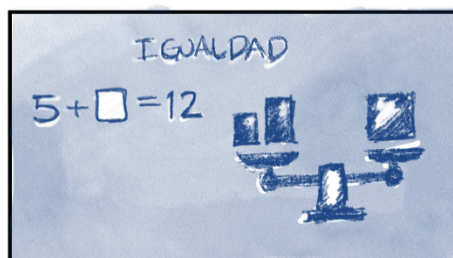
Cortinilla



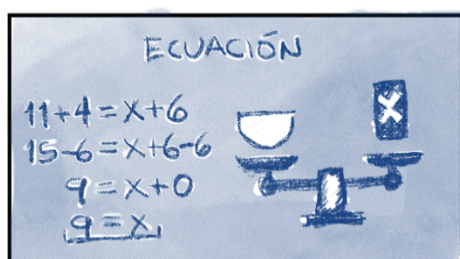
Animación en stop motion.

3| Act. Desarrollo**Saberes previos**

Presentadora. Plano medio. Regla de tercios.
Interior. Iluminación artificial. Fondo liso.

4| Act. Desarrollo**Igualdad**

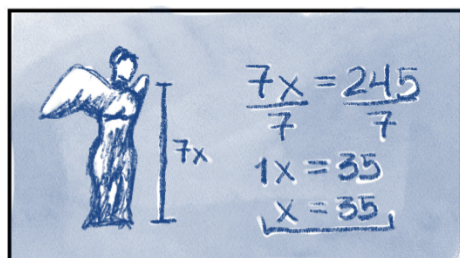
Animación digital. Regla de tercios.

5| Act. Desarrollo**Ecuación / Analogía**

Animación digital. Regla de tercios.

6| Act. Cierre**Problema**

Presentadora. Plano medio. Regla de tercios.
Interior. Iluminación artificial. Fondo liso.

7| Act. Cierre**Resolución**

Animación digital. Regla de tercios.

8| Act. Cierre**Créditos**

Animación digital. Regla de tercios.

De esta manera, el desarrollo del videotutorial contempla los aspectos curriculares especificados en el plan de estudios correspondiente a la ecuación lineal en primer grado de secundaria; los aspectos didácticos sobre las dificultades, obstáculos, errores y estrategias didácticas de dicho objeto matemático; y los aspectos pedagógicos en el uso de la TCAM (Mayer, 2005), de los subtítulos para la accesibilidad de personas con discapacidad auditiva (Gaillard y Aguilar, 2020) y de la tipografía recomendada para facilitar la lectura a personas con dislexia (Hillier, 2006; Del Real, 2016) (ver Anexo 6).

Asimismo, se consideran los aspectos estéticos sobre la psicología del color, la psicología de la forma y el contraste adecuado entre los colores para la accesibilidad a personas con baja visión (World Wide Web Consortium, 2023). En este sentido, se utilizan los colores azul, púrpura y blanco como fondos del video por sus asociaciones con el aprendizaje, la tranquilidad y la motivación. A partir de los cuales, el color de las figuras se selecciona considerando el contraste necesario para cumplir con los estándares de W3C (ver Anexo 5).

Por lo que, producto de ello, el videotutorial se puede visualizar en el siguiente enlace de YouTube: <https://youtu.be/ZWbKtntTjMI>

3.6.2 Pre y post test

El pre y post test tienen el propósito de medir el aprendizaje del alumno sobre la noción de la Ecuación Lineal generado a partir del videotutorial, siendo éste la primera variable dependiente del objetivo general de la investigación.

Para ello, las pruebas (pre y post test) contienen ocho preguntas de opción múltiple sobre los conceptos que engloba la noción de Ecuación Lineal: noción de Igualdad, de Literal, de Ecuación y de la Propiedad Uniforme. Ambas pruebas contienen las mismas preguntas con la finalidad de medir los conocimientos del alumno antes y después de visualizar el videotutorial, midiendo con ello el aprendizaje adquirido.

De tal manera que, dichas preguntas tienen la siguiente intencionalidad (entre paréntesis se señala el criterio del apartado 3.5 en el que está basado): La pregunta 1 aborda los conocimientos del alumno sobre la noción que tiene de la igualdad como una equivalencia entre dos expresiones (AC-8, AC-12, ADM-10). La pregunta 2 está relacionada al concepto de literal como incógnita (AC-13). Las preguntas 3, 4 y 5 están ligadas al concepto de ecuación como igualdad con un valor desconocido (AC-8, AC-14, ADM-9). Y las preguntas 6, 7 y 8 abordan la aplicación de la propiedad uniforme mediante la distinción del procedimiento que utiliza ésta de manera correcta, de aquellas que no (AC-9, ADM-11); con lo cual, se buscó evitar la resolución de la ecuación por ‘ensayo y error’ o por cálculo mental que derive en una noción aritmética (Londoño *et al.*, 2011).

A continuación, se muestra una pregunta de cada concepto, la prueba completa se encuentra en el Anexo 7.

1. Una igualdad es...

- a) ...un valor faltante. b) ...un conjunto de números y letras. c) ...una equivalencia. d) Ninguna de las anteriores.

2. Una literal es una...

- a) ...incógnita. b) ...ecuación. c) ...igualdad. d) Ninguna de las anteriores.

4. ¿Cuál de las siguientes es una ecuación?

- a) $12 + x = 16$ b) $22 - 4 = 18$ c) $3 + x$ d) $10 - 2 = 4(2)$

6. De los siguientes procedimientos, ¿cuál es correcto para resolver la ecuación?

- | | | | |
|--|---|--|---|
| <p>a) $x + 5 = 11$
 $x + 5 - 5 = 11 + 5$
 <u>$x = 16$</u></p> | <p>b) $x + 5 = 11$
 $x + 5 - 5 = 11 - 5$
 <u>$x = 6$</u></p> | <p>c) $x + 5 = 11$
 $x + 5 + 5 = 11 + 5$
 <u>$x = 16$</u></p> | <p>d) $x + 5 = 11$
 $x + 5 + 5 = 11 - 5$
 <u>$x = 6$</u></p> |
|--|---|--|---|

3.6.3 Encuesta con escala Likert

La encuesta con escala de Likert tiene el propósito de medir la motivación generada por el videotutorial en el alumno, siendo ésta la segunda variable dependiente del objetivo general de la investigación.

Con este propósito se plantean 30 preguntas sobre el nivel de satisfacción del alumno en la aplicación de los principios de la TCAM por parte del videotutorial, la motivación que le genera y su accesibilidad. Para ello, se tomaron como base las preguntas desarrolladas por Pantazes (2021) sobre la aplicación de los principios de la TCAM en videos realizados por docentes (ver Anexo 2), las cuales se adaptaron a la percepción del alumno en cuanto a la aplicación de los mismos. Asimismo, en la encuesta se adecuaron las preguntas sobre motivación

realizadas por Muñiz *et al.* (2021b) y se consideró la accesibilidad de acuerdo con Romero *et al.* (2017).

En la siguiente tabla se especifican las preguntas que hacen referencia a cada uno de los principios de diseño de la TCAM, de la motivación y de la accesibilidad (ver encuesta completa en Anexo 8), así como los criterios del apartado 3.5 en el que se basan.

Tabla 10

Relación de preguntas con la TCAM, la motivación y la accesibilidad

Principio de diseño TCAM	Preguntas	Criterio
Principio de coherencia (audio y visual).	2, 3 y 6	AP-4, AP-12
Principio de señalización	7 y 8	AP-13
Principio de redundancia	9	AP-14
Principio de contigüidad espacial y temporal	10 y 11	AP-15, AE-5
Principio de pre entrenamiento	12	AP-16, ADM-1
Principio de modalidad	13	AP-17
Principio de segmentación	14 y 15	AP-18, AP-25
Principio de personalización	16	AP-5, AP-7, AP-19, AP-27, AP-28
Principio de la voz	17 y 18	AP-20
Principio de encarnación	19	AP-21
Principio de la personificación o del agente	20	AP-8, AP-22
Principio de los ejemplos resueltos	21	AP-23
Principio del compromiso	22	AP-24
Motivación	1, 4, 5, 25, 26, 27, 28, 29 y 30	AP-1, AE-1, AE-2, AE-3, AE-8
Accesibilidad	5, 15, 23 y 24	AP-10, AP-11, AP-26, AP-30, AP-31, AE-6, AE-14

3.7 Producción del videotutorial

La producción del videotutorial se divide en tres etapas: pre-producción, producción y post-producción. Las cuales corresponden con las etapas de análisis, diseño y desarrollo de la metodología ADDIE. A continuación, se describe el proceso realizado en cada una de éstas:

a) Pre-producción

Esta etapa consistió en el análisis y diseño del videotutorial. Para ello se inició creando la identidad del proyecto Teoremática a partir del diseño del nombre, el logotipo, el eslogan, la mascota y la cortinilla (ver Anexo 10).

A la par se desarrolló la secuencia de aprendizaje del videotutorial mediante el guion técnico y el storyboard para su planeación y previsualización. En esta etapa se integraron todos los criterios de los aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos especificados en el apartado 3.5, siendo éste un proceso cíclico de constante rediseño hasta lograr una secuencia de aprendizaje apropiada.

Asimismo, en esta etapa se dispusieron y/o adquirieron los recursos materiales y digitales necesarios para el desarrollo del videotutorial; mientras que se preveía la disponibilidad de los recursos humanos que participaron en la creación del mismo (ver Anexo 9).

b) Producción

Durante esta etapa se diseñaron los elementos gráficos, se adquirió la música y se realizaron el montaje del set y las grabaciones necesarias para el desarrollo del videotutorial.

En este sentido, dentro de los elementos gráficos se contempló el diseño de las imágenes vectoriales como la balanza, la escultura de la Victoria Alada, los bloques, los fondos, etc.; siendo algunas de éstas adecuaciones realizadas a partir de las existentes en el banco de imágenes Freepik (<https://www.freepik.es/>) con licencia libre y a las cuales se les da su respectivo crédito en la esquina inferior izquierda del videotutorial y en el enlace que se encuentra en la descripción del mismo (<https://controlc.com/2eb85ce9>).

Asimismo, se seleccionó la paleta de colores a utilizar a partir de combinarlos con la herramienta Adobe Color (<https://color.adobe.com/es/create/color-wheel>), teniendo presente los criterios seleccionados de la psicología del color y su contraste adecuado para la accesibilidad a personas con baja visión, de acuerdo con la pauta WCAG 2.1 (W3C, 2023), utilizando la herramienta Contrast Checker (<https://contrastchecker.com/>) (ver Anexo 5).

Es de esta manera que se contemplaron los criterios especificados en el apartado 3.5 sobre los aspectos estéticos.

Por otro lado, en cuanto a la música y efectos de sonido, se utilizó el sitio web Epidemic Sound (<https://www.epidemicsound.com/>) para la selección y descarga de las canciones “Pacific Coast Cruisin” y “Merry Mischief” empleadas en la música de fondo y en la cortinilla, respectivamente; así como el efecto de sonido “Melody Low Sad”. Las cuales son de uso libre cumpliendo algunas especificaciones del sitio web.

Para el diseño de la escenografía en la que se desenvuelve la presentadora, se adecuó un espacio con iluminación artificial en tres puntos: principal (a la izquierda), secundaria (a la derecha) y de relleno (al fondo). Asimismo, se montó el micrófono frente a la presentadora fijado en un mueble tipo restirador que sirve a la vez como apoyo para la laptop en la que se registra directamente el sonido de las grabaciones. También se montó en un trípode la cámara fotográfica frente a la presentadora y se colocaron elementos en las paredes laterales para cuidar la acústica.

A partir de lo anterior, se realizaron pruebas de iluminación, vestimenta, de sonido y de video. Una vez configurado todo ello, se procedió a realizar las grabaciones correspondientes de la presentadora frente a cámara y de las narraciones de voz en off a partir del guion del Anexo 4.

c) Post-producción

Esta es la última etapa en el desarrollo del videotutorial, en ella se realizó el montaje y edición del video por medios digitales.

Se inició por organizar todos los recursos digitales a emplear, se agregaron textos utilizando la tipografía recomendada para personas con dislexia (ver Anexo 6) y se realizó un primer montaje de los elementos de manera secuenciada y sincronizada entre el audio y video. Luego se recortaron espacios vacíos para darle mayor dinamismo a la narración y se animaron

los elementos gráficos. Enseguida se agregaron los subtítulos, la música de fondo y se exportó el video cuidando que la calidad de renderizado sea la mejor posible.

Finalmente, el videotutorial fue almacenado y puesto a disposición para su visualización en el siguiente enlace del sitio web de YouTube: <https://youtu.be/ZWbKtntTjMI> En el cual, se agregó una imagen a modo de presentación, el título, la descripción, las fuentes empleadas (<https://controlc.com/2eb85ce9>) (AP-33) y la segmentación del videotutorial (de acuerdo con el criterio AP-29, control de reproducción) en los siguientes momentos: introducción, cortinilla, igualdad, literal, ecuación, resolución del problema y despedida.

3.8 Aplicación

Los instrumentos de medición se aplicaron a 96 alumnos en dos días. En el primero de ellos se llevó a cabo la prueba pre-test para medir las nociones que tienen acerca de los conceptos que este instrumento abarca, asimismo, se les pidió a los alumnos visualizar el videotutorial como tarea, por lo que se les proporcionó el enlace del videotutorial en YouTube por medio de Classroom. Esto fue con la intención de que el alumno tenga la oportunidad de visualizar el videotutorial tantas veces como lo considere necesario, o bien, que tenga la posibilidad de regresar y avanzar; teniendo así el control de reproducción (Vallejo y González, 2018) (AP-29) y el uso autónomo para su exploración (Romero *et al.*, 2017) (AC-6).

Figura 15

Aplicación del pretest



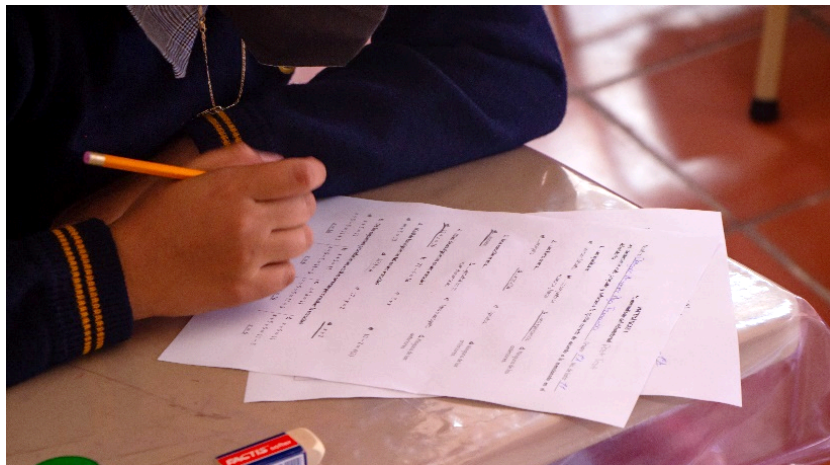
Figura 16

Aplicación del pretest



Figura 17

Alumno respondiendo el pretest



En el segundo día, se visualizó nuevamente el videotutorial al inicio de la sesión para prevenir que todos los alumnos lo hayan visto realmente antes de contestar las siguientes encuestas. La desventaja de esto es que aquel alumno que por alguna razón no haya podido ver el videotutorial en casa, no tiene el control de visualización debido a que la reproducción queda a cargo del profesor al proyectar éste de manera grupal. Inmediatamente después, se aplicó la prueba post-test para medir el aprendizaje adquirido a partir del videotutorial y la encuesta con escala de Likert para conocer la motivación generada.

De los 96 alumnos previstos inicialmente como población, se tuvo la ausencia de un alumno en ambos días de la aplicación, por lo que, 95 alumnos contestaron los distintos

instrumentos de medición. De estos, nueve pruebas del pre test y nueve del post test tienen respuestas sin contestar o con más de una opción seleccionada, por lo que éstas fueron eliminadas en ambos casos, quedando así 86 pruebas válidas en cada una. Mientras que, en la encuesta con escala de Likert, ocho alumnos no contestaron todos los ítems, por lo que también son descartados, quedando así 87 encuestas para analizar. Los resultados del análisis e interpretación de los datos se presentan en el siguiente capítulo.

Figura 18

Visualización del videotutorial en clase



Figura 19

Aplicación del post test



Figura 20

Alumno respondiendo el post test y la encuesta con escala Likert



Capítulo 4. Análisis e interpretación de resultados

El presente capítulo contiene el análisis e interpretación de los datos obtenidos en la aplicación de los instrumentos de medición para valorar el aprendizaje y la motivación generados en el alumno a partir de la visualización del videotutorial. Por tal motivo, el capítulo se divide básicamente en dos secciones:

En la primera se realizan las pruebas de normalidad y de confiabilidad de los datos obtenidos del pre y post test acerca del aprendizaje de los alumnos sobre la noción de la ecuación lineal. Enseguida se analizan e interpretan los resultados a partir de los aspectos curriculares y didácticos matemáticos descritos en el marco referencial.

Mientras que en la segunda sección se realiza la prueba de confiabilidad a los datos obtenidos de la encuesta con escala Likert sobre la motivación generada en el alumno a partir del videotutorial. Luego de ello, se analizan e interpretan los resultados a partir de los aspectos pedagógicos y estéticos mencionados en el marco referencial.

4.1 Planteamiento del estudio estadístico del pre y post test: Mi aprendizaje del videotutorial

Los datos corresponden a una muestra con $N = 86$ estudiantes de primero de secundaria. Se registraron los resultados correctos de los ítems de las pruebas pre y post test, antes y después de interactuar con el video diseñado.

Los datos completos registrados pueden consultarse en el Anexo 11.

Pregunta de estudio:

¿Hay una diferencia estadísticamente significativa entre antes y después de interactuar con el video en cuanto a la cantidad de reactivos correctos de los estudiantes?

Las muestras son dependientes porque se tomaron a los mismos individuos en dos momentos en el tiempo.

Se plantean las siguientes variables:

Pre = Reactivos correctos antes de interactuar con el video.

Post = Reactivos correctos después de interactuar con el video.

Se define **DIF** = $Y - X$.

Se pretende realizar una prueba T de Student para muestras pareadas, para lo que primero se hará una prueba de normalidad a la variable DIF.

Prueba de normalidad para DIF

Siendo $N > 50$ se opta por la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra. Los datos se procesaron en el software libre PSPP (<http://www.gnu.org/software/pspp/>).

Se plantea las hipótesis:

H_0 = DIF tiene una distribución normal.

H_a = DIF no tiene una distribución normal.

Se elige un $\alpha = 0.05$.

Se rechaza H_0 si el $p - valor < 0.05$.

Los datos que provee PSPP son los siguientes:

Figura 21

Prueba Kolmogorov-Smirnov para una muestra

NPAR TEST		
/KOLMOGOROV-SMIRNOV (NORMAL) = DIF.		
Prueba Kolmogorov_Smirnov para una muestra		
		DIF
N		86
Parámetros Normal	Media	-1.52
	Desviación Estándar	1.70
Diferencias Más Extremas	Absoluto	.13
	Positivo	.12
	Negativo	-.13
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.20
Sig. Asint. (2-colas)		.096

Conclusión: Por lo que siendo el $p - valor = 0.096 > 0.05$ no hay razón para rechazar H_0 , por lo que se asume que DIF tiene una distribución normal.

Comparación de las medias con la prueba estadística T-Student para muestras dependientes (pareadas).

Definamos las variables:

M1 = Media de los reactivos antes de interactuar con el video.

M2 = Media de los reactivos después de interactuar con el video.

Planteamos las hipótesis:

$H_0: M1 - M2 = 0$, y

$H_a: M1 - M2 \neq 0$.

Escogemos $\alpha = 0.05$ como nivel significancia y el criterio:

Si el $p - valor < \alpha$ rechazamos H_0 .

Los datos fueron procesados también en el software PSPP y la Figura 22 muestra los resultados que arroja:

Figura 22

Muestras emparejadas

T-TEST

```
PAIRS = Pre WITH Post (PAIRED)
/MISSING=ANALYSIS
/CRITERIA=CI(0.95).
```

Estadísticas de muestras emparejadas

	N	Media	Desviación Estándar	Err.Est.Media
Pareja 1 Pre	86	4.12	1.65	.18
Post	86	5.64	1.45	.16

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sign.
Pareja 1 Pre & Post	86	.405	.000

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	df	Sign. (2-colas)	
		Media	Desviación Estándar	Err.Est.Media	Intervalo de confianza 95% de la Diferencia				
					Inferior				Superior
Pareja 1	Pre - Post	-1.52	1.70	.18	-1.89	-1.16	-8.31	85	.000

En este caso el $p - valor$ es de 0.00, con un intervalo de confianza para $M1-M2$ del 95% igual a (-1.89,-1.16).

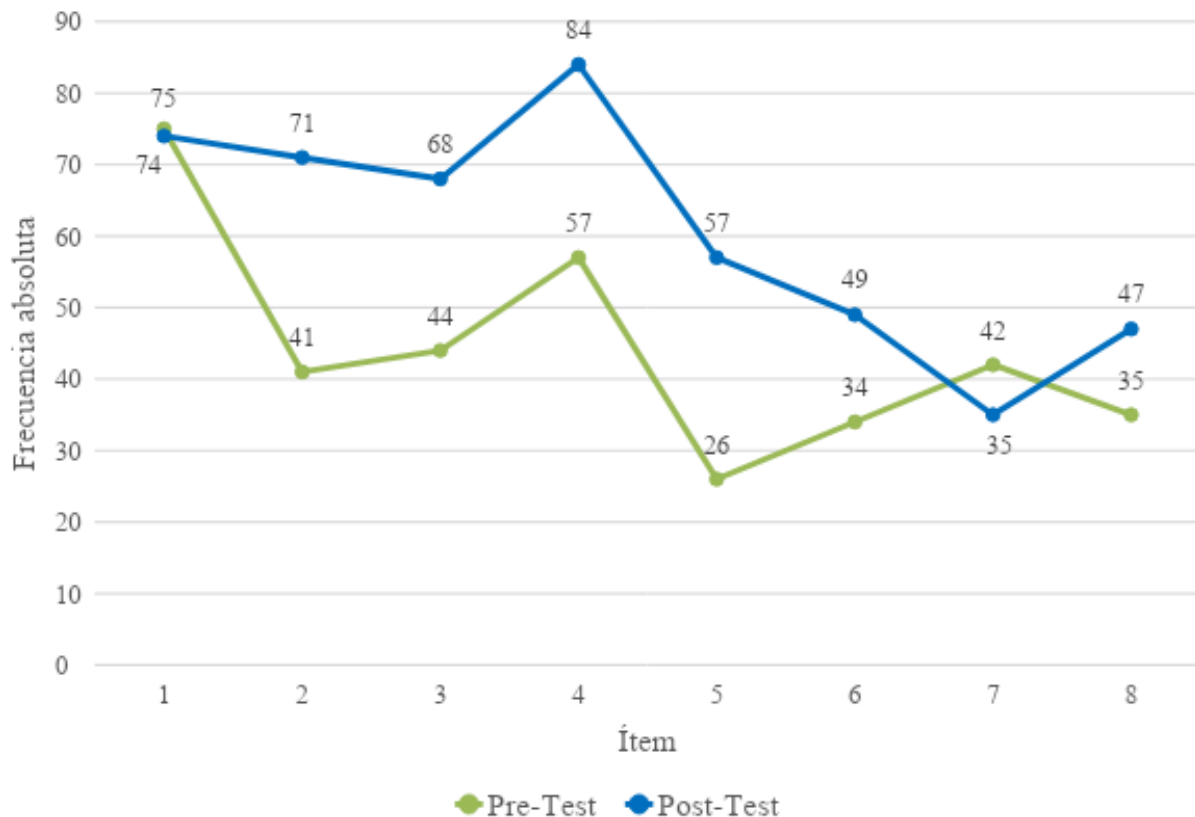
Conclusión: Se rechaza H_0 con un nivel de confiabilidad de 95%, los datos muestran que hay evidencia de que existe una diferencia significativa entre antes y después de interactuar con el videotutorial. El intervalo de confianza al 95% indica que $M_1 - M_2$ tiene un valor negativo, por lo que podemos afirmar que la media de los reactivos correctos después de ver el videotutorial fue mayor que la media de los reactivos antes de verlo.

4.2 Análisis de los resultados del pre y post test

En la Figura 23, se presenta un comparativo entre las poligonales del pre y post test con frecuencias absolutas, en ellas se observa un incremento en la asertividad en 6 de los 8 ítems que componen la prueba: 2, 3, 4, 5, 6 y 8; mientras que en dos de estos hubo un decremento: 1 y 7. El siguiente análisis se enfoca en los aspectos curriculares y didácticos matemáticos que se contemplaron en el diseño del video para el desarrollo del aprendizaje (apartado 3.5).

Figura 23

Comparativa de poligonales del pre test y post test



El ítem 1 está dirigido a medir los conocimientos previos de los alumnos sobre el concepto de igualdad (AC-12, ADM-10), por ello es que en éste se presenta la mayor asertividad conseguida en el pre-test. Sin embargo, en el post-test no se incrementa este valor, al contrario, decrece en una unidad. Por lo que, el video no logra reforzar este conocimiento en el alumno.

Los ítems 2 y 3 tienen que ver con los conceptos de literal (AC-13, AC-14) y de ecuación desde su sentido teórico, mientras que en los ítems 4 y 5 se debe identificar qué es y qué no es una ecuación a partir de distintas expresiones algebraicas y aritméticas. Estos cuatro ítems son los que presentan una mayor diferencia entre las medias del pre y post test, promediando un incremento del 32.55%. Por lo que, se evidencia una contribución del videotutorial a la introducción de la noción y simbolización algebraica de la ecuación lineal interpretada como una igualdad con un valor faltante (SEP, 2017) (AC-8, AC-14, ADM-9). En este sentido, pese a que el ítem 1 no logra reforzar el concepto de igualdad en sí mismo, su inclusión en el videotutorial sí aporta un referente para la noción de la ecuación.

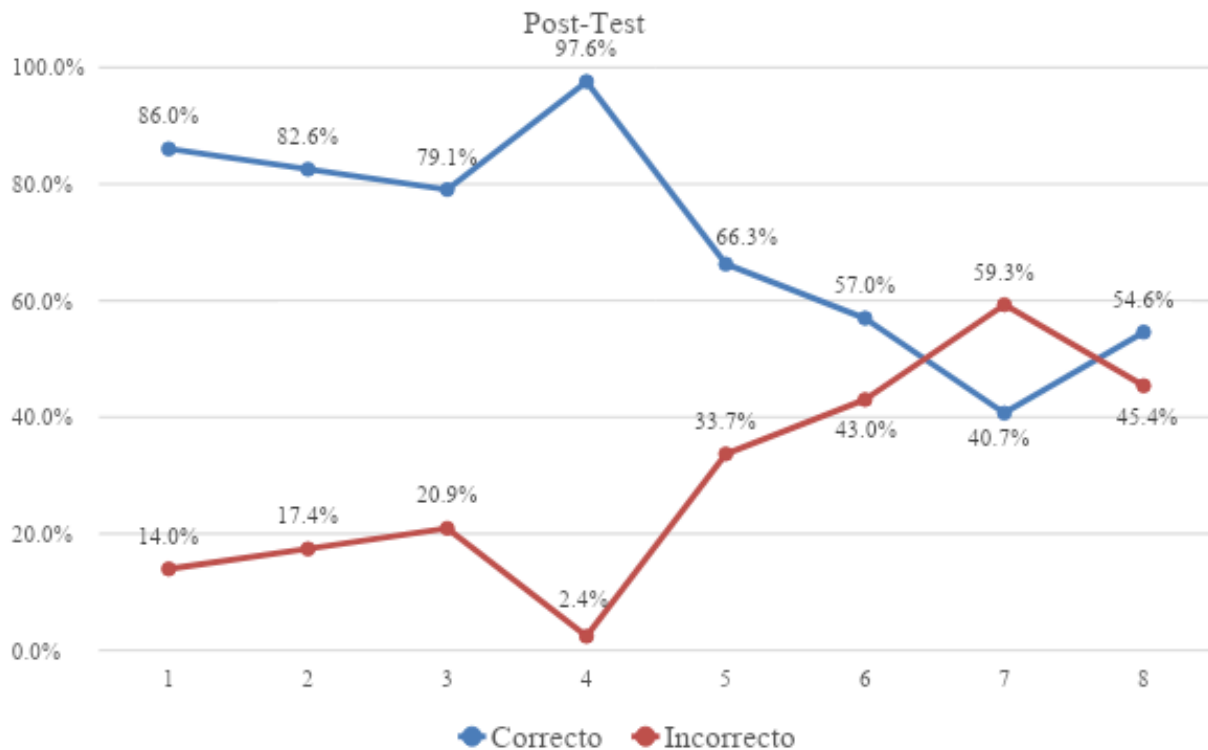
En cambio, los ítems 6, 7 y 8 se relacionan con identificar el procedimiento correcto en la resolución de ecuaciones a través de la aplicación de la propiedad uniforme (AC-9, ADM-11). Los resultados de estos son dispares, en dos de ellos (6 y 8) se logra un ligero incremento del 15.7% mientras que en el restante (7) hay una disminución del -8.1%. Por lo que el videotutorial contribuyó ligeramente en la resolución de ecuaciones mediante la propiedad uniforme con un promedio entre los 3 ítems del 7.8%.

Esto está relacionado con el nivel de complejidad de las ecuaciones lineales que se aplicaron de acuerdo con su clasificación desde la TCC (Ngu y Phan, 2016) (ADM-17), las cuales, pese a ser las tres de un paso en su grado de interactividad, el incluir un número negativo en el ítem 7, eleva su complejidad en cuanto a la naturaleza de los elementos que componen la ecuación por la ausencia de sentido que implica el operar con números enteros (Tettay *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2019) (ADM-13, ADM-14).

Asimismo, no sólo es importante el comparar los resultados del pre y post test, sino también el nivel de asertividad en la propia prueba post test. Para ello, en la Figura 24 se comparan los porcentajes de alumnos que seleccionaron la respuesta correcta en contraste de aquellos que eligieron alguno de los incisos incorrectos.

Figura 24

Comparativa de porcentajes correctos e incorrectos en el pre y post test



De esta forma, se observa que los ítems 1, 2, 3, 4 y 5 obtuvieron un porcentaje de asertividad superior al 60%, obteniendo una media del 82.32% en estos reactivos concernientes a la noción de la ecuación lineal desde su definición teórica y su identificación como expresión algebraica, lo cual refuerza la evidencia del aprendizaje generado por el videotutorial en cuanto a estos conceptos (AC-8, AC-14, ADM-9).

En cambio, los ítems 6, 7 y 8 obtuvieron porcentajes inferiores a este valor, lo cual podría estar ligado a lo mencionado por Ngu *et al.* (2015) sobre una mayor carga cognitiva que supone el uso de la propiedad uniforme como método de resolución de ecuaciones en comparación de la transposición de términos; sin embargo, el uso de éste último fomentaría un obstáculo didáctico al generar ausencias de sentido sobre el concepto (Alonso *et al.*, 1993; Pérez *et al.*, 2019; Moreno y Cobo, 1997) (ADM-12). Asimismo, este decremento en la asertividad se relaciona con lo mencionado por Alonso *et al.* (1993) sobre el uso de la balanza como una buena analogía para números naturales y operaciones de suma y resta, pero no tanto para números negativos, multiplicación y división (ADM-14).

Por lo que si bien, el videotutorial no consigue generar una diferencia significativa en la resolución de ecuaciones mediante la propiedad uniforme, sí se convierte en un primer acercamiento del alumno a esta noción que deberá ser complementada por otras estrategias didácticas o secuencias de aprendizaje; la cual es una de las funciones del videotutorial (Romero *et al.*, 2017) (ADM-8).

A continuación, se realiza un análisis de cada una de las nociones que abarca al pre y post test dividido en las siguientes secciones: (A) Igualdad y literal; (B) Noción de la ecuación; y (C) Resolución de ecuaciones. Para ello, se presentan las preguntas que conforman el apartado y los resultados obtenidos en cada una de éstas en formato tabla y gráfico.

A. Igualdad y literal

Este apartado se conforma de dos preguntas sobre dos conceptos necesarios para la construcción de la noción de ecuación: igualdad y literal.

Ítem 1. Una igualdad es...

- a) ...un valor faltante. b) ...un conjunto de números y letras. c) ...una equivalencia. d) Ninguna de las anteriores.

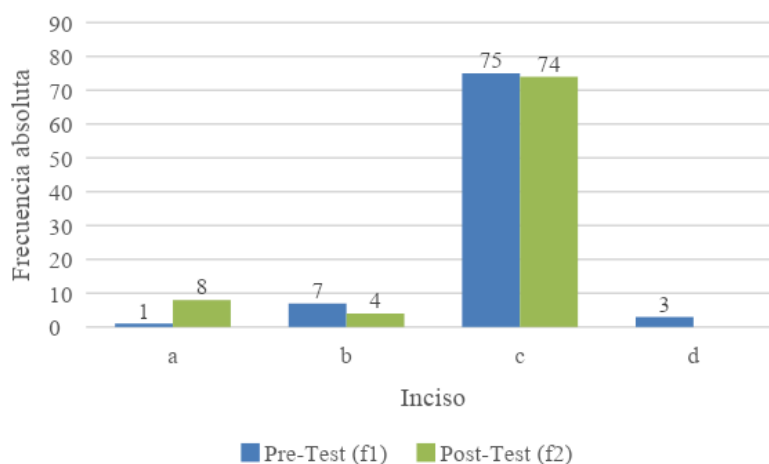
Tabla 11

Resultados del ítem 1 en el pre y post test

	Pre-Test (f _i)	Post-Test (f _e)	% Pre-Test	% Post-Test	f _e -f _i	%Post-%Pre
a	1	8	1.2%	9.3%	7	8.1%
b	7	4	8.1%	4.7%	-3	-3.4%
c	75	74	87.2%	86.0%	-1	-1.2%
d	3	0	3.5%	0.0%	-3	-3.5%
Total	86	86	100%	100%	0	0%

Figura 25

Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 1 en pre y post test



La intencionalidad de esta pregunta es identificar los conocimientos previos de los alumnos que tienen de la igualdad como una equivalencia entre expresiones (SEP, 2017; Romero *et al.*, 2017; Lodoño *et al.*, 2011; Alonso *et al.*, 1993) (AC-8, AC-12, ADM-10) como punto de partida para abordar el concepto de ecuación.

Debido a que es un concepto que se abarca desde la educación primaria, el porcentaje de asertividad es el más elevado para la prueba pre test con un 87.2% de respuestas correctas. Por lo que se observa que el videotutorial tuvo poca aportación en el fortalecimiento de este concepto debido al decremento existente del 1.2% en el post test respecto al pre test, por lo que no existe una diferencia significativa en cuanto a este concepto de forma *per se*. Sin embargo, se considera que su inclusión en el video es importante como lo especifica la TCAM en el Principio de Pre-entrenamiento (AP-16, ADM-1), dado que, a partir de éste, se inicia la construcción del concepto de Ecuación (AC-8, AC-14, ADM-9), para lo cual, sí aporta una diferencia importante que se describe más adelante.

Por otro lado, el inciso 'a' es el que presenta el incremento más significativo en el post test respecto al pre test, siendo éste de un 8.1%. Este inciso está vinculado al concepto de literal, el cual es el concepto que se aborda después de la igualdad en la secuencia didáctica del video. Lo cual nos puede dar un indicio de que al construirse el concepto de literal y de ecuación a partir de la noción de igualdad, el video pudo no ser tan eficiente en la vinculación de estos conceptos, lo cual llevó a algunos alumnos a confundirlos.

Ítem 2. Una literal es una...

- a) ...incógnita. b) ...ecuación. c) ...igualdad. d) Ninguna de las anteriores.

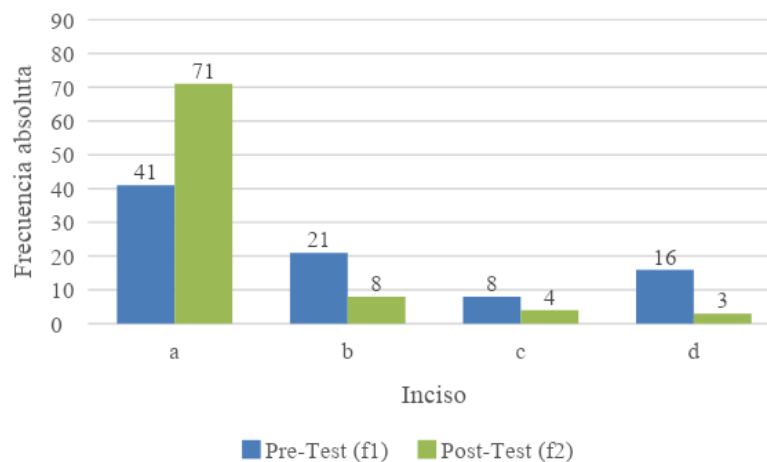
Tabla 12

Resultados del ítem 2 en el pre y post test

	Pre-Test (f ₁)	Post-Test (f ₂)	% Pre-Test	% Post-Test	f ₂ -f ₁	%Post-%Pre
a	41	71	47.7%	82.6%	30	34.9%
b	21	8	24.4%	9.3%	-13	-15.1%
c	8	4	9.3%	4.6%	-4	-4.7%
d	16	3	18.6%	3.5%	-13	-15.1%
Total	86	86	100%	100%	0	0%

Figura 26

Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 2 en pre y post test



En cambio, en el ítem 2 se aborda el concepto de Literal como incógnita de acuerdo con el Plan de Estudios (SEP, 2017) (AC-13, AC-14, ADM-16). Por lo que podemos apreciar un incremento considerable del 34.9% en la asertividad y un decremento en los incisos incorrectos en el post test respecto al pre test.

Se aprecia que el desarrollo del concepto de Literal en el videotutorial contribuyó en la construcción de este concepto en uno de sus significados, sin embargo, el 17.5% aún no logra

relacionar el término con la noción que se pretende generar, el de incógnita. De este porcentaje, el 9.3% está ligado al inciso ‘b’, ecuación. El cual, es el concepto que se aborda después de la literal en la secuencia didáctica del videotutorial, por lo que esta cercanía temporal de nuevos conceptos para el alumno podría generar esta confusión.

B. Noción de ecuación

Este apartado se conforma de tres preguntas, la primera relacionada al concepto de ecuación desde su sentido teórico, la segunda en identificar qué es una ecuación y la tercera identificar qué no es una ecuación a partir de distintas expresiones aritméticas y algebraicas.

Ítem 3. Una ecuación es una...

- a) ...balanza. b) ...igualdad con un valor desconocido. c) ...letra o incógnita. d) Ninguna de las anteriores.

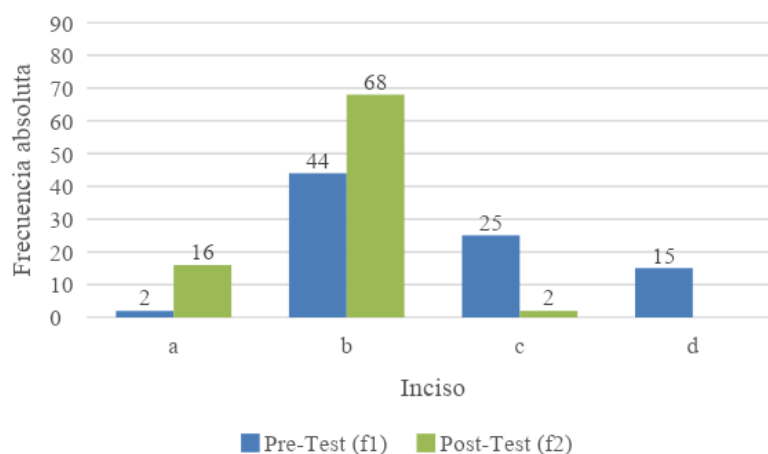
Tabla 13

Resultados del ítem 3 en el pre y post test

	Pre-Test (f₁)	Post-Test (f₂)	% Pre-Test	% Post-Test	f₂-f₁	%Post-%Pre
a	2	16	2.3%	18.6%	14	16.3%
b	44	68	51.2%	79.1%	24	27.9%
c	25	2	29.1%	2.3%	-23	-26.8%
d	15	0	17.4%	0.0%	-15	-17.4%
Total	86	86	100%	100%	0	0%

Figura 27

Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 3 en pre y post test



Se puede observar que el 79.1% de los alumnos logra relacionar una ecuación como una igualdad con un valor desconocido, siendo ésta la noción planteada por el Plan de Estudios (SEP, 2017) como un primer acercamiento del alumno al concepto de ecuación (AC-8, AC-14, ADM-9). Sin embargo, también es apreciable que la parte intuitiva de poco más de la mitad de los alumnos, sustentada en sus conocimientos previos sobre los ejercicios de valor faltante abordados en el nivel primaria (AC-7), les permitió intuir esta definición al seleccionarla en el 51.2% de los casos en el pre test, dándose así sólo un incremento del 27.9% entre ambas pruebas.

Además, se aprecia un decremento en los incisos 'c' y 'd', pero un aumento considerable en el 'a' con un 16.3%. Con lo que podemos visualizar que la metáfora de la balanza puede ser significativa en cuanto a relacionar la ecuación con ésta en su sentido de equilibrio, sin embargo, se debe tener cuidado en cuanto a su uso para no generar un obstáculo didáctico al llevar a pensar al alumno que se trata de lo mismo.

Lo cual puede ser explicado a partir de lo descrito por Alonso *et al.* (1993) (ADM-14) respecto al uso de la balanza como analogía de una ecuación, los autores mencionan que ésta es un buen recurso didáctico para las operaciones de suma y resta, pero no tanto para la multiplicación y división; por lo que, al darse en el videotutorial un ejemplo de suma y otro de multiplicación, la noción del concepto de ecuación no pudo ser reforzada eficazmente.

Por lo que, el resaltar que se trata sólo de una analogía y no del concepto en sí, puede ser un aspecto para mejorar dentro del video.

Ítem 4. ¿Cuál de las siguientes es una ecuación?

- a) $12 + x = 16$ b) $22 - 4 = 18$ c) $3 + x$ d) $10 - 2 = 4(2)$

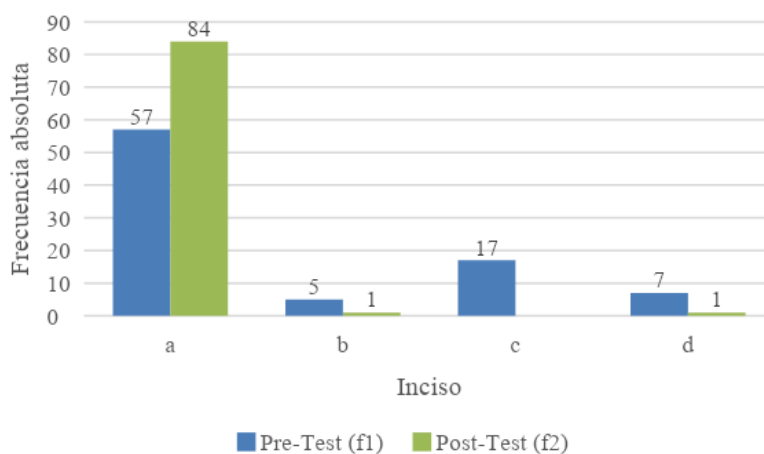
Tabla 14

Resultados del ítem 4 en el pre y post test

	Pre-Test (f1)	Post-Test (f2)	% Pre-Test	% Post-Test	f2-f1	%Post-%Pre
a	57	84	66.3%	97.6%	27	31.3%
b	5	1	5.8%	1.2%	-4	-4.6%
c	17	0	19.8%	0.0%	-17	-19.8%
d	7	1	8.1%	1.2%	-6	-6.9%
Total	86	86	100%	100%	0	0%

Figura 28

Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 4 en pre y post test



Se puede observar que el 97.6% de los alumnos logra identificar una ecuación como igualdad que tiene un valor desconocido (SEP, 2017), siendo así el ítem mejor evaluado en el post test. Sin embargo, también es apreciable que la parte intuitiva del alumno lo llevo a discernir

esta definición al seleccionarla el 66.3% de los alumnos en el pre test, tendiéndose así un incremento del 31.3% entre ambas pruebas.

Además, se puede apreciar que el videotutorial contribuyó a que el alumno logre relacionar el concepto de ecuación con el de igualdad como elemento fundamental de ésta, ya que del 19.8% que eligieron la opción 'c' en el pre test, pasó al 0% en el post test, siendo éste inciso incorrecto más seleccionado durante la primera prueba. Sin embargo el 2.4%, que corresponde a 2 alumnos, aún no logran identificar al concepto de literal como necesario para el concepto de ecuación.

Ítem 5. ¿Cuál de las siguientes NO es una ecuación?

- a) $m + 5 = 13$ b) $5(6) = a$ c) $17 - y = 2$ d) $x + 2$

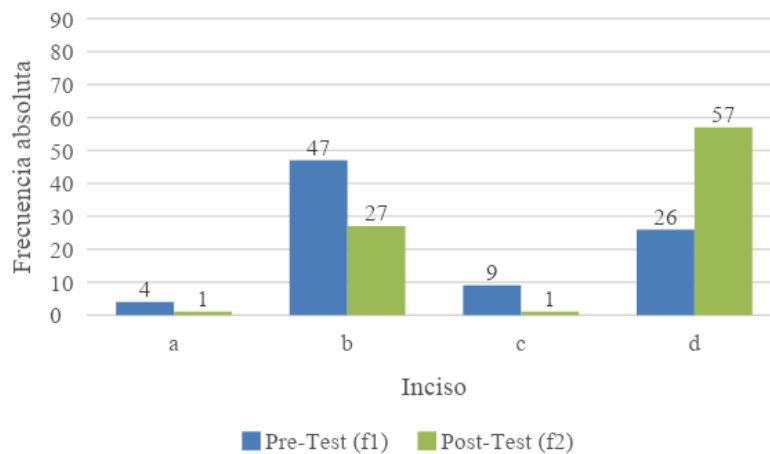
Tabla 15

Resultados del ítem 5 en el pre y post test

	Pre-Test (f₁)	Post-Test (f₂)	% Pre-Test	% Post-Test	f₂-f₁	%Post-%Pre
a	4	1	4.6%	1.2%	-3	-3.4%
b	47	27	54.7%	31.3%	-20	-23.4%
c	9	1	10.5%	1.2%	-8	-9.3%
d	26	57	30.2%	66.3%	31	36.1%
Total	86	86	100%	100%	0	0%

Figura 29

Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 5 en pre y post test



Ligada a la pregunta anterior, el 66.3% de los alumnos logran relacionar el concepto de ecuación al de igualdad, ya que se muestra un incremento del 36.1% en la selección del inciso correcto. Sin embargo, en el inciso ‘b’ donde se plantea una ecuación con una multiplicación, es la segunda opción más seleccionada durante el post test y la primera en el pre test, lo que muestra una noción de ecuación ligada a las operaciones de suma y resta y, no aún a otras operaciones aritméticas de mayor jerarquía.

Lo que se explica a partir de la clasificación del nivel de complejidad de las ecuaciones a partir de la teoría de carga cognitiva, en la cual se indica que, si bien todas las ecuaciones propuestas en este ítem son de un paso, la relación entre los elementos de la ecuación del inciso ‘b’ (multiplicación) la hace ser una de mayor complejidad (Ngu y Phan, 2016) (ADM-17). Pese a esto, se aprecia un decremento en la selección de este inciso en un 23.4% entre ambas pruebas.

C. Resolución de ecuaciones

El siguiente apartado se conforma de tres preguntas relacionadas al procedimiento de resolución de una ecuación lineal mediante la propiedad uniforme, teniendo la primera de éstas una adición, la segunda una sustracción y la tercera una multiplicación. Ecuaciones con un incremento progresivo en su complejidad por la naturaleza de sus elementos (Ngu y Phan, 2016) (ADM-17).

Ítem 6. De los siguientes procedimientos, ¿cuál es correcto para resolver la ecuación?

a) $x + 5 = 11$ $x + 5 - 5 = 11 + 5$ $x = 16$	b) $x + 5 = 11$ $x + 5 - 5 = 11 - 5$ $x = 6$	c) $x + 5 = 11$ $x + 5 + 5 = 11 + 5$ $x = 16$	d) $x + 5 = 11$ $x + 5 + 5 = 11 - 5$ $x = 6$
---	--	---	--

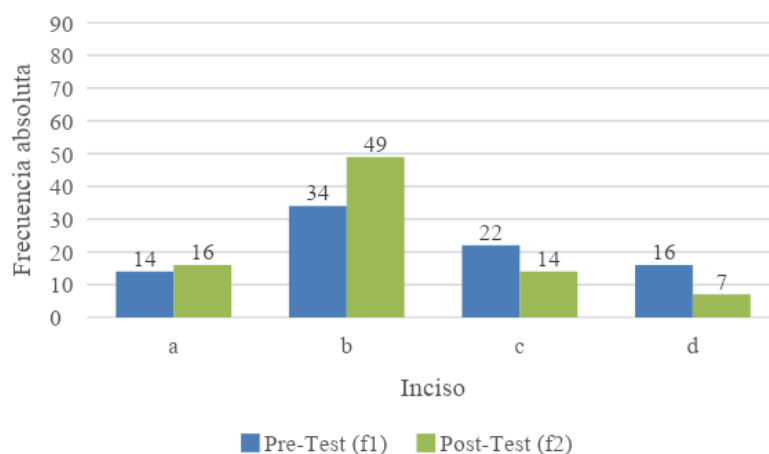
Tabla 16

Resultados del ítem 6 en el pre y post test

	Pre-Test (f ₁)	Post-Test (f ₂)	% Pre-Test	% Post-Test	f ₂ -f ₁	%Post-%Pre
a	14	16	16.3%	18.6%	2	2.3%
b	34	49	39.5%	57.0%	15	17.5%
c	22	14	25.6%	16.3%	-8	-9.3%
d	16	7	18.6%	8.1%	-9	-10.5%
Total	86	86	100%	100%	0	0%

Figura 30

Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 6 en pre y post test



Se aprecia un incremento entre ambas pruebas de un 17.5% por la opción correcta, siendo del 57% en el post test; lo cual, al apenas superar la mitad del total, se evidencia una dificultad en la noción y aplicación de la propiedad uniforme. Esto debido a que los incisos 'a' y 'c' son los más seleccionados luego de la respuesta correcta, lo cual muestra, por un lado, una ausencia de sentido de la propiedad uniforme al no mantenerse la igualdad al agregar números simétricos

a ambos miembros de la ecuación (caso del inciso ‘a’), mientras que, por otro lado, una ausencia de sentido respecto a la intencionalidad de agregar cantidades a una ecuación, el de reducir cantidades para encontrar la raíz de la ecuación (caso del inciso ‘c’).

Asimismo, los incisos ‘a’ y ‘c’ son los que proponen una solución incorrecta a la ecuación independientemente del procedimiento, lo cual es una evidencia de que los alumnos que seleccionaron estas opciones no utilizaron el cálculo mental para intuir la respuesta, lo cual sí puede atribuirse al 8.1% que seleccionaron el inciso ‘d’.

Ítem 7. De los siguientes procedimientos, ¿cuál es correcto para resolver la ecuación?

a) $m - 3 = 22$ $m - 3 + 3 = 22 +$ $m = 25$	b) $m - 3 = 22$ $m - 3 - 3 = 22 -$ $m = 19$	c) $m - 3 = 22$ $m - 3 + 3 = 22 - 3$ $m = 19$	d) $m - 3 = 22$ $m - 3 - 3 = 22 +$ $m = 25$
---	---	---	---

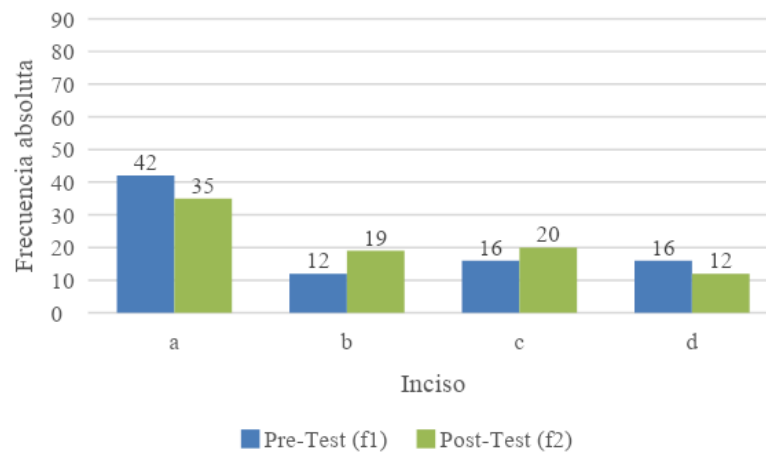
Tabla 17

Resultados del ítem 7 en el pre y post test

	Pre-Test (f ₁)	Post-Test (f ₂)	% Pre-Test	% Post-Test	f ₂ -f ₁	%Post-%Pre
a	42	35	48.8%	40.7%	-7	-8.1%
b	12	19	14.0%	22.0%	7	8.0%
c	16	20	18.6%	23.3%	4	4.7%
d	16	12	18.6%	14.0%	-4	-4.6%
Total	86	86	100%	100%	0	0%

Figura 31

Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 7 en pre y post test



En este ítem se presenta una disminución del 8.1% en la selección del resultado correcto en el post test respecto al pre test. Lo cual puede deberse a que, en la secuencia de aprendizaje del videotutorial no se explica un ejemplo de una ecuación que contenga una resta como operación debido a no alargar la duración de éste; por lo que, el alumno no asimiló esta ecuación como un caso inverso de otra que tuviera una suma. Esto se debe al nivel de complejidad mayor que implica una ecuación de esta forma en el alumno por la naturaleza de su elemento negativo de acuerdo con la TCC (Ngu y Phan, 2016) (ADM-17).

Asimismo, al igual que en el ítem 6, los incisos que registran un incremento entre pruebas son aquellos cuyo resultado no resuelve la ecuación, 'b' y 'c', a diferencia de la 'd' que sí lo hace pese a que no aplica correctamente la propiedad uniforme. Lo cual refuerza lo descrito en el ítem anterior sobre la ausencia de sentido en la aplicación de la propiedad uniforme y la intencionalidad de utilizarla para resolver una ecuación.

Ítem 8. De los siguientes procedimientos, ¿cuál es correcto para resolver la ecuación?

a)	$6(a) = 30$	b)	$6(a) = 30$	c)	$6(a) = 30$	d)	$6(a) = 30$
	$\frac{6(a)}{30} = \frac{30}{30}$		$6(a) - 6 = 30 - 6$		$\frac{6(a)}{6} = \frac{30}{6}$		$6(a) - 6 = \frac{30}{6}$
			$a = 24$				

$$a = 1$$

$$a = 5$$

$$a = 5$$

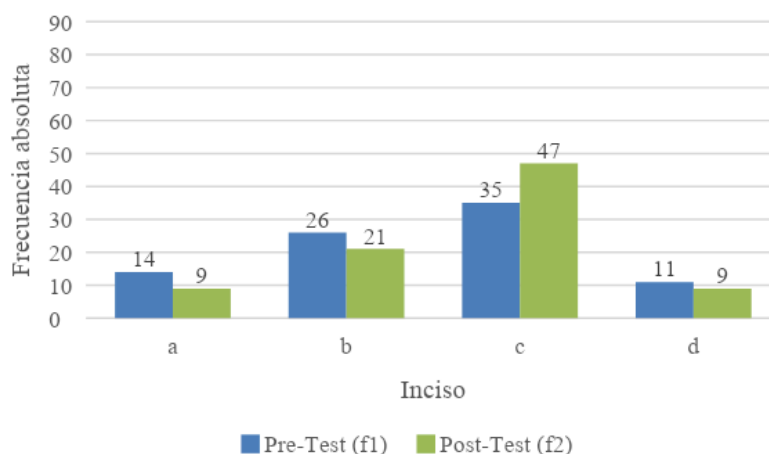
Tabla 18

Resultados del ítem 8 en el pre y post test

	Pre-Test (f ₁)	Post-Test (f ₂)	% Pre-Test	% Post-Test	f ₂ -f ₁	%Post-%Pre
a	14	9	16.3%	10.5%	-5	-5.8%
b	26	21	30.2%	24.4%	-5	-5.8%
c	35	47	40.7%	54.6%	12	13.9%
d	11	9	12.8%	10.5%	-2	-2.3%
Total	86	86	100%	100%	0	0%

Figura 32

Frecuencia absoluta por inciso para el ítem 8 en pre y post test



Por último, en este ítem, el 54.6% logra asociar la aplicación de la propiedad uniforme en la ecuación de manera correcta. Lo cual, pese a ser un ligero incremento respecto al pre test (13.9%) y que apenas supera la mitad del total, puede considerarse un resultado relativamente positivo debido a que esta ecuación contiene un nivel mayor de complejidad respecto a las anteriores de acuerdo con la TCC (ADM-17). Siento esto atribuible al videotutorial ya que un caso similar se desarrolla en éste (caso contrario del ítem 7).

El resto de los incisos muestran un decremento entre las pruebas, siendo el 'b' el más seleccionado de ellos en el post test, el cual aplica de manera correcta la propiedad uniforme al agregar en ambos miembros de la ecuación el mismo elemento, pero cuya forma de hacerlo no

funciona para reducir operaciones de distinta jerarquía. Por lo que se observa una ausencia de sentido en cuanto a las operaciones aritméticas y la interpretación del paréntesis como suma (Tettay *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2019) (ADM-13), ya que, de ser así, al comprobar la ecuación quedaría como $24 + 6 = 30$, lo cual es cierto, pero no es el significado del paréntesis.

4.3 Prueba de confiabilidad para la encuesta con escala Likert: Percepción del videotutorial

Para medir la confiabilidad del instrumento, usamos la prueba del coeficiente de Cronbach, se señala en la literatura que un valor para Alpha mayor a 0.70 implica una fiabilidad interna adecuada, en este caso vemos que el valor es de 0.90, por lo que podemos afirmar que el instrumento es confiable. Asimismo, cuando el valor es de más de 0.90 significa que hay ítems redundantes y que estarían midiendo lo mismo, este no es el caso, vemos también que para posteriores aplicaciones los valores del Alpha de Cronbach no cambian si se eliminan ítems.

Figura 33

Estadística de confiabilidad del total de ítems

RELIABILITY

/VARIABLES= P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07 P08 P09 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16 P17 P18 P19 P20 P21 P22 P23 P24 P25 P26 P27 P28 P29 P30

/MODEL=ALPHA

/SUMMARY = TOTAL.

Escala: ANY

Resumen del proceso de casos

Casos	N	Porcentaje
Válido	87	98.9%
Excluido	1	1.1%
Total	88	100.0%

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.90	30

Estadísticas de total de ítems

	Escalar la mediana si se borra el elemento	Escalar la varianza si se borra el elemento	Correlación total-ítem corregida	Alfa de Cronbach si se borra el elemento
La música es desagradable	124.75	165.70	.37	.90
El volumen de la música es adecuado	124.57	168.50	.21	.90
La música no distrae del contenido del video	124.40	166.69	.28	.90
Las imágenes son agradables	124.41	165.64	.45	.90
El uso de los colores es agradable	124.61	160.08	.52	.90
Las imágenes no distraen del contenido	124.63	161.72	.48	.90
La información importante se resalta visualmente	124.59	163.55	.40	.90
La Info importante se resalta auditivamente	124.92	158.56	.59	.90
No se incluye texto que es leído por el narrador	125.15	164.94	.21	.91
Las imágenes aparecen al mismo tiempo que se mencionan	124.46	162.79	.48	.90
Las imágenes están cerca del texto relacionado	125.02	160.30	.51	.90
Se explican todos los conceptos necesarios	124.57	164.92	.38	.90
Las imágenes se explican verbalmente, no con texto	124.70	164.75	.35	.90
La duración del video es adecuada	124.49	165.53	.39	.90
El ritmo es adecuado, no lento ni rápido	124.64	160.63	.60	.90
El lenguaje es como el de una conversación contigo	124.99	156.99	.60	.90
La voz del narrador es atractiva	125.03	157.03	.57	.90
La pronunciación es adecuada	124.46	165.04	.41	.90
El narrador interactúa con el contenido que explica	124.64	157.98	.58	.90
El narrador interactúa contigo como profesor	124.99	158.92	.52	.90
Se presentan ejercicios adecuados resueltos por pasos	124.40	165.73	.43	.90
El video te involucra activamente en las preguntas o actividades	125.17	158.31	.51	.90
Los subtítulos son adecuados	124.67	162.69	.42	.90
El tipo de letra y su tamaño es legible	124.72	159.85	.57	.90
Se cubrieron mis expectativas con respecto al tema	124.70	160.98	.54	.90
El video contribuyó a mi motivación	124.75	159.80	.52	.90
Me siento capaz de implementar lo enseñado en el video	124.90	163.14	.37	.90
Me gustó el videotutorial	124.33	163.48	.52	.90
Recomiendo este videotutorial a otros compañeros	124.39	161.54	.59	.90
Me gustaría más videotutoriales de este tipo	124.59	158.64	.62	.90

Considerando por separado el aspecto de la motivación:

Figura 34

Estadística de confiabilidad de los ítems referentes a la motivación

```
RELIABILITY
/VARIABLES= P01 P04 P05 P25 P26 P27 P28 P29 P30
/MODEL=ALPHA
/SUMMARY = TOTAL.
```

Escala: ANY

Resumen del proceso de casos

Casos	N	Porcentaje
Válido	87	98.9%
Excluido	1	1.1%
Total	88	100.0%

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.81	9

Estadísticas de total de ítems

	Escalar la mediana si se borra el elemento	Escalar la varianza si se borra el elemento	Correlación total-ítem corregida	Alfa de Cronbach si se borra el elemento
La música es desagradable	35.23	18.92	.24	.82
Las imágenes son agradables	34.90	18.02	.49	.79
El uso de los colores es agradable	35.09	16.60	.46	.80
Se cubrieron mis expectativas con respecto al tema	35.18	16.66	.53	.79
El video contribuyó a mi motivación	35.23	15.90	.55	.78
Me siento capaz de implementar lo enseñado en el video	35.38	16.68	.44	.80
Me gustó el videotutorial	34.82	16.94	.63	.78
Recomiendo este videotutorial a otros compañeros	34.87	16.60	.64	.77
Me gustaría más videotutoriales de este tipo	35.07	15.88	.62	.77

Considerando el principio de congruencia:

Figura 35

Estadística de confiabilidad de los ítems referentes al principio de congruencia

```
RELIABILITY
/VARIABLES= P02 P03 P06
/MODEL=ALPHA
/SUMMARY = TOTAL.
```

Escala: ANY

Resumen del proceso de casos

Casos	N	Porcentaje
Válido	87	98.9%
Excluido	1	1.1%
Total	88	100.0%

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.65	3

Estadísticas de total de ítems

	Escalar la mediana si se borra el elemento	Escalar la varianza si se borra el elemento	Correlación total-ítem corregida	Alfa de Cronbach si se borra el elemento
El volumen de la música es adecuado	8.94	2.19	.27	.78
La música no distrae del contenido del video	8.77	1.48	.63	.32
Las imágenes no distraen del contenido	9.00	1.42	.53	.46

Eliminando la variable 2:

Figura 36

Estadística de confiabilidad del principio de congruencia para sólo dos ítems

RELIABILITY
/VARIABLES= P03 P06
/MODEL=ALPHA
/SUMMARY = TOTAL.

Escala: ANY

Resumen del proceso de casos

Casos	N	Porcentaje
Válido	87	98,9%
Excluido	1	1,1%
Total	88	100,0%

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.78	2

Estadísticas de total de ítems

	Escalar la mediana si se borra el elemento	Escalar la varianza si se borra el elemento	Correlación total-ítem corregida	Alfa de Cronbach si se borra el elemento
La música no distrae del contenido del video	4,36	.74	.64	NaN
Las imágenes no distraen del contenido	4,59	.59	.64	NaN

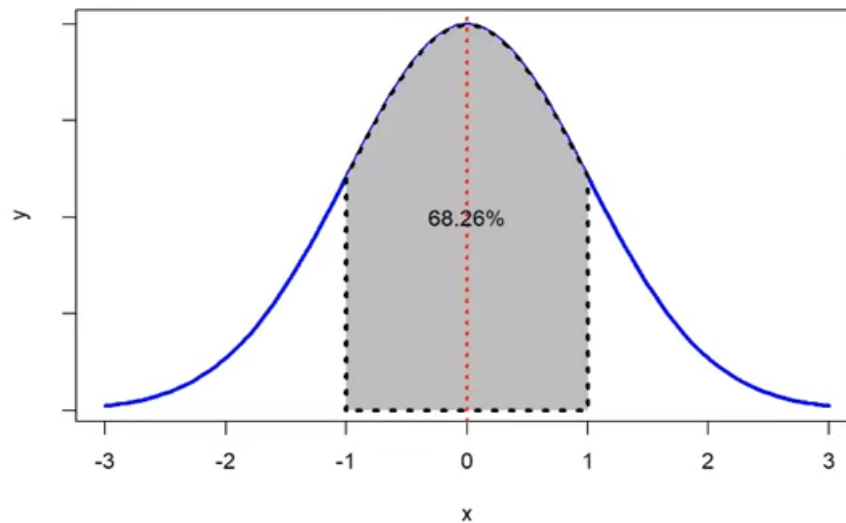
Análisis de la forma general en cómo respondieron los estudiantes

Se construye la variable suma, que está definida como suma de los valores de las variables P01 a P30. Esto asigna un puntaje a cada estudiante.

En una distribución normal, en -1 a 1 desviaciones estándar se encuentran el 68.26% de los datos, entonces, dividiremos en tres segmentos más o menos homogéneos los datos:

Figura 37

Desviación estándar



Para el caso de la variable suma, tenemos los descriptivos siguientes:

Figura 38

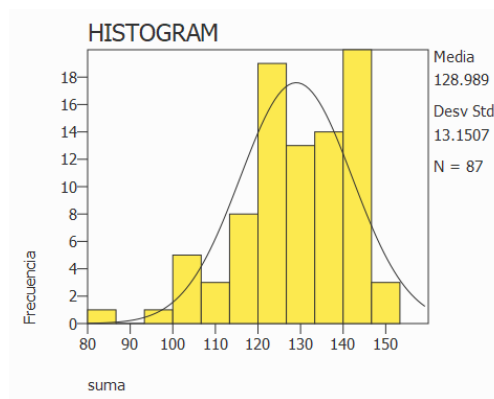
Estadísticos descriptivos para la variable suma

DESCRIPTIVES
/VARIABLES= suma.

Estadísticos Descriptivos					
	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
suma	87	128.99	13.15	85	150
N Válido (listwise)	88				
N perdido (listwise)	1				

Figura 39

Histograma de estadísticos descriptivos para la variable suma



Se dividirán en tres intervalos, considerando el 75% de la desviación estándar a la derecha e izquierda del valor de la media, por lo que los límites del intervalo central quedan de la siguiente manera:

$Media - 0.75 * desviación\ estándar = 128.99 - 0.75(13.15) = 119.13$, se toma 119 como el primer corte.

$Media + 0.75 * desviación\ estándar = 128.99 + 0.75(13.15) = 138.85$, se toma 139 como el segundo corte.

Se hizo una recodificación de la variable suma en otra llamada Intervalos, en la que se asignó 1, 2 y 3 a los tres intervalos definidos con estos dos valores y se sacaron las tablas y gráficos de frecuencia:

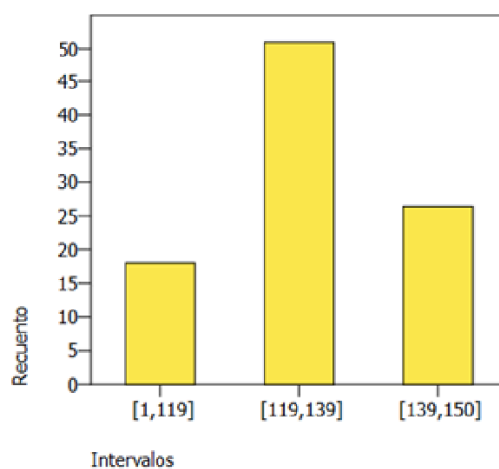
Figura 40

Intervalos

Intervalos					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Válido	[1,119]	18	20.5%	20.7%	20.7%
	[119,139]	46	52.3%	52.9%	73.6%
	[139,150]	23	26.1%	26.4%	100.0%
Perdidos	.	1	1.1%		
Total		88	100.0%		

Figura 41

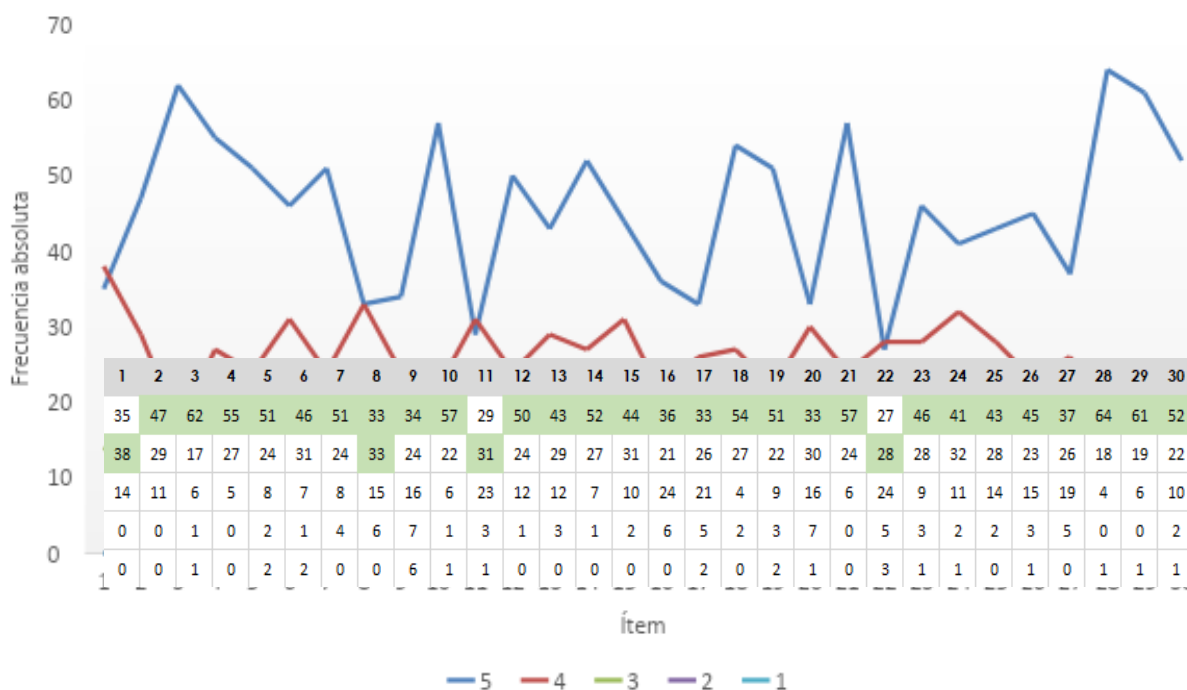
Gráfico de barras de los intervalos



En este caso vemos que la mayoría de los estudiantes da una calificación general media (52%) y alta (26%).

Figura 42

Poligonales de frecuencias absolutas por ítem de la encuesta Likert



Nota: Se remarca en color verde la moda de cada ítem.

En la Figura 42 se observan las poligonales que representan las frecuencias absolutas que se obtuvieron de cada valor de la escala Likert en los distintos ítems; asimismo, en la tabla inferior se desglosan dichas frecuencias y se remarca la moda de cada ítem. Con lo cual se observa que, la moda se ubica en ‘*muy de acuerdo*’ (valor máximo) en 26 de los 30 ítems de la encuesta, mientras que del resto, hay una del tipo bimodal con ‘*muy de acuerdo*’ y ‘*de acuerdo*’ (ítem 8) y tres en las que, por una diferencia estrecha, se encuentra en ‘*de acuerdo*’ (ítems 1, 11 y 22). Lo cual sugiere una tendencia general de haber sido bien recibido el videotutorial por parte de los alumnos.

Esta tendencia se refuerza con el hecho de que el 82.5% de las valoraciones hechas por los alumnos se encuentran entre ‘*muy de acuerdo*’ y ‘*de acuerdo*’, los dos niveles máximos (5 y 4, respectivamente); mientras que el 17.5% se ubica entre ‘*neutral*’, ‘*poco de acuerdo*’ y ‘*nada de acuerdo*’ (3, 2 y 1, respectivamente).

Por otro lado, dos de los tres ítems mejor evaluados respecto a la moda corresponden con la motivación: *‘me gustó el videotutorial’* (ítem 28) y *‘recomiendo este videotutorial a otros compañeros’* (ítem 29). Mientras que el tercero es referente al principio de coherencia en el audio de la TCAM: *‘la música no distrae del contenido del video’* (ítem 3). Otros ítems bien evaluados a partir de la sumatoria de las frecuencias absolutas del nivel 4 y 5 son: *‘las imágenes son agradables’* (ítem 4), *‘la pronunciación de las palabras por parte de la narradora es adecuada’* (ítem 18) y *‘se presentan ejercicios adecuados resueltos paso a paso’* (ítem 21). Los cuales son ítems igualmente relacionados con la motivación y los principios de la TCAM.

Por el contrario, considerando la sumatoria de las frecuencias absolutas de los niveles 1, 2 y 3, los ítems peor evaluados son: *‘no se incluye texto en pantalla que es leído por la narradora’* (ítem 9), *‘las imágenes están cerca del texto en pantalla con las que se relaciona’* (ítem 11), *‘el lenguaje de la narradora es como el de una conversación entre tú y ella’* (ítem 16), *‘la voz de la narradora es atractiva’* (ítem 17) y *‘el video te involucra activamente al darte tiempo para contestar ciertas preguntas o realizar algunas actividades’* (ítem 22). Todos ellos son ítems relacionados con los principios de la TCAM: de la redundancia, de la contigüidad espacial, de la personalización, de la voz y del compromiso.

4.4 Análisis de los resultados de la encuesta con escala Likert

La encuesta con escala de Likert tiene 30 preguntas que se enfocan en medir la percepción de los alumnos respecto a la aplicación de los principios de la TCAM, la motivación que genera y su accesibilidad. En este sentido, el análisis se realiza de acuerdo con estas tres secciones, lo cual determina el orden de las preguntas. Asimismo, el siguiente análisis se enfoca en los aspectos pedagógicos y estéticos que se contemplaron en el diseño del video para el desarrollo del aprendizaje (apartado 3.5).

A. Percepción sobre la aplicación de los principios de la TCAM en el videotutorial

En este apartado se analizan los siguientes ítems de acuerdo con el principio de la TCAM que corresponde: 2, 3 y 6 (de coherencia de audio y video); 7 y 8 (de señalización); 9 (de redundancia); 10 y 11 (de contigüidad espacial y temporal); 12 (de pre entrenamiento); 13 (de

modalidad); 14 y 15 (de segmentación); 16 (de personalización); 17 y 18 (de la voz); 19 (de encarnación); 20 (de la personificación o del agente); 21 (de los ejemplos resueltos); y 22 (del compromiso).

1. Principio de coherencia (audio y visual)

Este principio lo componen los ítems 2, 3 y 6. Los cuales están relacionados a que no existan sonidos o imágenes que se conviertan en un distractor para el espectador. En este sentido, se observa que los alumnos consideraron en un promedio del 59.4%, estar ‘*muy de acuerdo*’ en que el videotutorial no cuenta con material distractor, tanto de audio como de video, mientras que el 29.5% está ‘*de acuerdo*’. Por lo que entre ambos niveles (5 y 4), en promedio se tiene un 88.9% de valoración positiva y el restante para los niveles más bajos (3, 2 y 1). Con esto se cumple con los criterios de diseño AP-4 y AP-12.

Tabla 19

Resultados del ítem 2 de la encuesta con escala Likert

Ítem 2: El volumen de la música es apropiada			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	47	54.0%	54.0%
De acuerdo	29	33.3%	87.4%
Neutral	11	12.6%	100.0%
Poco de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 20

Resultados del ítem 3 de la encuesta con escala Likert

Ítem 3: La música no distrae del contenido del video			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	62	71.3%	71.3%
De acuerdo	17	19.5%	90.8%
Neutral	6	6.9%	97.7%
Poco de acuerdo	1	1.1%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 21*Resultados del ítem 6 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 6: Las imágenes no distraen del contenido del video			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	46	52.9%	52.9%
De acuerdo	31	35.6%	88.5%
Neutral	7	8.0%	96.6%
Poco de acuerdo	1	1.1%	97.7%
Nada de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Total	87	100.0%	

2. Principio de señalización

Este principio lo componen los ítems 7 y 8, el cual se refiere a señalar la información importante del video, visual y auditivamente.

De tal forma que, en cuanto a lo visual, el 58.6% de los alumnos estuvo ‘*muy de acuerdo*’ con esta afirmación y el 27.6% estuvo ‘*de acuerdo*’. Acumulando así, entre ambas, un promedio del 86.2%. Mientras que, en cuanto al audio, la moda se divide entre ‘*muy de acuerdo*’ y ‘*de acuerdo*’ con un 37.9% en cada una, acumulando un 75.9% entre las dos. Por lo que, el porcentaje acumulado promedio de ambos ítems para estos niveles es del 81.1%. Cumpliendo así con el criterio de diseño AP-13.

Tabla 22*Resultados del ítem 7 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 7: La información importante del video se resalta visualmente			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	51	58.6%	58.6%
De acuerdo	24	27.6%	86.2%
Neutral	8	9.2%	95.4%
Poco de acuerdo	4	4.6%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 23

Resultados del ítem 8 de la encuesta con escala Likert

Ítem 8: La información importante del video se resalta auditivamente			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	33	37.9%	37.9%
De acuerdo	33	37.9%	75.9%
Neutral	15	17.2%	93.1%
Poco de acuerdo	6	6.9%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

3. Principio de redundancia

Este principio lo compone el ítem 9, el cual hace referencia a evitar texto que es leído por el lector o que, muestran de manera simultánea imágenes, texto y narración. Por lo que la recomendación es evitar poner demasiado texto en pantalla. En este sentido, los alumnos consideraron en un 39.1% estar ‘*muy de acuerdo*’ con ello, sin embargo, el 33.3% lo consideró como ‘*neutral*’, ‘*poco de acuerdo*’ o ‘*nada de acuerdo*’. De tal manera que, éste es uno de los ítems peor evaluados de la encuesta.

Por lo que, surge la disyuntiva de la posible interpretación del alumno sobre los subtítulos como ‘texto leído’, ya que los textos en el videotutorial son principalmente títulos, siendo la oración más extendida el “despejar la literal”. De tal manera que, se atribuye este bajo resultado en la percepción del alumno a la confusión generada por la pregunta.

Tabla 24*Resultados del ítem 9 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 9: No se incluye texto en pantalla que es leído por la narradora			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	34	39.1%	39.1%
De acuerdo	24	27.6%	66.7%
Neutral	16	18.4%	85.1%
Poco de acuerdo	7	8.0%	93.1%
Nada de acuerdo	6	6.9%	100.0%
Total	87	100.0%	

4. Principio de contigüidad espacial y temporal

Este principio lo componen los ítems 10 y 11. El primero de ellos se refiere a la sincronización temporal entre el audio y el video, al cual el 65.5% de los alumnos lo consideraron con un nivel 5, mientras que el 25.3% con un nivel 4; acumulando así entre ambos el 90.8% del total. Por lo que es una valoración positiva que cumple con los criterios de diseño AP-15 y AE-5.

En cambio, para la proximidad espacial entre elementos gráficos y texto (contigüidad espacial), la valoración disminuye al 33.3% para el nivel 5 e incrementa a un 35.6% para el nivel 4, siendo éste la moda del ítem; acumulando entre ambos porcentajes un 69%. Siendo este ítem uno de los peores evaluados de la encuesta, lo cual puede deberse a la confusión generada por la pregunta sobre un aspecto que no sucede en el videotutorial, ya que éste no cuenta con imágenes que se relacionen con textos en pantalla. Pese a ello, la valoración promedio entre los porcentajes acumulados por los niveles 4 y 5, es del 79.9% para el principio de contigüidad espacial y temporal.

Tabla 25*Resultados del ítem 10 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 10: Las imágenes aparecen en pantalla al mismo tiempo en que la narración las menciona			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	57	65.5%	65.5%
De acuerdo	22	25.3%	90.8%
Neutral	6	6.9%	97.7%
Poco de acuerdo	1	1.1%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 26*Resultados del ítem 11 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 11: Las imágenes están cerca del texto en pantalla con las que se relaciona			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	29	33.3%	33.3%
De acuerdo	31	35.6%	69.0%
Neutral	23	26.4%	95.4%
Poco de acuerdo	3	3.4%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

5. Principio de pre entrenamiento

Este principio lo compone el ítem 12, el cual hace referencia a explicar los conceptos y vocabulario especializado a utilizar dentro del videotutorial. En este sentido, los alumnos consideraron la aplicación de este principio como ‘*muy de acuerdo*’ con un 57.5%; mientras que el 27.6% lo considera como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre los dos valores más altos, el 85.1%. Cumpliendo así con los criterios de diseño AP-16 y ADM-1.

Tabla 27*Resultados del ítem 12 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 12: Se explican todos los conceptos o vocabulario necesarios para entender el tema			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	50	57.5%	57.5%
De acuerdo	24	27.6%	85.1%
Neutral	12	13.8%	98.9%
Poco de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

6. Principio de modalidad

Este principio lo compone el ítem 13, el cual hace referencia a explicar verbalmente los gráficos o imágenes que aparezcan en pantalla en lugar de hacerlo con texto. De tal manera que, los alumnos consideraron la aplicación de este principio como ‘*muy de acuerdo*’ con un 49.4%; mientras que el 33.3% lo considera como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre los dos valores más altos, el 82.8%. Cumpliendo así con el criterio de diseño AP-17.

Tabla 28*Resultados del ítem 13 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 13: Las imágenes se explican verbalmente y no con texto en pantalla			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	43	49.4%	49.4%
De acuerdo	29	33.3%	82.8%
Neutral	12	13.8%	96.6%
Poco de acuerdo	3	3.4%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

7. Principio de segmentación

Este principio lo componen los ítems 14 y 15, los cuales tienden a valorar la percepción del alumno sobre la duración del videotutorial y el ritmo de éste, es decir, no sólo es importante que el video sea corto, sino también que la explicación sea adecuada al ritmo de aprendizaje del alumno, por lo que se retoma esta pregunta en el apartado de accesibilidad.

Es así que, para el ítem 14, el 59.8% de los alumnos lo consideraron con un nivel 5, mientras que el 31.0% con un nivel 4; acumulando así entre ambos el 90.8% del total. En cambio, para el ítem 15, la valoración es del 50.6% para el nivel 5 y del 35.6% para el nivel 4; acumulando entre ambos porcentajes un 86.2%. De tal manera que, entre los dos porcentajes acumulados de los niveles 4 y 5 de ambos ítems, se promedia con un 88.5% para el principio en cuestión, cumpliendo así con los criterios AP-18 y AP-25.

Tabla 29

Resultados del ítem 14 de la encuesta con escala Likert

Ítem 14: La duración del video es adecuada			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	52	59.8%	59.8%
De acuerdo	27	31.0%	90.8%
Neutral	7	8.0%	98.9%
Poco de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 30

Resultados del ítem 15 de la encuesta con escala Likert

Ítem 15: El ritmo de la explicación es adecuada para la comprensión del contenido; es decir, ni tan rápida ni tan lenta			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	44	50.6%	50.6%
De acuerdo	31	35.6%	86.2%
Neutral	10	11.5%	97.7%
Poco de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

8. Principio de personalización

Este principio lo compone el ítem 16, sobre el lenguaje conversacional que debe desarrollar el narrador. Los alumnos consideraron la aplicación de este principio como ‘*muy de acuerdo*’ con un 41.4%; mientras que el 24.1% lo considera como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre los dos valores más altos, el 65.5%. Siendo éste uno de los promedios acumulados más

bajos, por lo que se podría trabajar más en este principio para mejorar su aplicación y cumplir de mejor manera los criterios de diseño AP-5, AP-7, AP-19, AP-27 y AP-28.

Tabla 31

Resultados del ítem 16 de la encuesta con escala Likert

Ítem 16: El lenguaje de la narradora es como el de una conversación entre tú y ella			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	36	41.4%	41.4%
De acuerdo	21	24.1%	65.5%
Neutral	24	27.6%	93.1%
Poco de acuerdo	6	6.9%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

9. Principio de voz

Este principio lo componen los ítems 17 y 18 que abordan la voz y dicción de la narración. En cuanto a la voz, el 37.9% de los alumnos considera estar ‘*muy de acuerdo*’ en que es atractiva, el 29.9% menciona estar ‘*de acuerdo*’ y el 32.2% lo considera de ‘*neutral*’, ‘*poco de acuerdo*’ o ‘*nada de acuerdo*’. Estos tres porcentajes son muy similares, por lo que la opinión es divergente en este ítem dado su carácter subjetivo, siendo así uno de los evaluados más bajo.

En contraste, el ítem 18 es uno de los mejores evaluados de la encuesta con el 62.1% de las valoraciones como ‘*muy de acuerdo*’ y el 31.0% como ‘*de acuerdo*’; acumulando así entre ambos niveles un 93.1% del total. De tal manera que, entre los porcentajes acumulados de los niveles 5 y 4 de ambos ítems, el promedio es de 80.5%, siendo éste aceptable para la aplicación del principio, por lo que se cumple con el criterio de diseño AP-20.

Tabla 32*Resultados del ítem 17 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 17: La voz de la narradora es atractiva			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	33	37.9%	37.9%
De acuerdo	26	29.9%	67.8%
Neutral	21	24.1%	92.0%
Poco de acuerdo	5	5.7%	97.7%
Nada de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 33*Resultados del ítem 18 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 18: La pronunciación de las palabras por parte de la narradora es adecuada			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	54	62.1%	62.1%
De acuerdo	27	31.0%	93.1%
Neutral	4	4.6%	97.7%
Poco de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

10. Principio de encarnación

Este principio lo compone el ítem 19 sobre la interacción que genera el narrador con el contenido que presenta. De tal manera que, los alumnos consideraron la aplicación de este principio como ‘*muy de acuerdo*’ con un 58.6%; mientras que el 25.3% lo considera como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre los dos valores más altos, el 83.9%. Cumpliendo así con el criterio de diseño AP-21, sin embargo, las interacciones que realiza el docente con el contenido son puntuales, por lo que quizás éstas se puedan ampliar para generar mayor dinamismo.

Tabla 34*Resultados del ítem 19 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 19: La narradora interactúa con el contenido que explica			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	51	58.6%	58.6%
De acuerdo	22	25.3%	83.9%
Neutral	9	10.3%	94.3%
Poco de acuerdo	3	3.4%	97.7%
Nada de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Total	87	100.0%	

11. Principio de la personificación o del agente

Este principio lo compone el ítem 20, el cual se relaciona con la presencia de una figura docente durante el videotutorial. En este sentido, la percepción del 37.9% de los alumnos es que la narradora sí representa a esta figura educativa, pero muy cercano está el 34.5% que le da un valor de 4 en esta escala y el 27.6% lo considera con un valor de 3 hacia abajo. De tal forma que, el porcentaje acumulado del nivel 4 y 5 es del 72.4%, siendo éste un porcentaje bajo en comparación de otros de los ítems. Por lo que se puede seguir trabajando en este principio para dar mayor cumplimiento a los criterios AP-8 y AP-22.

Esto puede sugerir que, la presencia de la narradora no se interpreta como un docente ante el alumno, lo cual puede ser positivo en el sentido de generar una mayor cercanía.

Tabla 35*Resultados del ítem 20 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 20: La narradora interactúa contigo como un profesor			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	33	37.9%	37.9%
De acuerdo	30	34.5%	72.4%
Neutral	16	18.4%	90.8%
Poco de acuerdo	7	8.0%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

12. Principio de los ejemplos resueltos

Este principio lo compone el ítem 21 sobre la presencia de ejemplos explicados paso a paso durante el videotutorial. De tal manera que, los alumnos consideraron la aplicación de este principio como ‘*muy de acuerdo*’ con un 65.5%; mientras que el 27.6% lo considera como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre los dos valores más altos, el 93.1%. Siendo así uno de los ítems mejor evaluados de la encuesta, por lo que cumple con el criterio de diseño AP-23.

Tabla 36

Resultados del ítem 21 de la encuesta con escala Likert

Ítem 21: Se presentan ejercicios adecuados resueltos paso a paso			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	57	65.5%	65.5%
De acuerdo	24	27.6%	93.1%
Neutral	6	6.9%	100.0%
Poco de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

13. Principio del compromiso

Este principio lo compone el ítem 22, el cual se refiere al involucramiento del alumno para el desarrollo de actividades o tareas específicas durante el videotutorial. En este sentido, los alumnos consideraron la aplicación de este principio como ‘*muy de acuerdo*’ con un 31.0%; mientras que el 32.2% lo considera como ‘*de acuerdo*’ y el 36.8% lo considera como ‘*neutro*’, ‘*poco de acuerdo*’ o ‘*nada de acuerdo*’. Siendo este ítem uno de los peor evaluados al acumular entre los dos valores más altos, tan sólo el 63.2%. Por lo que, la aplicación de este principio es un aspecto para mejorar el cumplimiento del criterio de diseño AP-24.

Tabla 37

Resultados del ítem 22 de la encuesta con escala Likert

Ítem 22: El video te involucra activamente al darte tiempo para contestar ciertas preguntas o realizar algunas actividades			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	27	31.0%	31.0%
De acuerdo	28	32.2%	63.2%
Neutral	24	27.6%	90.8%
Poco de acuerdo	5	5.7%	96.6%
Nada de acuerdo	3	3.4%	100.0%
Total	87	100.0%	

B. Motivación que general el videotutorial

En este apartado se analizan los siguientes ítems relacionados con la motivación: 1, 4, 5, 25, 26, 27, 28, 29 y 30.

Los ítems 1, 4 y 5 están dirigidos a la percepción visual y auditiva de los elementos gráficos y sonoros utilizados durante el videotutorial como elementos motivadores por su estética. En este sentido, el 40.2% de los alumnos valoraron como ‘*muy de acuerdo*’ a la afirmación sobre que la música es atractiva; mientras que el 43.7% lo considera como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre los dos valores más altos, el 83.9%. Siendo éste uno de los tres ítems cuya moda se encuentra en el nivel 4.

En cambio, el 63.2% de los alumnos valoraron como ‘*muy de acuerdo*’ a la afirmación sobre que las imágenes son atractivas; mientras que el 31.0% lo considera como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre los dos valores más altos, el 94.3%. Y respecto al uso agradable de los colores, el 58.6% lo considera como ‘*muy de acuerdo*’ y el 27.6% como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre los dos valores más altos, el 86.2%.

De esta manera, el porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5 promedian para los tres ítems un 88.1%. Por lo que se cumple con los criterios de diseño AE-1, AE-2, AE-3 y AE-8.

Tabla 38*Resultados del ítem 1 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 1: La música es agradable			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	35	40.2%	40.2%
De acuerdo	38	43.7%	83.9%
Neutral	14	16.1%	100.0%
Poco de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 39*Resultados del ítem 4 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 4: Las imágenes son agradables			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	55	63.2%	63.2%
De acuerdo	27	31.0%	94.3%
Neutral	5	5.7%	100.0%
Poco de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 40*Resultados del ítem 5 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 5: El uso de los colores es agradable			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	51	58.6%	58.6%
De acuerdo	24	27.6%	86.2%
Neutral	8	9.2%	95.4%
Poco de acuerdo	2	2.3%	97.7%
Nada de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Total	87	100.0%	

Por otro lado, los ítems 25, 26, 27, 28, 29 y 30 valoran la motivación generada respecto a la sensación del alumno luego de la visualizar el videotutorial.

De tal manera que, el ítem 25 está dirigido a conocer el nivel de satisfacción de las expectativas del alumno respecto al tema, para lo cual, el 49.4% de los alumnos lo valoraron como ‘*muy de acuerdo*’ y el 32.2% como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre estos dos valores el 81.6% del total (Tabla 41).

Asimismo, el ítem 26 mide qué tanto contribuyó el videotutorial en la motivación del alumno por el tema, a lo cual, el 51.7% de los alumnos lo valoraron como ‘*muy de acuerdo*’ y el 26.4% como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre estos dos valores el 78.2% del total (Tabla 42).

Tabla 41

Resultados del ítem 25 de la encuesta con escala Likert

Ítem 25: Se cubrieron mis expectativas respecto al tema			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	43	49.4%	49.4%
De acuerdo	28	32.2%	81.6%
Neutral	14	16.1%	97.7%
Poco de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 42

Resultados del ítem 26 de la encuesta con escala Likert

Ítem 26: El video contribuyó a aumentar mi motivación por el tema			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	45	51.7%	51.7%
De acuerdo	23	26.4%	78.2%
Neutral	15	17.2%	95.4%
Poco de acuerdo	3	3.4%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

Mientras que, el ítem 27 se relaciona con lo capaz que se siente el alumno en implementar lo aprendido, valorando el 42.5% como ‘*muy de acuerdo*’ y el 29.9% como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre estos dos valores el 72.4% del total (Tabla 43). Siendo éste el

porcentaje acumulado más bajo de esta serie de ítems, lo cual indica una cierta inseguridad por parte de algunos alumnos sobre lo aprendido, lo cual se relaciona con la baja evaluación obtenida en los ítems 7, 8 y 9 de las pruebas pre y post test sobre la resolución de la ecuación lineal aplicando la propiedad uniforme.

Tabla 43

Resultados del ítem 27 de la encuesta con escala Likert

Ítem 27: Me siento capaz de implementar lo enseñado en el video			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	37	42.5%	42.5%
De acuerdo	26	29.9%	72.4%
Neutral	19	21.8%	94.3%
Poco de acuerdo	5	5.7%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

Por otro lado, los ítems 28 y 29 fueron los mejor evaluados de toda la encuesta, siendo el 28 el mejor y, el 29, el segundo mejor.

El ítem 28 corresponde con el gusto personal que le generó el videotutorial al alumno. En este sentido, el 73.6% de los alumnos lo valoraron como ‘*muy de acuerdo*’ y el 20.7% como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre estos dos valores el 94.3% del total (Tabla 44). Mientras que el ítem 29 se refiere a si el alumno recomendaría el videotutorial a otras personas, para lo cual, el 70.1% de los alumnos lo valoraron como ‘*muy de acuerdo*’ y el 21.8% como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre estos dos valores el 92.0% del total (Tabla 45).

Tabla 44*Resultados del ítem 28 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 28: Me gustó el videotutorial			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	64	73.6%	73.6%
De acuerdo	18	20.7%	94.3%
Neutral	4	4.6%	98.9%
Poco de acuerdo	0	0.0%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 45*Resultados del ítem 29 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 29: Recomiendo este videotutorial a otros compañeros			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	61	70.1%	70.1%
De acuerdo	19	21.8%	92.0%
Neutral	6	6.9%	98.9%
Poco de acuerdo	0	0.0%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

Mientras que, en el ítem 30, correspondiente a si le gustarían al alumno más videotutoriales de este tipo, el 59.8% de los alumnos lo valoraron como ‘*muy de acuerdo*’ y el 25.3% como ‘*de acuerdo*’; acumulando así, entre estos dos valores el 85.1% del total (Tabla 46).

Tabla 46*Resultados del ítem 30 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 30: Me gustarían más videotutoriales de este tipo			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	52	59.8%	59.8%
De acuerdo	22	25.3%	85.1%
Neutral	10	11.5%	96.6%
Poco de acuerdo	2	2.3%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

De esta manera, los ítems del 25 al 30, promedian un 83.9% de sus porcentajes acumulados para los niveles 4 y 5. Por lo que es un resultado positivo para la motivación generada en el alumno, por lo que se considera que se cumple con el criterio de diseño AP-1.

C. Accesibilidad del videotutorial

En este apartado se analizan los siguientes ítems: 5, 15, 23 y 24. Los cuales están relacionados con la percepción de los colores, el ritmo de la explicación, los subtítulos y la tipografía. Si bien los ítems 5 y 15 ya fueron abordados anteriormente, se retoman en este apartado para su análisis desde la accesibilidad del contraste de los colores para personas con baja visión y atendiendo a los distintos ritmos de aprendizaje de los alumnos.

Con ello se busca incluir a la mayor cantidad de alumnos posibles, desde aquellos que tienen debilidad visual parcial, distintos ritmos de aprendizaje, los que sufren de alguna discapacidad auditiva y/o dislexia.

En este sentido, para el ítem 5 se considera que, si un alumno no interpreta del todo bien los colores, no daría un valor alto a estos por ser agradables, en este sentido, el 58.6% de los alumnos consideraron como *‘muy de acuerdo’* la afirmación sobre el uso agradable del color y el 27.6% como *‘de acuerdo’*, acumulando entre ambos el 86.2% del total. Por lo que se considera que, el uso de colores contrastes para facilitar la visualización de la información es adecuada, cumpliendo así con los criterios de diseño AP-11, AP-30, AE-6 y AE-14.

Tabla 47

Resultados del ítem 5 de la encuesta con escala Likert

Ítem 5: El uso de los colores es agradable			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	51	58.6%	58.6%
De acuerdo	24	27.6%	86.2%
Neutral	8	9.2%	95.4%
Poco de acuerdo	2	2.3%	97.7%
Nada de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Total	87	100.0%	

Por otro lado, el ítem 15 aborda el ritmo de la explicación, la cual debe ser pertinente para que todo alumno sea capaz de seguirlo. En este sentido, la valoración es del 50.6% para el nivel 5 y del 35.6% para el nivel 4; acumulando entre ambos porcentajes un 86.2%. Por lo que se considera que, con ello, se da cumplimiento a los criterios AP-26 (Tabla 48).

El ítem 23 corresponde con el uso de los subtítulos como medida de accesibilidad a personas con discapacidad auditiva. Para lo cual, se obtuvo como resultados que el 52.9% de los alumnos consideraron como ‘*muy de acuerdo*’ la afirmación sobre el uso de subtítulos y el 32.2% como ‘*de acuerdo*’, acumulando entre ambos el 85.1% del total (Tabla 49). Con ello se da cumplimiento a los criterios de diseño AP-10.

Finalmente, el ítem 24 corresponde con el uso de una tipografía adecuada para facilitar la su lectura a personas con y sin dislexia. Se obtuvo como resultados que el 47.1% de los alumnos consideraron como ‘*muy de acuerdo*’ la afirmación sobre la legibilidad de la tipografía y el 36.8% como ‘*de acuerdo*’, acumulando entre ambos el 83.9% del total (Tabla 50). Con ello se da cumplimiento a los criterios de diseño AP-31.

Tabla 48

Resultados del ítem 15 de la encuesta con escala Likert

Ítem 15: El ritmo de la explicación es adecuada para la comprensión del contenido; es decir, ni tan rápida ni tan lenta			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	44	50.6%	50.6%
De acuerdo	31	35.6%	86.2%
Neutral	10	11.5%	97.7%
Poco de acuerdo	2	2.3%	100.0%
Nada de acuerdo	0	0.0%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 49*Resultados del ítem 23 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 23: Los subtítulos son adecuados			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	46	52.9%	52.9%
De acuerdo	28	32.2%	85.1%
Neutral	9	10.3%	95.4%
Poco de acuerdo	3	3.4%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

Tabla 50*Resultados del ítem 24 de la encuesta con escala Likert*

Ítem 24: El tipo de letra y su tamaño es legible			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy de acuerdo	41	47.1%	47.1%
De acuerdo	32	36.8%	83.9%
Neutral	11	12.6%	96.6%
Poco de acuerdo	2	2.3%	98.9%
Nada de acuerdo	1	1.1%	100.0%
Total	87	100.0%	

De esta manera, los ítems 5, 15, 23 y 24, promedian un 85.4% de sus porcentajes acumulados para los niveles 4 y 5. Por lo que es un resultado positivo para la accesibilidad del videotutorial, por lo que se considera que se cumple con los criterios de diseño AP-10, AP-11, AP-26, AP-30, AP-31, AE-6 y AE-14.

Capítulo 5: Conclusiones

A partir del análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación del videotutorial como recurso para el aprendizaje y la motivación descritos en los capítulos anteriores, en el presente capítulo se responde a la pregunta de investigación, se comprueba la hipótesis y el cumplimiento de los objetivos.

Esto se argumenta con base en los resultados obtenidos en el capítulo anterior, lo cual permite realizar una serie de afirmaciones en torno a las fortalezas y áreas de oportunidad del videotutorial desde los aspectos curriculares y didácticos matemáticos identificados como adecuados para el aprendizaje y, desde los pedagógicos y estéticos, para la motivación. A partir de los cuales, se realizan una serie de sugerencias para el mejoramiento del videotutorial, de las pruebas pre y post test y de la encuesta con escala Likert.

Por otro lado, se dan algunas ideas de investigación para futuros estudios y, finalmente, se presenta una reflexión personal sobre la producción en general de un videotutorial de matemáticas para el aprendizaje y la motivación y, sobre el propio desarrollo profesional docente.

5.1 Conclusiones generales

Para concluir el presente documento, es necesario responder a la pregunta de desarrollo profesional, confirmar la hipótesis y determinar el alcance de los objetivos planteados en el capítulo 1 a partir del análisis e interpretación de resultados descritos en el capítulo anterior.

Por lo que, retomando la pregunta de desarrollo profesional: *¿Puede un videotutorial sobre la noción de la ecuación lineal que considere aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos, generar aprendizaje y motivación en el alumno sobre dicho objeto matemático?*

Se afirma que, de manera concreta, un videotutorial sí puede generar aprendizaje y motivación en el alumno en torno a la noción de la ecuación lineal si se consideran desde su diseño y producción los aspectos relacionados con el plan de estudios de secundaria (curriculares); los errores, obstáculos, dificultades y las estrategias didácticas de la ecuación

lineal reportadas en la literatura especializada (didácticos matemáticos); la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (pedagógicos), la psicología del color y de la forma (estéticos).

De tal forma que, se confirma la hipótesis planteada, la cual especifica al videotutorial como recurso generador de aprendizaje y motivación si se consideran los aspectos relevantes para ello, antes mencionados.

Esto se afirma con base en los resultados obtenidos en el pre y post test, en los cuales se muestra un incremento significativo entre pruebas del 32.55% en los ítems referentes a las nociones de literal y de ecuación lineal (ítems 2, 3, 4 y 5). Con lo cual, se evidencia que el videotutorial logra introducir la noción y simbolización algebraica de la ecuación lineal como una igualdad con un valor desconocido, por lo que es relevante curricularmente al promover la definición establecida en el currículo mexicano (SEP, 2017).

Respecto al ítem 1, relacionado con los conocimientos previos del alumno en cuanto a la igualdad como una equivalencia entre expresiones, los resultados no demuestran un fortalecimiento de este concepto por parte del videotutorial, sin embargo, la asertividad es aceptable ya que el 86% logró responder de manera correcta. Con lo cual, se explica en parte los buenos resultados en los ítems 3, 4 y 5, ya que, al existir bases sólidas de este concepto, la introducción a la noción de la ecuación lineal será más satisfactoria. Por lo que, es importante rescatar este conocimiento previo y resignificarlo como una equivalencia entre expresiones, y no sólo como un signo para colocar el resultado de una operación, antes de abordar la ecuación lineal.

En cuanto a los ítems 6, 7 y 8, los cuales se relacionan con identificar el procedimiento correcto en la resolución de ecuaciones a través de la aplicación de la propiedad uniforme, los resultados muestran un incremento en dos de ellos (los correspondientes a una ecuación con una suma y la otra a una multiplicación) del 15.7%; mientras que en el otro (respecto a una ecuación con una resta) hay un decremento del -8.1%. Obteniéndose un promedio entre los 3 ítems de un 7.8%, siendo éste el más bajo de los resultados en el pre y post test, por lo que, el videotutorial contribuyó ligeramente en la resolución de ecuaciones mediante la propiedad uniforme.

Por lo anterior, se concluye que el videotutorial alcanzó el objetivo general en cuanto a ser un recurso para el aprendizaje de la noción de ecuación lineal en alumnos de primer grado de

secundaria al considerar los aspectos curriculares y didácticos matemáticos. Sin embargo, se debe tener presente que el videotutorial es un primer acercamiento a este concepto matemático, por lo que debe ser complementado mediante otras estrategias didácticas, u otros videos que den continuidad a la secuencia de aprendizaje para ampliar y profundizar en su noción y en su resolución.

Asimismo, cabe mencionar que la introducción de la noción de ecuación se realiza a través de un problema contextual, esto no significa que el alumno haya logrado desarrollar habilidades de formulación de ecuaciones; su propósito va encaminado a mostrar la parte utilitaria en el contexto cercano del alumno. Lo cual está relacionado al nuevo modelo educativo 2022 propuesto por la SEP, en el cual se incentiva la transversalidad de las distintas disciplinas del conocimiento para alcanzar aprendizajes más integrales y significativos en el alumno, de tal forma que, en este videotutorial, se relacionan las Matemáticas con las Artes Visuales.

Por otro lado, en cuanto a la motivación, la evidencia recabada por la encuesta con escala de Likert (conformada por 30 preguntas) señala que el 82.5% de los alumnos valoraron con 4 y 5 (máximos valores de la escala) al videotutorial en cuanto a la aplicación de los principios de la TCAM, la motivación que genera y su accesibilidad; mientras que el 17.5% lo hace con 1, 2 y 3.

De tal forma que, la tendencia demuestra que el videotutorial es un recurso motivador para el alumno al considerar los aspectos pedagógicos y estéticos basados en la TCAM, la psicología del color y la psicología de la forma. Con ello se alcanza el objetivo general en cuanto a la motivación desarrollada por el videotutorial en torno a la noción de la ecuación lineal.

En este sentido, la aplicación de los principios que tienen un carácter visible o demostrable de la TCAM son bien recibidos por parte de los alumnos, variando entre el 80.5% y el 93.1% del porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5. Estos son los relacionados con que el videotutorial no contiene material distractor (coherencia), la información importante es resaltada (señalización), se explica el vocabulario a utilizar (pre entrenamiento), se explican verbalmente las imágenes (modalidad), la duración y el ritmo es adecuado (segmentación), la narración es adecuada (de voz), hay interacción entre el narrador y el contenido (encarnación) y si se muestran ejemplos explicados paso a paso (de ejemplos resueltos).

Por el contrario, en los principios de la TCAM que tienen un carácter más subjetivo para el espectador o, que la pregunta correspondiente podría ser confusa, se obtuvieron resultados más dispersos; variando entre el 63.2% y el 79.9% del porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5. Estos principios son los relacionados con el texto en pantalla que es leído por la narradora (redundancia), la proximidad entre los textos e imágenes relacionadas (contigüidad espacial y temporal), el lenguaje conversacional utilizado por la narradora como adecuado (personalización), la narradora como una figura docente (personificación o del agente) y si se involucra al alumno por parte del videotutorial (compromiso). De tal forma que, al ser estos principios los evaluados más bajo de toda la encuesta por parte de los alumnos, se proponen algunas mejoras en el siguiente apartado.

En cambio, los ítems mejor evaluados de toda la encuesta se refieren a la motivación generada en el alumno. Por un lado, el 88.1% (porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5) de los alumnos considera que los elementos gráficos y sonoros utilizados durante el videotutorial son adecuados como elementos motivadores por su estética.

Mientras que 83.9% de los alumnos evalúa como positivo los ítems relacionados a la satisfacción de expectativas, el aumentar la motivación, el sentirse capaz de implementar lo aprendido, el gusto por videotutorial, la sensación de recomendarlo y el gusto por más videotutoriales de este tipo. Siendo los ítems relacionados con el gusto por el videotutorial y si lo recomendaría, los mejor evaluados de toda la encuesta, mientras que, el que corresponde con sentirse capaz por implementar lo aprendido, es el más bajo de esta sección de la encuesta. Esto se relaciona con la dificultad de aplicar la propiedad uniforme en la prueba post test, lo cual reafirma el hecho de atender de mejor manera este aspecto mediante una mayor diversidad de ejemplos.

Por otro lado, en cuanto al contraste de los colores, el uso de subtítulos, el atender el ritmo de aprendizaje y la elección de la tipografía, son elementos de accesibilidad utilizados en el videotutorial que están bien valorados por la percepción de los alumnos con un 85.4% (porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5). Con lo cual se muestra que estos no son una interferencia para aquellos que no los necesitan, pero sí útiles para quienes los requieren.

De esta manera, se concluye que el videotutorial logra el objetivo general al cumplir de manera positiva con lo requerido en el plan de estudios de secundaria y hacer buen uso de lo

reportado en la literatura especializada sobre los errores, obstáculos, dificultades y las estrategias didácticas de la ecuación lineal, los principios de la TCAM, la psicología del color y de las formas. Esto con el fin de generar aprendizaje y motivación en el alumno sobre la noción de la ecuación lineal y que, además, tenga la mejor accesibilidad posible para un mayor alcance en la población.

De modo que, los tres primeros objetivos particulares, relacionados con identificar en la literatura los aspectos sobre el currículo, la didáctica matemática, la pedagogía y la estética; se lograron durante el capítulo 2 (Marco Referencial) al identificarse criterios relevantes para el aprendizaje y la motivación. A partir de los cuales, en el capítulo 3 (Metodología), se cumplió el cuarto objetivo particular al diseñar un videotutorial que integrara todos estos criterios relevantes para la educación. Mientras que el quinto y último objetivo, se desarrolló entre los capítulos 3 (Metodología) y 4 (Análisis), al consistir éste en la valoración del aprendizaje y motivación generados.

Sin embargo, existen varias áreas de oportunidad para el videotutorial, los pruebas pre y post test, y la encuesta con escala Likert; las cuales se describen en el siguiente apartado con el fin de obtener mejores resultados en el aprendizaje y la motivación, así como mejores instrumentos de medición.

5.2 Áreas de oportunidad

A) Mejoras recomendadas al videotutorial:

1) Se sugiere desarrollar con un ritmo más pausado cada uno de los momentos de la secuencia de aprendizaje que aborde la noción de la ecuación lineal desde los conocimientos previos de la igualdad y su analogía como balanza. De tal manera que, el alumno pueda ir asimilando y diferenciando cada uno de los conceptos abordados y, evitar con ello, generar obstáculos didácticos por la confusión entre estos.

Lo anterior se recomienda por el incremento observado entre pruebas del 8.1% en el ítem 1 del inciso 'a' que sugiere al concepto de igualdad como un valor faltante, y de un 16.3% en el ítem 3 en el mismo inciso que menciona a la ecuación como una balanza. Lo cual muestra que, si

bien todos estos son conceptos abordados dentro del videotutorial, no se logran diferenciar del todo claro para todos los alumnos.

2) Se sugiere mostrar ecuaciones con distintas operaciones básicas. Ya que en el ítem 5, donde se pregunta cuál de las expresiones matemáticas no es una ecuación, el inciso 'b' con la expresión $5(6) = a$, es la segunda más seleccionada en el post test con un 31.3%, lo cual es un porcentaje alto pese a su decremento entre pruebas del -23.4%. Lo que muestra una noción de ecuación ligada a las operaciones de suma y resta y, no aún a otras operaciones aritméticas de mayor jerarquía.

3) Se sugiere extender el tipo y cantidad de ejemplos dados en la resolución de ecuaciones mediante la propiedad uniforme. Esto debido a que hubo un decremento del -8.1% en la asertividad del ítem 7 referente a la ecuación con una resta. Lo cual se explica a partir de que, en la secuencia de aprendizaje del videotutorial no se proporciona un ejemplo de una ecuación que contenga una resta como operación debido a no alargar la duración de éste; por lo que, el alumno no asimiló esta ecuación como un caso inverso de otra que tuviera una suma, ya que los números negativos y las operaciones de multiplicación y división implican una mayor complejidad (Ngu y Phan, 2016).

En cambio, en los dos ejemplos dados en el videotutorial (de suma y multiplicación) sí se obtuvo un incremento en la asertividad, lo cual indica la importancia de ejemplificar mediante distintas ecuaciones.

De tal manera que, se profundice en la aplicación de la propiedad uniforme y de la intencionalidad de utilizarla como estrategia para resolver una ecuación. Puesto que, dentro de los resultados de los incisos incorrectos para los ítems 6, 7 y 8, se observa que la mayoría de los alumnos que seleccionaron estas opciones no utilizaron el cálculo mental para intuir el resultado, ya que seleccionaron los incisos que no tenían el resultado correcto independientemente de la aplicación de la propiedad uniforme.

4) Se sugiere que la secuencia de aprendizaje se divida en varios videotutoriales de corta duración, secuenciados y organizados. Esto debido a lo expuesto en los tres puntos anteriores, lo cual implica una ampliación en la duración del videotutorial, por lo que, en lugar de ser un video muy extenso, sean varios pero cortos, agrupados en una lista de reproducción en YouTube.

5) Se sugiere mejorar el discurso de la narradora mediante un mayor uso del humor (Lijó *et al.*, 2020; Beautemps y Bresges, 2021) y su interacción como docente. Esto para atender la percepción del alumno sobre los principios de personalización y personificación o del agente de la TCAM (65.5% y 72.4% de porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5, respectivamente).

6) Se sugiere involucrar activamente al alumno mediante preguntas, tareas específicas y ejercicios al final del videotutorial. Asimismo, de ser posible, se puede complementar con recursos de aprendizaje como monografías, ejercicios, enlaces web, etc. Con ello se atiende el principio de compromiso de la TCAM (63.2% de porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5).

B) Mejoras recomendadas a las pruebas pre y post test, “Mi aprendizaje del videotutorial”:

7) Se sugiere no incluir preguntas sobre la resolución de ecuaciones mediante la propiedad uniforme que no se hayan ejemplificado en el videotutorial. Especialmente cuando éstas representen, de acuerdo con la TCC, una mayor complejidad por su grado de interactividad, la naturaleza de los elementos que la componen (tipos de números) o el número de relaciones (Ngu y Phan, 2016). Esto debido a lo descrito en la sugerencia número 3.

C) Mejoras recomendadas a la encuesta con escala de Likert, “Percepción del videotutorial”:

8) Se sugiere sustituir la afirmación del ítem 9 (*No se incluye texto en pantalla que es leído por la narradora*) sobre el principio de redundancia de la TCAM, por: “*Ningún texto extenso fue leído por la narradora durante el video, sin considerar los subtítulos*”.

Esto debido a que sólo el 66.7% (porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5) de los alumnos considera que no hay texto en pantalla que es leído por la narradora; por lo cual, el porcentaje restante (33.3%) considera que sí. De manera que, al sólo aparecer títulos en pantalla y ningún otro texto, es que se atribuye a que los alumnos consideraron a los subtítulos como ‘texto leído’, por lo que hubo confusión en la afirmación que se planteó.

9) Se sugiere sustituir la afirmación del ítem 11 (*Las imágenes están cerca del texto en pantalla con las que se relaciona*) sobre el principio de contigüidad espacial y temporal de la TCAM, por: “*Si se da el caso de que exista una imagen que se relacione con un texto, estos están cercanos.*”.

Lo anterior se debe a que el 69% (porcentaje acumulado de los niveles 4 y 5) considera que hay una proximidad entre los textos e imágenes relacionadas (contigüidad espacial); por lo que el porcentaje restante (31%) considera que no existe tal relación. De tal forma que, se atribuye esta razón a una confusión en la pregunta, ya que en el video no hay imágenes y textos que se relacionen.

5.3 A futuro

El video aquí presentado desarrolla una secuencia de aprendizaje completa, desde el rescate de conocimientos previos, desarrollo de conceptos, institucionalización, ejemplos algebraicos y de situaciones contextuales. Por lo que la duración del videotutorial fue una limitante para la profundización de los conceptos y para la aplicación de la propiedad uniforme en la resolución de ecuaciones; en este sentido, se sugiere investigar la eficacia de secuencias de aprendizaje basadas en una serie de videos que consideren los aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos para generar aprendizaje y motivación en el alumno a través de una lista de reproducción en YouTube.

Así también, pueden validarse o mejorarse la metodología y los criterios necesarios para la realización de un videotutorial de matemáticas utilizando otros objetos matemáticos y/u otros niveles educativos.

Otra idea de investigación sugerida es diseñar una rúbrica para la valoración didáctica de un videotutorial con base en los criterios descritos por Beutemps y Bresges (2021) y Romero *et al.* (2017), complementada con los criterios especificados por los principios de la TCAM, la teoría del color y de la forma. En la cual se desglose una serie de niveles para cada ítem que incluyan un descriptor que facilite al docente valorar cada criterio en el videotutorial analizado.

5.4 Reflexión personal

Es importante que el profesional que diseñe videotutoriales en torno a distintos objetos matemáticos tenga conocimiento de los propios contenidos, del currículo de su contexto, de la didáctica matemática (estrategias de aprendizaje, obstáculos, dificultades y errores), de la pedagogía en recursos multimedia (TCAM y accesibilidad) y de los aspectos estéticos para el aprendizaje (psicología del color y de la forma). Asimismo, el estar familiarizado con las distintas etapas de producción de un video, desde la creación del guion, montaje del set, manejo de equipo de filmación, edición mediante software especializado y difusión del producto. Todo esto con creatividad, didáctica y fundamentos teóricos y prácticos.

Por lo que, un aporte importante de esta investigación es la validación de una metodología para el diseño instruccional basado en videotutoriales, que permitan abordar tanto los elementos didácticos involucrados como los elementos audiovisuales adecuados para la enseñanza aprendizaje del tema en cuestión. Siendo esto útil particularmente a los generadores de contenido en las diversas plataformas de videos que existen en internet, así como para los profesores que decidan implementar este tipo de recursos de aprendizaje como complemento a sus estrategias didácticas y para los centros escolares con programas en línea que desarrollan su propio material audiovisual.

En este sentido, la planeación del guion es fundamental para construir la secuencia de aprendizaje y valorar los recursos con los que se cuenta para su desarrollo. Un guion adecuado permite un ahorro en el tiempo de ejecución, en el esfuerzo implicado y en los recursos materiales utilizados. Por esta razón, otro aporte importante de esta investigación es el formato de guion técnico para videos educativos que tengan un sustento teórico en criterios de diseño basados en aspectos curriculares, didácticos matemáticos, pedagógicos y estéticos.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que un videotutorial como el que se presenta en esta investigación implica mucho tiempo de desarrollo desde su concepción, análisis, diseño, producción y edición; por lo que se recomienda el trabajo colaborativo con personas especializadas en las distintas áreas de desarrollo del video, de tal forma que se pueda elevar el nivel de calidad y cantidad de producción de estos recursos audiovisuales.

En este sentido, el videotutorial de esta investigación se pone a disposición a cualquier persona interesada en aprender o enseñar la noción de la ecuación lineal, ya sean padres de familia y alumnos que busquen un recurso audiovisual como apoyo en su aprendizaje o, profesores que busquen complementar su secuencia didáctica; el videotutorial está disponible en el siguiente enlace de YouTube: <https://youtu.be/ZWbKtntTjMI>

Además, este videotutorial es la prueba piloto desarrollada para el proyecto Teoremática, con el cual, se adquirieron múltiples aprendizajes sobre la didáctica matemática, el currículo, los aspectos pedagógicos, estéticos y técnicos durante su diseño, producción y evaluación. Los cuales son una base para continuar desarrollando más y mejores videotutoriales.

Finalmente, como profesor, reconozco y reafirmo la importancia de la profesionalización docente debido a que ésta nos permite vislumbrar con distintos ojos el quehacer en el aula, nos dota de herramientas y nos muestra cómo buscarlas para enfrentar los retos que surgen en el aula.

En este sentido, la Maestría en Matemática Educativa significa un cambio importante en mi desarrollo profesional docente al permitirme reflexionar de manera más amplia sobre el origen de los errores al considerar los distintos obstáculos y/o dificultades que se presentan. Y, a partir de ello, actuar en consecuencia mediante secuencias didácticas que atiendan las necesidades, los intereses y los estilos de aprendizaje de los alumnos. Esto es particularmente importante para mí debido a que mi formación profesional no estaba relacionada con la educación, por lo que, el aprendizaje desarrollado durante este período es muy sustancial.

Asimismo, el conocimiento adquirido me incentiva a la producción de mi propio material educativo, como materiales didácticos (*fraccioma*), libro de texto y videotutoriales que, en conjunto, puedan reforzar mi práctica docente en beneficio de mis alumnos.

Referencias

- Acuña, M. (2023, 3 de noviembre). *Psicología del color: Estímulos para aprender en ambientes virtuales*. Evirtualplus.
<https://www.evirtualplus.com/psicologia-del-color-en-ambientes-virtuales/>
- Alonso, F., Barbero, C., Fuentes, I., Azcárate, A., Dozagarat, J., Gutiérrez, S., Ortiz, M., Rivière, V., & Da Veiga, C. (1993). *Ideas y actividades para enseñar álgebra*. Síntesis.
https://www.academia.edu/41340993/IDEAS_Y_ACTIVIDADES_PARA_ENSEÑAR_AL_GEBRA
- Aparicio, F. (1985). Diseño, producción y experimentación de un curso audiovisual en video para la enseñanza de la ingeniería de los vehículos automóviles. *Madrid: Plan Nacional de Investigación educativa*. <http://hdl.handle.net/11162/83967>
- Aponte, A., & Arrieche, M. J. (2007). Significados personales de las ecuaciones de primer grado con una incógnita en estudiantes de educación básica. En J. Ortiz y M. Iglesias (Eds.), *VI COVEM, UPEL Maracay* (pp. 367-377).
- Arredondo, L., & Aguilar, T. (2018). *Matemáticas I*. Santillana.
<https://flipbook.santillana.com.mx/libromedia/espacios-creativos/cmt1-ec/mobile.html>
- Ascencio, O. (2021). *Propuesta Didáctica para la Resolución de Sistemas de Ecuaciones Lineales de 2X2 con Coeficientes Enteros Utilizando el Método de Sustitución en Secundaria* [Tesis de maestría no publicada, Universidad Autónoma de Zacatecas].
<http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/2930>
- Astika, R., Astra, I., Makmuri, M., Sumarni, S., Andika, W., & Palupi, E. (2021). Survey of Elementary School Teacher Needs on Video Learning Mathematics Based on Contextual Teaching and Learning in Palembang City (Similarity). *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 251-260.
- Azzara, E., Dughera, L., & Bordignon, F. (2022). Revisión bibliográfica: el fenómeno YouTube y las prácticas de enseñanza y de aprendizaje. *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0*, 26(1), 341–360.
- Bassignana, J. R., & Asuaga, C. (2020). El recurso audiovisual como herramienta pedagógica en tiempos de covid-19: un análisis empírico sobre su eficiencia en la Universidad de la República, Uruguay. *Revista del Instituto Internacional de Costos*, (17), 5.

- Beautemps, J., & Bresges, A. (2021). What Comprises a Successful Educational Science YouTube Video? A Five-Thousand User Survey on Viewing Behaviors and Self-Perceived Importance of Various Variables Controlled by Content Creators. *Frontiers in Communication*, 137.
- Bell, L., & Bull, G. (2010). Digital video and teaching. *Contemporary issues in technology and teacher education*, 10(1), 1-6.
- Bell, L., & Bull, G. (Eds.) (2010). *Teaching with digital video: Watch, analyze, create*. International Society for Technology in Education.
- Bello, I. (1999). Álgebra elemental. Internacional Thomson Editoriales, S.A. de C.V.
- Beltrán-Pellicer, P., & Giacomone, B. (2021). Una primera aproximación al análisis de videos educativos de estadística: el caso de la mediana. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 106, 53-61.
- Beltrán-Pellicer, P., Burgos, M., & Giacomone, B. (2021). Análisis de videos educativos en línea por estudiantes de máster de secundaria. En Diago, P. D., Yáñez D. F., González-Astudillo, M. T. y Carrillo, D. (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIV* (pp. 157 – 164). Valencia: SEIEM.
- Beltrán-Pellicer, P., Giacomone, B., & Burgos, M. (2018). Online educational videos according to specific didactics: the case of mathematics/Los Videos educativos en línea desde las didácticas específicas: el caso de las matemáticas. *Cultura y Educación*, 30(4), 633-662.
- Benítez, A., Rodríguez, V., & Utray, F. (2013). *Guion técnico y planificación de la realización*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Bottge, B., Heinrichs, M., Chan, S., Mehta, Z., & Watson, E. (2003). Effects of video-based and applied problems on the procedural math skills of average-and low-achieving adolescents. *Journal of Special Education Technology*, 18(2), 5-22.
- Boy, B., Bucher, H. J., & Christ, K. (2020). Audiovisual science communication on TV and YouTube. How recipients understand and evaluate science videos. *Frontiers in Communication*, 112.
- Bravo, E., Amante, B., Simo, P., Enache, M., & Fernandez, V. (2011). Video as a new teaching tool to increase student motivation. In *IEEE global engineering education conference (EDUCON)* (pp. 638-642). IEEE.

- Bravo, L. (2021). Investigaciones anteriores al confinamiento por la COVID-19 sobre el uso de YouTube y los adolescentes. *Sintaxis*, (7), 155-175.
- Brunvand, S. (2010). Best practices for producing video content for teacher education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 10(2), 247-256.
- Burgos, M., & Castillo, M. (2021). Criterios de idoneidad emitidos por futuros maestros de primaria en la valoración de videos educativos de matemáticas. *Uniciencia*, 35(2), 291-307.
- Burgos, M., Beltrán-Pellicer, P., & Godino, J. D. (2020). La cuestión de la idoneidad de los videos educativos de matemáticas. *Revista española de pedagogía*, 78(275), 27-50.
- Cabero, J., & Valencia, R. (2021). Y el COVID-19 transformó al sistema educativo: reflexiones y experiencias por aprender. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 15, 218-228.
- Cabero, J. (2020). Aprendiendo del tiempo de la COVID-19. *Revista Electrónica Educare*, 24(Suppl. 1), 4-6.
- Cabero, J., & Llorente, C. (2020). Covid-19: Transformación radical de la digitalización en las instituciones universitarias. *Campus Virtuales*, 9(2), 25-34.
- Cambronero, B., Segarra, J., & Cristófol, C. (2021). Análisis desde la perspectiva de género del engagement de los principales youtubers de divulgación científica = Analysis of the engagement of the main popular science youtubers from a gender perspective. *Cuestiones de género: de la igualdad y la diferencia*, (16), 511-525.
- Canté, J. F., Morales, F., & Pulido, E. (2017). Psicología del color aplicada a los cursos virtuales para mejorar el nivel de aprendizaje en los estudiantes. *Gráfica*, 5(9), 51-56.
- Casado, E., Ortegon, J., & Blanqueto, M. (2019). Videos tutoriales para el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales de primer orden. *AMIUTEM*, 7(2), 21-36.
- Castillo, L. (2004). *Biblioteconomía. Segundo cuatrimestre. Curso 2004-2005. Tema 5. Análisis documental* [Archivo PDF]. Universitat de València. Recuperado el 15 de noviembre de 2022 de <https://www.uv.es/macass/T5.pdf>
- Cebrián, M. (1994). Los videos didácticos: claves para su producción y evaluación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 1, 31-42.
- Cervantes, J. (2021). Una propuesta metodológica para elaborar videos creativos en clase de geometría. *Cultura, Educación y Sociedad*, 12(2), 79-94.

- Cesare, D., Kaczorowski, T., & Hashey, A. (2021). A Piece of the (Ed) Puzzle: Using the Edpuzzle interactive video platform to facilitate explicit instruction. *Journal of Special Education Technology*, 36(2), 77-83.
- Chiu, P., Chen, H., Huang, Y., Liu, C., Liu, M., & Shen, M. (2018). A video annotation learning approach to improve the effects of video learning. *Innovations in Education and Teaching International*, 55(4), 459-469.
- Cihak, D., Fahrenkrog, C., Ayres, K. M., & Smith, C. (2010). The use of video modeling via a video iPod and a system of least prompts to improve transitional behaviors for students with autism spectrum disorders in the general education classroom. *Journal of Positive Behavior Interventions*, 12(2), 103-115.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. John Wiley & Sons.
- Corona, J. (2021). *Situación Didáctica de Ecuaciones Lineales de una Variable Utilizando el Sentido Bidireccional del Signo Igual en un Escenario Virtual en Bachillerato* [Tesis de maestría no publicada, Universidad Autónoma de Zacatecas]. <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/2931>
- Del Real, M. (2016). *Estudio comparativo sobre la influencia de los tipos de letra utilizados en el material de lectura en niños con dislexia* [Tesis de doctoral no publicada, Universitat Autònoma de Barcelona].
- Díaz, J. J., Lagunes, C. A., López, M. D., & Recio, C. E. (2012). El video como auxiliar didáctico en el rendimiento académico de matemáticas a nivel superior. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 25.
- Díaz-Barriga, A. (2013). Secuencias de aprendizaje. ¿Un problema del enfoque de competencias o un reencuentro con perspectivas didácticas? *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 17(3), 11-33.
- Dreon, O., Kerper, R. M., & Landis, J. (2011). Digital storytelling: A tool for teaching and learning in the YouTube generation. *Middle School Journal*, 42(5), 4-10.
- Dubovi, I., & Tabak, I. (2020). An empirical analysis of knowledge co-construction in YouTube comments. *Computers & Education*, 156, 103939.
- Dubovi, I., & Tabak, I. (2021). Interactions between emotional and cognitive engagement with science on YouTube. *Public Understanding of Science*, 30(6), 759-776.

- Dughera, L., & Bordignon, F. (2021). Accesos, usos y percepciones sobre contenidos audiovisuales en YouTube: Una mirada a estudiantes de escuelas secundarias técnicas. *Hipertextos*, 9(15), 125–142.
- Edel, R., Ruiz, G., & Ojeda, G. (2021). El programa Aprende en Casa ante el COVID-19: experiencias y reflexiones docentes. *Perspectivas Docentes*, 31(74), 39-47.
- Fernández, M. (2016). Herramientas de software libre para la producción audiovisual en educación superior.
- Fuentes, A. (2020). *Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje de Ecuaciones Lineales con una Incógnita en el Nivel Bachillerato* [Tesis de maestría no publicada, Universidad Autónoma de Zacatecas]. <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/2846>
- Gaillard, I., & Aguilar, M. (2020). El uso de subtítulos en los videos como estrategia de inclusión. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 12(23).
- Gaines, K., & Curry, Z. (2011). The Inclusive Classroom: The Effects of Color on Learning and Behavior. *Journal of Family and Consumer Sciences Education*, 29(1), 46-57.
- Galindo, P. G. (2021). Walter Benjamin: de la diosa Nike al Ángel de la Historia. Ensayos de iconografía política; de José M. González García. Bajo palabra. *Revista de filosofía*, (27), 569-572.
- Gallo, C. I. (2021). El aprendizaje de las matemáticas a partir las teorías del conductismo y la psicología de la Gestalt. *Mérito-Revista de Educación*, 3(7), 26-37.
- Gil, J., de León, E. V., Osuna, S., & Marta, C. (2022). *Nano-Influencers Edutubers: Perspective of Centennial Generation Families in Spain*. *Media and Communication*, 10(1).
- Góngora, Y., & Martínez, O. (2012). Del diseño instruccional al diseño de aprendizaje con aplicación de las tecnologías. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 13(3), 342-360.
- González, E., López, M., & Trejo, J. (2021). Los Edutubers como una alternativa de consulta educativa durante la pandemia COVID-19. *Emprennova*, 2(3), 53-72.
- González, J., Delgado, M., & Hernández, N. (2020). Estrategias docentes para la educación a distancia del programa Aprende en Casa I. *Jornadas de Investigación UAZ*, 14(2), 225-260.
- Heller, E. (2004). *Psicología del color: cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Gustavo Gili.
- Hernández, J., & Martín, E. (Eds.) (2014). *Pedagogía audiovisual: monográfico de experiencias docentes multimedia*. Servicio de Publicaciones. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.). McGRAW HILL e Interamericana Editores S.A.
- Hillier, R. (2006). *A typeface for the adult dyslexic reader* [Tesis de doctoral no publicada, Anglia Ruskin University].
- Honkomp, V., Wolf, K. D., Jung, P., & Altmaier, N. (2022). Informelles Lernen auf YouTube: Entwicklung eines Analyseinstruments zur Untersuchung didaktischer und gestalterischer Aspekte von Erklärvideos und Tutorials. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 495-528.
- Jardines, F. (2011). Revisión de los principales modelos de diseño instruccional (Review of main instructional design models). *Innovaciones de negocios*, 8(16), 357-389.
- Jones, T., & Cuthrell, K. (2011). YouTube: Educational potentials and pitfalls. *Computers in the Schools*, 28(1), 75-85.
- Jordán, C., Magreñán, Á. A., & Orcos, L. (2019). Considerations about flip education in the teaching of advanced mathematics. *Education Sciences*, 9(3), 227.
- Karppinen, P. (2005). Meaningful learning with digital and online videos: Theoretical perspectives. *AACE Review (formerly AACE Journal)*, 13(3), 233-250.
- Kearney, M., Jones, G., & Roberts, L. (2012). An Emerging Learning Design for Student-Generated" iVideos". *Teaching English with Technology*, 12(2), 103-121.
- Koumi, J. (2006). *Designing video and multimedia for open and flexible learning*. Routledge.
- Lalian, O. (2018). The effects of using video media in mathematics learning on students' cognitive and affective aspects. *AIP Conference Proceedings*, 2019(1), 030011. AIP Publishing LLC.
- Lárez, J. (2018). Algunos obstáculos que imposibilitan el aprendizaje efectivo de la Matemática. *Investigación y Postgrado*, 33(1), 53-74.
- Latapie, I. (2007). Acercamiento al aprendizaje multimedia. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar*, (6), 7-14.
- Lázaro, N. (2020). Utilización y producción de videos tutoriales en matemática. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 33(1), 106-115.
- Light, D., & Pierson, E. (2014). Increasing student engagement in math: The use of Khan Academy in Chilean classrooms. *International Journal of Education and Development using ICT*, 10(2), 103-119.

- Lijó, R., Campillo, S., Quevedo, E., & García, S. (2020). El humor y el audiovisual como herramientas didácticas en disciplinas STEAM.
- Llasera, J. (2021, 21 de mayo). *Psicología de la forma: qué es y cómo se aplica en diseño gráfico*. Imborrable. <https://imborrable.com/blog/psicologia-de-la-forma/>
- Londoño, S., Muñoz, L., Jaramillo, C., & Villa, J. (2011). Una aproximación a la noción de ecuación lineal. En *XIII Conferência Interamericana De Educação Matemática*.
- López, J. L. (2020). *El fenómeno de los edutubers: Estudio sobre las habilidades comunicativas de los youtubers educativos más populares* (Tesis de doctorado no publicada, Universidad Austral). Argentina.
- López, M.V. (2021). La educación básica en México en tiempos de pandemia. Evaluación de la política pública “Aprende en Casa”. *Cadernos do Aplicaçã*o, 34(2).
- Lotero, L. A. A. (2012). Teoría de la carga cognitiva, diseño multimedia y aprendizaje: un estado del arte. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5(10).
- Maraza, B., Alejandro, O., Fernández, W., Cisneros, B., & Choquehuanca, W. (2020). Análisis de YouTube como herramienta de investigación documental en estudiantes de educación superior. *PUBLICACIONES*, 50(2), 133-147.
- Martínez, J., Trujillo, J., Rodríguez, C., Berral, B., & Romero, J. (2021). Análisis de los canales de YouTube como *influencers* del aprendizaje en Educación Primaria. *Espacios*, 42(3), 130-145.
- Mayer, R. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. En R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, (pp. 31-48). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mesa, G. C., Orozco, K. C., Rojas, D. P., & Sánchez, A. R (2017). *Condiciones y estrategias de propagabilidad de contenidos educativos en Youtube: El caso de Julioprofe*. (Tesis de licenciatura no publicada, Pontificia Universidad Javeriana Cali). Colombia.
- Moreno, I. D., & Cobo, L. D. (1997). Secuencia de enseñanza para solucionar ecuaciones de primer grado con una incógnita. *Revista EMA*, 2(3), 247-258.
- Muir, T. (2018). It's More than the Videos: Examining the Factors That Impact upon Students' Uptake of the Flipped Classroom Approach in a Senior Secondary Mathematics Classroom. *Mathematics Education Research Group of Australasia*.

- Muñiz, L., & Castaño, M. (2021). Análisis del conocimiento de estudiantes para maestro o maestra en la elaboración de videos educativos: una experiencia didáctica. *Magister: Revista miscelánea de investigación*, 33(1), 75-84.
- Muñiz, L., Alonso, M., & Rodríguez, L. (2021a). Análisis de la idoneidad didáctica de videos educativos sobre probabilidad elaborados por estudiantes para maestro. En Diago, P. D., Yáñez D. F., González-Astudillo, M. T. y Carrillo, D. (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIV* (pp. 449 – 456). Valencia: SEIEM.
- Muñiz, L., Lorenzo, E., & Aguilar, A. (2021b). Mejora de la motivación hacia la didáctica de la matemática y desarrollo de la competencia docente de los estudiantes para maestro a partir de una experiencia de m-learning. In *IN-RED 2021: VII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red* (47-60). Editorial Universitat Politècnica de València.
- Ngu, B. H., & Phan, H. P. (2015). Unpacking the complexity of linear equations from a cognitive load theory perspective. *Educational Psychology Review*, 28, 95-118.
- Ngu, B. H., & Phan, H. P. (2016). Unpacking the complexity of linear equations from a cognitive load theory perspective. *Educational Psychology Review*, 28, 95-118.
- Ngu, B. H., Chung, S. F., & Yeung, A. S. (2015). Cognitive load in algebra: element interactivity in solving equations. *Educational Psychology*, 35(3), 271-293.
- Oña, C. (2021). Ambientes virtuales con el complemento H5P, una experiencia en el aprendizaje de la asignatura de Matemática de los estudiantes de octavo año de educación general básica superior de la Unidad Educativa Rumiñahui (Tesis de Maestría, Universidad Central de Ecuador). Ecuador.
- Orana (2022, 9 de junio). *El significado de las esquinas redondas*. Flaticon. <https://www.flaticon.com/blog/es/el-significado-de-las-esquinas-redondas/>
- Otten, M., van den Heuvel-Panhuizen, M., Veldhuis, M., Boom, J., & Heinze, A. (2020). Are physical experiences with the balance model beneficial for students' algebraic reasoning? An evaluation of two learning environments for linear equations. *Education Sciences*, 10(6), 163.
- Padilla, F. (2021). Innovación Educativa ante el Desafío de la Enseñanza en Telesecundaria en Tiempos del Covid-19. *Comunicación y nuevas realidades: aprendizajes en contextos de pandemia*.

- Pagnoni, V., & Fernández, S. (2019). Validación de contenido de un portal educativo centrado en la Accesibilidad Web. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, (29), 14-22.
- Pantazes, C. (2021). *Online Instructors' Use of the Cognitive Theory of Multimedia Learning Design Principles: A Mixed Methods Investigation*, 81 (Tesis de Doctorado no publicada, West Chester University). E.U.A.
- Pantoja, Y. M. (2021). Errores en la conversión de representaciones en problemas con ecuaciones lineales. *Revista Unimar*, 39(1), 56-63.
- Paredes, M. (2021). La educomunicación en el proceso de enseñanza aprendizaje durante la emergencia sanitaria covid-19 en la Unidad Educativa la Inmaculada (Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad Técnica de Ambato). Ecuador.
- Pattier, D. (2021a). Educating in art and culture through Youtube: The impact of edutubers. *Komunikacija i kultura online*, 2021(12), 167-181.
- Pattier, D. (2021b). Educational leaders during the COVID-19 pandemic: The success of EduTubers. *Publicaciones*, 51(3), 549-563.
- Pedrosa, M., Astiz, M., & Vivera, C. (2020). El uso del video como recurso didáctico en el aula de matemática/The use of video as a teaching resource in the mathematics classroom. *Revista de Educación*, (21.1), 219-236.
- Pérez, M., Diego, J. M., Polo, I., & González, M. J. (2019). Causas de los errores en la resolución de ecuaciones lineales con una incógnita. *PNA*, 13(2), 84-103.
- Plass, J. L., Heidig, S., Hayward, E. O., Homer, B. D., & Um, E. (2013). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction*, 29, 1-13.
- Puchades, J., Luis, D., & García, L. (2020). Evaluación de videos educativos de un curso online de resolución de problemas de matemáticas. En *Edunovatic 2020. Conference Proceedings: 5th Virtual International Conference on Education, Innovation and ICT, December 10-11, 2020* (pp. 1294-1298). REDINE (Red de Investigación e Innovación Educativa).
- Putri, F. H., Wijayanto, A., & Supriyadi, S. (2020). Strengths and Weaknesses of Self-Regulated Learning through YouTube: Indonesian EFL Students' Perceptions. *ELS Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities*, 3(4), 531-542.

- Ramírez, A. (2010). Youtube y el desarrollo de la competencia matemática: resultados de una investigación cuasiexperimental. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, (13), 123-140.
- Ramírez, M. (2016). Posibilidades del uso educativo de YouTube. *RA ximhai*, 12(6), 537-546.
- Ramírez, R., Ibarra, S., & Pino, L. (2020). Prácticas evaluativas y significados evaluados por profesores del bachillerato mexicano sobre la noción de ecuación lineal. *Educación matemática*, 32(2), 69-98.
- Ramón, R., Edel, R., & Figueroa, S. (2021). Dimensiones pedagógicas para el uso de internet en la educación telesecundaria. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 788-803.
- Ramos, J. (2000). *El video educativo* (Universidad Politécnica de Madrid). <https://www.ice.upm.es/wps/jlbr/documentacion/libros/videdu.pdf>
- Ramos, L., & Flores, T. (2014). El video como recurso didáctico para reforzar el conocimiento. *Memorias del encuentro internacional de educación a distancia*, (3).
- Raviolo, A. (2018). Enseñanza de la química y principios del aprendizaje multimedia. *Educación en la Química en Línea*, 24(2), 95-114.
- Real Academia Española (2022). *Noción*. Diccionario de la Lengua Española. <https://dle.rae.es/noci%C3%B3n>
- Rodríguez, A., Hinojo, M., & Ágreda, M. (2017a). Análisis del uso de video-tutoriales como herramienta de inclusión educativa. *Publicaciones*, 47(1), 13-35.
- Rodríguez, R., López, B., & Mortera, F. (2017b). El video como Recurso Educativo Abierto y la enseñanza de Matemáticas. *Revista electrónica de investigación educativa*, 19(3), 92-100.
- Rojano, T. (2010). Modelación concreta en álgebra: balanza virtual, ecuaciones y sistemas matemáticos de signos. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 75, 5-20.
- Rojas-Celis, C., & Cely-Rojas, V. (2020). Propuesta de enseñanza en Cálculo Vectorial: un acercamiento a la clase invertida. *Revista científica*, (37), 58-66.
- Romero, R., Ríos, A., & Román, P. (2017). YouTube: evaluación de un catálogo social de videos didácticos de matemáticas de calidad. *Prisma Social*, (18), 515-539.
- Roque, E. (2020). Tutoriales de Youtube como estrategia de aprendizaje no formal en estudiantes universitarios. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21).

- Ruano, R. M., Socas, M. M., & Palarea, M. M. (2008). Análisis y clasificación de errores cometidos por alumnos de secundaria en los procesos de sustitución formal, generalización y modelización en álgebra. *PNA* 2(2), 61-74.
- Salsabila, A., & Pradipta, T. R. (2021). Mathematical Problem Solving Ability: The Impact of Mathematics Learning Videos on an E-Learning Platform. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 83-88.
- Sánchez, N. (2014). *Análisis de errores asociados a la resolución de ecuaciones de primer grado. Una aproximación desde la zona de desarrollo próxima*. En P. Montero, R. Barrera, R. Montaña, F. Palominos, R. Santander, H. Silva y D. Soto (Eds.), *Acta Jornadas Nacionales de Educación Matemática XVIII*, (pp. 196-203). Santiago, Chile.
- Santos, J., & Acuña, C. (2017). Adaptación de los criterios de Idoneidad Didáctica para la valoración de videos educativos de matemáticas disponibles en Internet. En J. M. Contreras, P. Arteaga, G. R. Cañadas, M.M. Gea, B. Giacomone y M. M. López-Martín (Eds.), *Actas del Segundo Congreso International Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos*.
- Satsangi, R., Hammer, R., & Bouck, E. C. (2020). Using video modeling to teach geometry word problems: A strategy for students with learning disabilities. *Remedial and Special Education*, 41(5), 309-320.
- Satsangi, R., Hammer, R., & Hogan, C. D. (2019). Video modeling and explicit instruction: A comparison of strategies for teaching mathematics to students with learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 34(1), 35-46.
- Secretaría de Educación Pública (2017). *Aprendizajes clave para la educación integral. Matemáticas. Educación secundaria*.
- Serrano, D., Ramírez, A. A., & Palazuelos, I. J. (2022). Educación a Distancia: Posibilidades de Inclusión y Participación Estudiantil. *REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 20(2), 29-46.
- Simó, D., & Mumbardó, C. (2018). Utilizando el video prompting para enseñar a ponerse la chaqueta a estudiantes con discapacidad intelectual. *Escritos de Psicología (Internet)*, 11(2), 84-91.
- Sipayung, T. N., Simanjuntak, S. D., Wijaya, A., & Sugiman, S. (2020). An Analysis of Students Motivation in Online Learning Based on Realistic Mathematical Comic Videos. *Budapest*

International Research and Critics Institute (BIRCI-Journal): Humanities and Social Sciences, 3(4), 3861-3871.

- Socas, M. (1997). Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las matemáticas en la Educación Secundaria. En L. Rico (Ed.), *La educación matemática en la enseñanza secundaria* (pp.124-154).
- Soto, C., & Liern, V. (2020). Modos de enseñanza en los videotutoriales de matemáticas: equilibrio entre eficacia puntual y utilidad formativa. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 34, 1125-1143.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4), 295-312.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. En R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, (pp. 19-30). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tettay, S., Pulgar, M., & Rojas, Y. (2019). Errores en la resolución de problemas con ecuaciones de primer grado en estudiantes de secundaria. *Praxis*, 15(2), 193-205.
- Tisdell, C., & Loch, B. (2017). How useful are closed captions for learning mathematics via online video? *International journal of mathematical education in science and technology*, 48(2), 229-243.
- Trenholm, S., Hajek, B., Robinson, C. L., Chinnappan, M., Albrecht, A., & Ashman, H. (2019). Investigating undergraduate mathematics learners' cognitive engagement with recorded lecture videos. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(1), 3-24.
- Vallejo, A., & González, A. (2018). Diseño de videos más efectivos, enriquecidos con interactividad, utilizando la herramienta H5P. En *V Foro Internacional de Educación en Entornos Virtuales y XVIII Encuentro AIESAD* (Universidad Nacional de Quilmes, 2018).
- Vélez, J. (2018). El uso del video educativo como herramienta didáctica complementaria para el desarrollo de conocimientos procedimentales. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.
- Vidergor, H. E., & Ben-Amram, P. (2020). Khan academy effectiveness: The case of math secondary students' perceptions. *Computers & Education*, 157, 103985.

- Weeraratne, B., & Chin, B. (2018). Can Khan Academy e-Learning Video Tutorials Improve Mathematics Achievement in Sri Lanka? *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 14(3), 93-112.
- Williams, P., Schrum, L., Sangrà, A., & Guàrdia, L. (2004). *Modelos de diseño instruccional. Fundamentos del diseño técnico-pedagógico en e-learning*. Universitat Oberta de Catalunya. https://www.academia.edu/35569532/Fundamentos_del_dise%C3%B1o_t%C3%A9cnico_pedag%C3%B3gico_Modelos_de_dise%C3%B1o
- World Wide Web Consortium (2023). *Web Accessibility Initiative (WAI)*. W3C. <https://www.w3.org/WAI/>
- Yaacob, Z., & Saad, N. (2020). Acceptance of Youtube as a learning platform during the covid-19 pandemic: The moderating effect of subscription status. *TEM Journal*, 9(4), 1732.
- Yakubova, G., Hughes, E., & Baer, B. (2020). Supporting students with ASD in mathematics learning using video-based concrete-representational-abstract sequencing instruction. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 64(1), 12-18.

Anexo 1: Ecuación lineal con una incógnita

Definición de ecuación lineal con una incógnita

Según Bello (1999), una ecuación es la afirmación de la igualdad entre dos cantidades que se compone de los siguientes elementos:

- *Literales*: Son las letras que aparece en la ecuación y que representan incógnitas.
- *Coeficiente*: Son los números o fracciones que acompañan a la incógnita.
- *Términos independientes*: Son los números o fracciones que no acompañan a la incógnita.
- *Primer miembro*: Es todo lo que hay del lado izquierdo del signo de igualdad.
- *Segundo miembro*: Es todo lo que hay del lado derecho del signo igual.

En este sentido, una ecuación lineal con una incógnita es aquella que puede escribirse de la forma $ax + b = 0$, donde a y $b \in \mathbb{R}$, $a \neq 0$ y x es la incógnita con exponente uno (Bello, 1999).

La solución de una ecuación es la sustitución de la literal por una cantidad que la convierta en una proposición verdadera. Cuando dos ecuaciones distintas tienen las mismas soluciones, entonces se tratan de ecuaciones equivalentes. Resolver una ecuación de primer grado con una incógnita es encontrar su solución, convirtiendo la ecuación en ecuaciones equivalentes más sencillas cada vez, hasta obtener el resultado. Para ello se requiere de las propiedades de la igualdad, las cuales son teoremas y axiomas de los números reales (Bello, 1999).

Teorema 1: Ley de la simplificación para la suma

Si $a + b = a + c$, entonces $b = c$.

Teorema 2: Propiedad de la sustracción

Dado a , existe una y sólo una x que $a + x = 0$. Este x se designa por $0 - a$ y se escribe simplemente $-a$. De este modo, el negativo de a es único, y por lo tanto, de este resultado se tiene que si $a + x = b$ entonces $x = b - a$.

Teorema 3: Propiedad de la multiplicación

Si se multiplican ambos miembros de la igualdad por el mismo número, la igualdad se conserva: Si $a = b$, entonces $ax = bx$.

Teorema 4: Propiedad de la división

Si se divide ambos miembros de la igualdad entre el mismo número, la igualdad se conserva: Si $a = b$, entonces $\frac{a}{x} = \frac{b}{x}$ donde $x \neq 0$.

Propiedades de la igualdad

Si a una igualdad entre dos números o dos expresiones algebraicas: $a = b$ y se suma o resta a ambos miembros de la ecuación el mismo número o expresión algebraica, la igualdad se conserva: $a + c = b + c$, $a - c = b - c$.

Si a una igualdad entre dos números o dos expresiones algebraicas: $a = b$ y se multiplica o divide a ambos miembros de la ecuación el mismo número o expresión algebraica, la igualdad se conserva: $ac = bc$, $\frac{a}{m} = \frac{b}{m}$ donde $m \neq 0$.

Anexo 2: Encuesta basada en los principios de la TCAM

A continuación, se presenta la transcripción en idioma original de las preguntas realizadas por Pantazes (2021) basadas en los principios de la TCAM, a partir de las cuales, se realiza una adaptación para la presente investigación.

CTML Design Principle	Yes / No Question	Likert Question
Coherence Principle (music)	7c. Does the video include music?	12a. The video contains music.
Coherence Principle (visuals)	7f. Does the video contain decorative visuals or video that are not essential for learning?	12c. Visual or auditory elements that are not essential to the learning are included in the video to add interest.
Signaling Principle	7d. Does your video include cues (highlighting, arrows, etc.) to draw attention to important information in the video?	12d. Cues (such as changes in voice, highlighting, arrows, etc.) are used in the video to draw attention to important information.
Redundancy Principle	8. Approximately what percentage of the video contains text appearing on the screen that is read by the video narrator?	12e. Text is included on the screen at the same time that a narrator is speaking it.
Spatial Contiguity Principle	7e. Are related words and images presented near each other in the video?	12f. Text is included on the same screen as the picture or footage for which it applies.
Temporal Contiguity Principle	9. Approximately what percentage of the video contains audio narration spoken at the same time as related images are appearing on the screen?	12g. The video narration occurs at the same time as related images or video footage.

Pretraining Principle	7g. Were students taught general concepts or key vocabulary found in the video prior to viewing the video?	12h. General concepts and / or key vocabulary are taught prior to students viewing the video.
Modality Principle	7a. Does the video contain audio narration?	12b. The video contains audio narration.
Personalization Principle	11. Is the narration personalized (i.e. uses terms like “you” and “I”) as opposed to third-person narration?	12j. The voice of the narrator is personalized, such as using terms like “you” and “I” as opposed to third-person narration.
Embodiment Principle	7b. Can you be seen in the video at any time?	12i. A human narrator was at least partially present (visible) in the video

Note. Likert-scale options were “None of the time (0%)”, “Some of the time”, “Half the time (45 to 55%)”, “Most of the Time”, and “All of the time”.

Anexo 3: Guion técnico del videotutorial

Narración	Tiempo	Sonidos / Gráficos	Justificación
1) El otro día estaba sentada en el Jardín Independencia en Zacatecas y me pregunté por qué se simboliza a la Libertad con un ángel. Me puse a investigar y descubrí que, así como éste, existen muchos otros ángeles que representan la libertad, como el de la Ciudad de México, el de Argentina o el de Chile. (2) Lo interesante de esto es que todos están inspirados en la “Victoria alada de Samotracia”, ¿sabes? la famosa	00:00 – 01:27	Escena 1 Aparece a cuadro el docente. Plano medio, centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Pantalla completa se reproduce imagen del Ángel de la Libertad de Zacatecas (3 seg.). Luego vuelve toma con el docente. Pantalla completa se reproduce imagen del Ángel de la Libertad de la CDMX, Argentina y Chile (1 seg. cada una). Desvanece a imagen del docente. Docente. Plano medio, centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul.	Apertura <i>Situación contextualizada-detonadora.</i> El videotutorial inicia con una situación contextualizada para la ciudad de Zacatecas y México: los ángeles de la independencia (Galindo, 2021). Ésta tiene el propósito el generar interés al espectador. Así mismo, esta referencia servirá para la modelación de un problema, tal como lo establece el plan de estudios correspondiente (SEP, 2017) y el criterio según la rúbrica de Romero <i>et al.</i> (2017). El cual, además, es uno de los problemas documentados por Londoño (2011) sobre la traducción entre el lenguaje natural y el algebraico. Mostrando con ello la utilidad de la ecuación en la vida cotidiana (ADM-4, ADM-5). El lenguaje utilizado es de tipo conversacional para generar cercanía y confianza, no en tercera persona, de acuerdo con el principio de Personalización de la TCAM (AP-19)

escultura griega que no tiene cabeza ni brazos. (3) Pues déjame decirte que esta escultura es una representación de Niké, ¡la diosa griega de la Victoria! ¿Sabes lo fuerte que es esto? ¡No es un ángel, es una diosa, una diosa de la libertad! (4) Así que, como toda diosa merece una escultura completa, vamos a ponernos en modo ‘restauradores de arte’ para intentar ponerle su cabeza. ¡Pero bien, eh! No como lo hizo Banský. (5) Ahora, lo primero que tenemos que saber es ¿cuánto debería de medir la cabeza? Pues bien, las matemáticas vienen a nuestro rescate para éste y muchos otros casos más, con el uso de la ¡ecuación! Pero, ¿qué es esto? No te preocupes, aquí te lo explicamos, ¡vamos a ello!		Pantalla completa aparecen dos imágenes de la Victoria alada de Samotracia (5 seg.). Aparece a cuadro el docente. Pantalla completa se reproduce imagen de la escultura de la Victoria alada de Samotracia (3 seg.). Desvanece a imagen del docente. Docente. Plano medio, encuadre centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Pantalla completa se reproduce imagen escultura de Banský (3 seg.). Desvanece a imagen del docente. Aparece en pantalla la palabra “Ecuación”. Aparece la cortinilla y el logo de Teoremática. Pantalla completa.	y al criterio según la rúbrica de Romero <i>et al.</i> (2017). Uso del humor (AP-32) Se menciona el objetivo del videotutorial (criterio según la rúbrica de Romero <i>et al.</i>, 2017) (AC-1). Cortinilla en Stop Motion
--	--	---	--

(6) Quizás te sean familiares este tipo de ejercicios. Ya sabes, de los que te dejaba tu profe de Mate en la primaria donde tenías que calcular el valor faltante que cumpliera con la igualdad. Por ejemplo, en este caso estamos buscando un número que, sumado a 5, equivalga a 12. ¿Cuál es? (...) ¡Exacto! 7, porque 5 más 7 es igual a 12. Esto lo podemos visualizar con una balanza, donde el signo igual es el soporte y las cantidades están a la izquierda y a la derecha, respectivamente. De esta manera, en la repisa izquierda tenemos un bloque de 5kg y otro del que	01:27 –05:47	Escena 2 Desvanece a imagen del docente. Plano medio, encuadre con regla de los tercios centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Aparece del lado izquierdo el siguiente texto: $5 + _ = 12$ En pantalla completa aparece del lado izquierdo $5 + _ = 12$ Pausa de 3 segundos. $5 + _7_ = 12$ Aparece balanza del lado derecho.	Desarrollo <i>Conocimientos previos</i> Se inicia activando los conocimientos previos y la descripción de los conceptos a utilizar de acuerdo con el Principio de Pre-entrenamiento establecido por la TCAM (). Así como en cumplimiento del plan de estudios donde se menciona que la igualdad se debe de interpretar como una equivalencia entre dos expresiones (AC-7, ADM-1, AP-16). De esta manera, al describirse los conceptos necesarios para la comprensión del tema, se permite al alumno el uso del video de manera autónoma para actividades de exploración (criterio según la rúbrica de Romero <i>et al.</i>, 2017). Se le da un breve tiempo al alumno para calcular la respuesta de acuerdo con el principio del Compromiso de la TCAM de integrar activamente al alumno (AP-24).

desconocemos su peso. Mientras que, en la otra repisa, tenemos un bloque que pesa 12kg. (7) El objetivo es que la balanza ¡siempre esté en equilibrio!, es decir, que el peso de la izquierda sea equivalente al peso de la derecha, de tal manera que las repisas siempre estén al mismo nivel. (B-Voz en off) Entonces, en este caso el bloque desconocido solamente puede pesar 7kg para que la balanza se mantenga en equilibrio, ya que el peso de ambos bloques, es decir, 7 más 5, nos daría 12kg que es el mismo peso del otro lado, manteniéndose así ambas repisas al mismo nivel. De lo contrario, si este valor fuera mayor o menor a 7, entonces la balanza se inclinaría hacia uno o hacia otro lado, que es justo lo que debemos evitar. Pues bien, a esta equivalencia de expresiones le llamamos ¡Igualdad!, es decir, donde las cantidades a la izquierda del signo igual son equivalentes a las que están a la derecha. (8) En otras palabras, que ambos lados tengan el mismo “peso”.		Aparecen bloques en cada una de las repisas de la balanza, manteniéndose esta en equilibrio. Desvanece a imagen del docente. Plano medio, encuadre centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Aparece ecuación del lado izquierdo $5 + _7_ = 12$ y balanza del lado derecho. Se colocan bloques sobre la balanza en alusión a las cantidades de la igualdad. Para el bloque desconocido, varia su cantidad y, por tanto, las repisas se inclinan hacia la derecha o hacia la izquierda dependiendo del número. Aparece en pantalla la palabra “Igualdad”. Desvanece a imagen del docente. Plano medio, encuadre centrado.	Se refuerza el conocimiento previo sobre la noción de igualdad (Fuentes, 2020) (AC-12, ADM-10). Se utilizan los ejercicios de valor faltante para introducir al alumno al concepto de incógnita (Fuentes, 2020). Se describen conceptos matemáticos de acuerdo con la rúbrica de Romero <i>et al.</i> (2017). (AC-12) Institucionalización. Se formaliza el concepto matemático a desarrollar (Romero <i>et al.</i>, 2017).
--	--	---	--

(C-Voz en off) Aquí la suma de 11 más 4 debe ser igual a la suma de un número más 6. Pues bien, ese número lo podemos representar con una letra, la A, la B, la C, etc., podría ser cualquiera, pero emplearemos la X por ser la más usada. (9) Esta letra recibe el nombre de Literal y su función es representar un valor desconocido que satisface la igualdad, es decir, mantiene la balanza en equilibrio. (10) Pues agárrate muy bien de tu asiento porque viene algo muy fuerte, ¿estás preparado? Esto que acabamos de ver, ¡es una Ecuación! ¡Sí, una ecuación! De las sencillas, pero una ecuación, al fin y al cabo. Pero entonces, ¿qué es una ecuación? (D-Voz en off) Pues es una igualdad, ya sabes, una balanza en equilibrio en donde lo que hay de un lado es equivalente a lo que hay del otro. Pero que dentro de esas cantidades hay una, o varias, que desconocemos, es decir, incógnitas, que representamos con una letra llamada literal. Esto es una ecuación.		Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. <i>El docente hace el entrecomillado con las manos</i> Animación centrada con el siguiente texto: $11 - _4_ = ? + 6$ Desvanece a imagen del docente. Plano medio, encuadre con regla de los tercios centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Aparece en pantalla la palabra “Ecuación”. Animación centrada de una ecuación y su analogía con una balanza en equilibrio.	<i>Institucionalización</i> Se relaciona el nuevo concepto con conocimientos previos. (AC-13) (AC-14, ADM-9) Se hace uso de la balanza en equilibrio como una analogía de la propiedad uniforme de la igualdad (Londoño, 2011) (AC-9, AC-10, ADM-11).
---	--	---	--

(11) Así que, resolver una ecuación es como jugar al detective en el que tenemos que descubrir cuál es el valor de la literal o incógnita. Y como todo buen detective, tenemos que seguir una serie de pasos que nos permitan llegar a nuestro objetivo. (E-Voz en off) Básicamente consiste en dejar a la incógnita sola en cualquiera de los lados de la ecuación. A esto se le llama, despejar la literal. (12) Pero, ¿cómo hacemos esto? (F-Voz en off) Pues bien, para ello nos vamos a auxiliar nuevamente de nuestra amiga la balanza, en la cual vamos a agregar o quitar la misma cantidad siempre en ambos lados para que la balanza se mantenga en equilibrio. Por lo tanto, lo primero que debemos hacer es saber cuánto es la suma del lado izquierdo, 11 más 4 es igual a 15. Ese 15 tiene que ser igual a la suma de X más 6.		Desvanece a imagen del docente. Plano medio, encuadre con regla de los tercios centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Animación centrada con el siguiente texto: $11 - _4_ = x + 6$ “Despejar la literal” Desvanece a imagen del docente. Plano medio, encuadre con regla de los tercios centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Animación, pantalla completa. Ecuación hacia la izquierda. Balanza a la derecha con nuevos pesos. Se agregan objetos de la misma forma a ambos lados de la balanza.	Analogía de la balanza como recurso didáctico de inicio de la noción de la ecuación (Fuentes, 2020). Transición de la representación gráfica hacia la representación algebraica (Fuentes, 2020) (ADM-16). Se relaciona el conocimiento declarativo (conceptos matemáticos) y el conocimiento procedimental, así como los ejemplos evolucionan ascendentemente en su dificultad (Romero <i>et al.</i>, 2017) (ADM-2). Aplicación de la propiedad uniforme de igualdad de acuerdo con el plan de estudios (SEP, 2017).
---	--	--	---

El siguiente paso es dejar a la X sola del lado derecho, para ello necesitamos quitar ese 6 que está sumando, ¿cómo lo hacemos? (...) Restando esa misma cantidad porque 6 menos 6 es igual a 0, y un número más cero es igual al mismo número, por lo que de esa manera estamos dejando a la X sola. Pero si sólo lo hacemos del lado derecho, estaríamos afectando el equilibrio de la balanza, así que tenemos que quitar esa misma cantidad del lado izquierdo. Por lo tanto, 15 menos 6 es igual a 9. Nuestra X tiene un valor de 9 para este ejercicio		Ambos recursos interactúan sincrónicamente para mostrar su relación. La ecuación se va resolviendo mediante la aplicación de la propiedad uniforme, mientras que la balanza responde a manera de analogía lo que va sucediendo con la ecuación.	(AP-12)
13) Ahora que vimos qué es una ecuación y cómo se resuelven. Estamos casi listos para calcular cuánto debería de medir la cabeza de la escultura griega de la Victoria alada. Sólo debemos conocer un dato más: (G-Voz en off) Muchos artistas, desde la época de la Antigua Grecia, se dedicaron a estudiar las proporciones del cuerpo humano para representarlo en el arte de manera más realista. Concluyeron así que si tomamos como referencia la cabeza de una persona y la	05:47 – 08:00	Escena 3 Desvanece a imagen del docente. Plano medio, encuadre centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Animación de la escultura de la Victoria alada a la derecha. Pantalla completa aparece animación de la antigua Grecia, con dos personajes (6 seg.).	Cierre <i>Resolución del problema</i> Relaciona el conocimiento matemático con otras áreas del saber (Romero, 2017) (ADM-5).

multiplicamos por 8, obtendremos la estatura ideal de esa persona. Entonces, a las 8 cabezas le quitamos una porque la escultura no la tiene, quedando 7, que corresponden con los 245cm de altura que mide la escultura. Por lo tanto, 7 por la medida de la cabeza, es decir X, es equivalente a 245. Ésta sería nuestra ecuación a despejar. Para esto, como el 7 está multiplicando a la X, vamos a agregar otro 7 pero con la operación contraria, es decir, dividiendo. De esta manera, obtendremos una división de 7 entre 7, lo cual nos da 1. Y 1 por un número es el mismo número, por lo que X por 1 es igual a X. Pero recuerda, si lo hacemos de un lado, lo debemos de hacer también del otro. Por lo que, 245 entre 7 es 35. Entonces, X es igual a 35. (14) ¡Y listo! Así obtenemos que la medida de la cabeza de la escultura deberá ser de 35 cm. Interesante, ¿no? Ves cómo las matemáticas nos ayudan en muchas cosas. Ya nada más nos		Aparece figura humana, donde se señala la cabeza y después se va multiplicando hasta alcanzar la estatura de la persona (8 veces). Aparece imagen de la Victoria alada de Samotracia, donde se le resta una cabeza, porque la escultura no la tiene. Se desplaza hacia la izquierda la animación. Aparece ecuación a la derecha: $7(x) = 245$ $\frac{x(7)}{7} = \frac{245}{7}$ $\frac{x(1)}{1} = \frac{35}{1}$ $x = 35$ Aparece imagen vectorizada de la Victoria alada y se le coloca una cabeza de estilo clásico proporcional al	Modelación de la situación detonadora (SEP, 2017) como un primer acercamiento de la relación entre el lenguaje natural y el algebraico (AC-8, AC-11, ADM-4, ADM-5).
--	--	---	--

quedaría poner manos a la obra para esculpir la cabeza en mármol. (15) Dinos qué te pareció el video, ¿aprendiste algo nuevo? Déjanos tu comentario aquí abajito. Nosotros esperamos haberte ayudado a aprender un poquito más sobre las matemáticas y el arte. Cuídate mucho y muchas gracias por vernos.		cuerpo y con las medidas a la izquierda de la altura total y parcial. Desvanece a imagen del docente. Plano medio, encuadre con regla de los tercios centrado. Iluminación principal neutra e iluminación escénica azul. Del lado izquierdo aparece la escultura de la Victoria Alada con cabeza estilo clásico. <i>Cierre a negro.</i> <i>Créditos.</i> *Todo el video cuenta con subtítulos y tipografía <i>Sylexiad Sans</i>. *El color predominante será el azul y blanco con elementos destacados en rojo y amarillo, todos con un alto nivel de saturación e iluminancia.	<i>Despedida</i> Aspectos que atienden a la accesibilidad de personas con discapacidad auditiva (Gaillard y Aguilar, 2020; Romero <i>et al.</i>, 2017) y con dislexia. El uso del color busca generar una sensación de tranquilidad y de concentración mediante un alto contraste en la combinación de los colores. Atendiendo ligeramente la necesidad de personas con baja visión (Romero <i>et al.</i>, 2017). (AP-10, AP-11, AP-26, AP-30, AP-31, AE-6 y AE-14)
---	--	---	--

Anexo 4: Guion. Sólo narración

ACTIVIDAD DE APERTURA

Situación detonadora

(1) El otro día estaba sentada en el Jardín Independencia en Zacatecas y me pregunté por qué se simboliza a la Libertad con un ángel. Me puse a investigar y descubrí que, así como éste, existen muchos otros ángeles que representan la libertad, como el de la Ciudad de México, el de Argentina o el de Chile.

(2) Lo interesante de esto es que todos están inspirados en la "Victoria alada de Samotracia", ¿sabes? la famosa escultura griega que no tiene cabeza ni brazos.

(3) Pues déjame decirte que esta escultura es una representación de Niké, ¡la diosa griega de la Victoria! ¿Sabes lo fuerte que es esto? ¡No es un ángel, es una diosa, una diosa de la libertad!

(4) Así que, como toda diosa merece una escultura completa, vamos a ponernos en modo 'restauradores de arte' para intentar ponerle su cabeza. ¡Pero bien, eh! No como lo hizo Banksy.

(5) Ahora, lo primero que tenemos que saber es ¿cuánto debería de medir la cabeza?

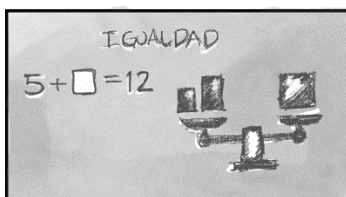
Pues bien, las matemáticas vienen a nuestro rescate para éste y muchos otros casos más, con el uso de la ¡ecuación! Pero, ¿qué es esto? No te preocupes, aquí te lo explicamos, ¡vamos a ello!

[CORTINILLA]

ACTIVIDAD DE DESARROLLO

Conocimientos previos - Concepto de Igualdad

(6) Quizás te sean familiares este tipo de ejercicios. Ya sabes, de los que te dejaba tu profe de Mate en la primaria donde tenías que calcular el valor faltante que cumpliera con la igualdad.



(A-Voz en off) Por ejemplo, en este caso estamos buscando un número que, sumado a 5, equivalga a 12. ¿Cuál es? (...) ¡Exacto! 7, porque 5 más 7 es igual a 12.

[Se duplica la igualdad y se mueve hacia la derecha]

Esto lo podemos visualizar con una balanza, donde el signo igual es el soporte y las cantidades están a la izquierda y a la derecha, respectivamente.

De esta manera, en la repisa izquierda tenemos un bloque de 5kg y otro del que desconocemos su peso. Mientras que, en la otra repisa, tenemos un bloque que pesa 12kg.

(7) El objetivo es que la balanza ¡siempre esté en equilibrio!, es decir, que el peso de la izquierda sea equivalente al peso de la derecha, de tal manera que las repisas siempre estén al mismo nivel.

(B-Voz en off) Entonces, en este caso el bloque desconocido solamente puede pesar 7kg para que la balanza se mantenga en equilibrio, ya que el peso de ambos bloques, es decir, 7 más 5, nos daría 12kg que es el mismo peso del otro lado, manteniéndose así ambas repisas al mismo nivel.

De lo contrario, si este valor fuera mayor o menor a 7, entonces la balanza se inclinaría hacia uno o hacia otro lado, que es justo lo que debemos evitar.

Pues bien, a esta equivalencia de expresiones le llamamos ¡Igualdad!, es decir, donde las cantidades a la izquierda del signo igual son equivalentes a las que están a la derecha.

(8) En otras palabras, que ambos lados tengan el mismo “peso”.

[El docente hace el entrecomillado con las manos]

Veamos otro caso.

Institucionalización - Concepto de Literal y de Ecuación

(C-Voz en off) Aquí la suma de 11 más 4 debe ser igual a la suma de un número más 6. Pues bien, ese número lo podemos representar con una letra, la A, la B, la C, etc., podría ser cualquiera, pero emplearemos la X por ser la más usada.

(9) Esta letra recibe el nombre de Literal y su función es representar un valor desconocido que satisface la igualdad, es decir, mantiene la balanza en equilibrio.

(10) Pues agárrate muy bien de tu asiento porque viene algo muy fuerte, ¿estás preparado? Esto que acabamos de ver, ¡es una Ecuación! ¡Sí, una ecuación! De las sencillas, pero una ecuación, al fin y al cabo.

Pero entonces, ¿qué es una ecuación?

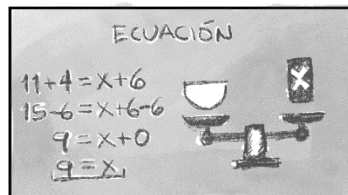
(D-Voz en off) Pues es una igualdad, ya sabes, una balanza en equilibrio en donde lo que hay de un lado es equivalente a lo que hay del otro. Pero que dentro de esas cantidades hay una, o varias, que desconocemos, es decir, incógnitas, que representamos con una letra llamada literal. Esto es una ecuación.

(11) Así que, resolver una ecuación es como jugar al detective en el que tenemos que descubrir cuál es el valor de la literal o incógnita. Y como todo buen detective, tenemos que seguir una serie de pasos que nos permitan llegar a nuestro objetivo.

(E-Voz en off) Básicamente consiste en dejar a la incógnita sola en cualquiera de los lados de la ecuación. A esto se le llama, despejar la literal.

(12) Pero, ¿cómo hacemos esto?

(F-Voz en off) Pues bien, para ello nos vamos a auxiliar nuevamente de nuestra amiga la balanza, en la cual vamos a agregar o quitar la misma cantidad siempre en ambos lados para que la balanza se mantenga en equilibrio.



Por lo tanto, lo primero que debemos hacer es saber cuánto es la suma del lado izquierdo, 11 más 4 es igual a 15. Ese 15 tiene que ser igual a la suma de X más 6.

El siguiente paso es dejar a la X sola del lado derecho, para ello necesitamos quitar ese 6 que está sumando, ¿cómo lo hacemos? (...) Restando esa misma cantidad porque 6 menos 6 es igual a 0, y un número más cero es igual al mismo número, por lo que de esa manera estamos dejando a la X sola. Pero si sólo lo hacemos del lado derecho, estaríamos afectando el equilibrio de la balanza, así que tenemos que quitar esa misma cantidad del lado izquierdo. Por lo tanto, 15 menos 6 es igual a 9. Nuestra X tiene un valor de 9 para este ejercicio.

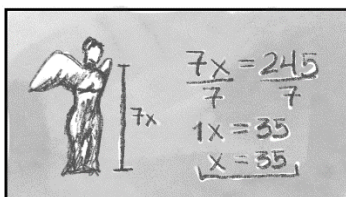
ACTIVIDAD DE CIERRE

Resolución del problema

(13) Ahora que vimos qué es una ecuación y cómo se resuelven. Estamos casi listos para calcular cuánto debería de medir la cabeza de la escultura griega de la Victoria alada. Sólo debemos conocer un dato más:

(G-Voz en off) Muchos artistas, desde la época de la Antigua Grecia, se dedicaron a estudiar las proporciones del cuerpo humano para representarlo en el arte de manera más realista. Concluyeron así que si tomamos como referencia la cabeza de una persona y la multiplicamos por 8, obtendremos la estatura ideal de esa persona.

Entonces, a las 8 cabezas le quitamos una porque la escultura no la tiene, quedando 7, que corresponden con los 245cm de altura que mide la escultura. Por lo tanto, 7 por la medida de la cabeza, es decir X, es equivalente a 245.



Ésta sería nuestra ecuación a despejar. Para esto, como el 7 está multiplicando a la X, vamos a agregar otro 7 pero con la operación contraria, es decir, dividiendo.

De esta manera, obtendremos una división de 7 entre 7, lo cual nos da 1. Y 1 por un número es el mismo número, por lo que X por 1 es igual a X.

Pero recuerda, si lo hacemos de un lado, lo debemos de hacer también del otro. Por lo que, 245 entre 7 es 35. Entonces, X es igual a 35.

(14) ¡Y listo! Así obtenemos que la medida de la cabeza de la escultura deberá ser de 35 cm. Interesante, ¿no? Ves cómo las matemáticas nos ayudan en muchas cosas. Ya nada más nos quedaría poner manos a la obra para esculpir la cabeza en mármol.

Despedida

(15) Dinos qué te pareció el video, ¿aprendiste algo nuevo? Déjanos tu comentario aquí abajito. Nosotros esperamos haberte ayudado a aprender un poquito más sobre las matemáticas y el arte. Cuídate mucho y muchas gracias por vernos.

[Créditos]

Anexo 5: Verificación de contraste de color

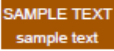
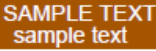
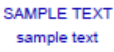
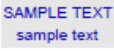
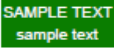
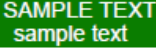
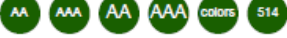
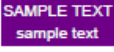
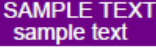
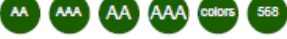
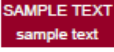
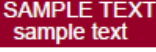
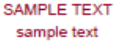
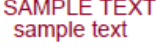
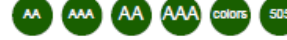
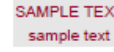
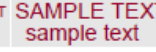
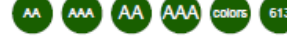
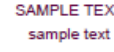
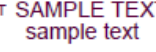
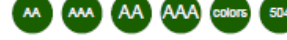
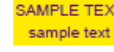
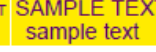
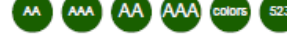
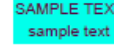
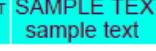
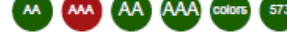
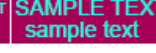
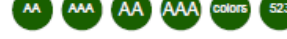
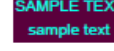
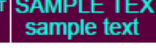
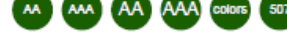
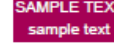
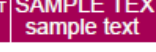
Se presentan las verificaciones realizadas de contraste de colores utilizados para el videotutorial en cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 propuestas por la W3C (2023) para la accesibilidad del contenido digital mediante la herramienta <https://contrastchecker.com/>. Los criterios evaluados son los siguientes:

- **AA** - Fuentes menores a 18 puntos: Contraste mínimo.
- **AAA** - Fuentes menores a 18 puntos: Contraste mejorado (más exigente).
- **AA** - Fuentes mayores a 18 puntos: Contraste mínimo.
- **AAA** - Fuentes mayores a 18 puntos: Contraste mejorado (más exigente).
- **Colors** - Basado en el brillo y la diferencia del color, se cumple totalmente con el color.
- **Número** – Qué tan legible es para personas con daltonismo.

En la primera columna se muestran los criterios que se cumplen marcados en color verde, y los que no, en color rojo. Luego se muestran los colores utilizados para la tipografía y para el fondo mediante un par de imágenes como ejemplo, además se especifica el código RGB (cantidad de rojo, verde y azul, por sus siglas en inglés) de dichos colores.



Color Contrast Samples

		Foreground	Background	Ratio
	 	#FFFFFF RGB(255,255,255)	#A75500 RGB(167,85,0)	5.33
	 	#0A00B6 RGB(10,0,182)	#FFFFFF RGB(255,255,255)	12.44
	 	#0A00B6 RGB(10,0,182)	#EAEAEA RGB(234,234,234)	10.34
	 	#FFFFFF RGB(255,255,255)	#0C7F00 RGB(12,127,0)	5.18
	 	#FFFFFF RGB(255,255,255)	#70008B RGB(112,0,139)	10.19
	 	#FFFFFF RGB(255,255,255)	#99002C RGB(153,0,44)	8.78
	 	#99002C RGB(153,0,44)	#FFFFFF RGB(255,255,255)	8.78
	 	#99002C RGB(153,0,44)	#EAEAEA RGB(234,234,234)	7.3
	 	#5B003D RGB(91,0,61)	#FFFFFF RGB(255,255,255)	13.89
	 	#80008A RGB(96,0,106)	#FFEF00 RGB(255,239,0)	10.32
	 	#5B003D RGB(91,0,61)	#00FFEE RGB(0,255,238)	10.94
	 	#00FFEE RGB(0,255,238)	#A90059 RGB(169,0,89)	5.84
	 	#00FFEE RGB(0,255,238)	#5B003D RGB(91,0,61)	10.94
	 	#FFFFFF RGB(255,255,255)	#A90059 RGB(169,0,89)	7.42

AA AAA AA AAA colors 613	SAMPLE TEXT sample text	SAMPLE TEXT sample text	#FFFFFF RGB(255,255,255)	#5B003D RGB(91,0,61)	13.89
AA AAA AA AAA colors 661	SAMPLE TEXT sample text	SAMPLE TEXT sample text	#FFFFFF RGB(255,255,255)	#0E0A50 RGB(14,10,80)	17.83
AA AAA AA AAA colors 513	SAMPLE TEXT sample text	SAMPLE TEXT sample text	#FFFFFF RGB(255,255,255)	#2611C5 RGB(38,17,197)	10.67
AA AAA AA AAA colors 609	SAMPLE TEXT sample text	SAMPLE TEXT sample text	#FFD400 RGB(255,212,0)	#2611C5 RGB(38,17,197)	7.45
AA AAA AA AAA colors 523	SAMPLE TEXT sample text	SAMPLE TEXT sample text	#FFD400 RGB(255,212,0)	#0E0A50 RGB(14,10,80)	12.45

Anexo 6: Tipografía

Se muestran a continuación las tipografías de acceso libre consideradas para su uso en el videotutorial, las cuales están diseñadas para mejorar la lectura de personas con dislexia. Dentro de sus características está la diferenciación que hacen, de manera clara, de los caracteres que suelen ser confundidos por su forma con mayor frecuencia: l, I, D, B, P, Q.

Las tipografías elegidas por su peso visual son: “*Open dislexic*” (<https://opendyslexic.org/>) para textos en pantalla y “*Sylexiad Sans*” (<https://www.sylexiad.com/>) para los subtítulos.

Ecuación
 $x-5=15$
l, I, d, b, p, q
Dine

Ecuación
 $x-5=15$
l, l, l, d, b, p, q
Open dislexic

Ecuación
 $x-5=15$
l, l, I, d, b, p, q
Sylexiad Sans

Ecuación
 $x-5=15$
l, l, I, d, b, p, q
Lexie

Anexo 7: Pre y post test

MATEMÁTICAS 1 Mi aprendizaje del videotutorial

Nombre: _____ Grupo: _____ No. de lista: _____

Lee atentamente cada pregunta y selecciona la opción correcta de acuerdo a lo mencionado en el videotutorial.

1. Una igualdad es...

- a) ...un valor faltante. b) ...un conjunto de números y letras. c) ...una equivalencia. d) Ninguna de las anteriores.

2. Una literal es una...

- a) ...incógnita. b) ...ecuación. c) ...igualdad. d) Ninguna de las anteriores.

3. Una ecuación es una...

- a) ...balanza. b) ...igualdad con un valor desconocido. c) ...letra o incógnita. d) Ninguna de las anteriores.

4. ¿Cuál de las siguientes es una ecuación?

- a) $12 + x = 16$ b) $22 - 4 = 18$ c) $3 + x$ d) $10 - 2 = 4(2)$

5. ¿Cuál de las siguientes NO es una ecuación?

- a) $m + 5 = 13$ b) $5(6) = a$ c) $17 - y = 2$ d) $x + 2$

6. De los siguientes procedimientos, ¿cuál es correcto para resolver la ecuación?

- | | | | |
|--|---|--|---|
| <p>a) $x + 5 = 11$
$x + 5 - 5 = 11 + 5$
<u>$x = 16$</u></p> | <p>b) $x + 5 = 11$
$x + 5 - 5 = 11 - 5$
<u>$x = 6$</u></p> | <p>c) $x + 5 = 11$
$x + 5 + 5 = 11 + 5$
<u>$x = 16$</u></p> | <p>d) $x + 5 = 11$
$x + 5 + 5 = 11 - 5$
<u>$x = 6$</u></p> |
|--|---|--|---|

7. De los siguientes procedimientos, ¿cuál es correcto para resolver la ecuación?

a) $m - 3 = 22$ $m - 3 + 3 = 22 + 3$ <u>$m = 25$</u>	b) $m - 3 = 22$ $m - 3 - 3 = 22 - 3$ <u>$m = 19$</u>	c) $m - 3 = 22$ $m - 3 + 3 = 22 - 3$ <u>$m = 19$</u>	d) $m - 3 = 22$ $m - 3 - 3 = 22 + 3$ <u>$m = 25$</u>
--	--	--	--

8. De los siguientes procedimientos, ¿cuál es correcto para resolver la ecuación?

a) $6(a) = 30$ $\frac{6(a)}{30} = \frac{30}{30}$ <u>$a = 1$</u>	b) $6(a) = 30$ $6(a) - 6 = 30 - 6$ <u>$a = 24$</u>	c) $6(a) = 30$ $\frac{6(a)}{6} = \frac{30}{6}$ <u>$a = 5$</u>	d) $6(a) = 30$ $6(a) - 6 = \frac{30}{6}$ <u>$a = 5$</u>
---	--	---	---

Anexo 8: Encuesta con escala de Likert

MATEMÁTICAS 1 Percepción del videotutorial

Nombre: _____ Grupo: _____

Lee atentamente cada afirmación sobre las características del videotutorial presentado sobre la Ecuación y marca el nivel en que estés de acuerdo o en desacuerdo, donde 5 es muy de acuerdo y 1 es nada de acuerdo.



Afirmación	1 Nada de acuerdo	2 Poco de acuerdo	3 Neutral	4 De acuerdo	5 Muy de acuerdo
1. La música es agradable.	1	2	3	4	5
2. El volumen de la música es apropiada.	1	2	3	4	5
3. La música no distrae del contenido del video.	1	2	3	4	5
4. Las imágenes son agradables.	1	2	3	4	5
5. El uso de los colores es agradable.	1	2	3	4	5
6. Las imágenes no distraen del contenido del video.	1	2	3	4	5
7. La información importante del video se resalta visualmente.	1	2	3	4	5
8. La información importante del video se resalta auditivamente.	1	2	3	4	5
9. No se incluye texto en pantalla que es leído por la narradora.	1	2	3	4	5
10. Las imágenes aparecen en pantalla al mismo tiempo en que la narración las menciona.	1	2	3	4	5
11. Las imágenes están cerca del texto en pantalla con las que se relaciona.	1	2	3	4	5
12. Se explican todos los conceptos o vocabulario necesarios para entender el tema.	1	2	3	4	5
13. Las imágenes se explican verbalmente y no con texto en pantalla.	1	2	3	4	5
14. La duración del video es adecuada.	1	2	3	4	5

15. El ritmo de la explicación es adecuada para la comprensión del contenido; es decir, ni tan rápida ni tan lenta.	1	2	3	4	5
16. El lenguaje de la narradora es como el de una conversación entre tú y ella.	1	2	3	4	5
17. La voz de la narradora es atractiva.	1	2	3	4	5
18. La pronunciación de las palabras por parte de la narradora es adecuada.	1	2	3	4	5
19. La narradora interactúa con el contenido que explica.	1	2	3	4	5
20. La narradora interactúa contigo como un profesor.	1	2	3	4	5
21. Se presentan ejercicios adecuados resueltos paso a paso.	1	2	3	4	5
22. El video te involucra activamente al darte tiempo para contestar ciertas preguntas o realizar algunas actividades.	1	2	3	4	5
23. Los subtítulos son adecuados.	1	2	3	4	5
24. El tipo de letra y su tamaño es legible.	1	2	3	4	5
25. Se cubrieron mis expectativas respecto al tema.	1	2	3	4	5
26. El video contribuyó a aumentar mi motivación por el tema.	1	2	3	4	5
27. Me siento capaz de implementar lo enseñado en el video.	1	2	3	4	5
28. Me gustó el videotutorial.	1	2	3	4	5
29. Recomiendo este videotutorial a otros compañeros.	1	2	3	4	5
30. Me gustaría más videotutoriales de este tipo.	1	2	3	4	5

Anexo 9: Recursos materiales, digitales y humanos

Para la elaboración del videotutorial se emplearon los siguientes recursos:

1. Recursos digitales

A) Software

- a) **Microsoft Word.** Procesa texto. Empleado para el desarrollo del guion técnico del videotutorial.
- b) **Adobe Illustrator.** Crea gráficos vectoriales. Empleado en el diseño de los gráficos.
- c) **Adobe Photoshop.** Manipula, crea y mejora imágenes. Empleado en la edición y retoque de imágenes.
- d) **Adobe Lightroom Classic.** Organiza y procesa fotografías. Empleado en la unión de fotografías panorámicas y en la edición del color.
- e) **Adobe Audition.** Otorga una estación de trabajo de audio profesional. Empleado en la grabación y edición de las voces de los clips del video.
- f) **Adobe Premiere Pro.** Edita videos. Empleado en el montaje y edición del videotutorial.
- g) **Procreate.** Edita gráficos rasterizados para pintura digital. Empleado en la creación de gráficos y en la animación de la cortinilla del videotutorial.

B) Páginas web

- a) **YouTube.** Sitio web para compartir videos. Utilizado para el alojamiento del videotutorial.
- b) **Adobe Color.** Herramienta para crear paleta de colores. Utilizado para la visualización de la combinación de colores.
- c) **Contrast Checker.** Herramienta destinada para que los diseñadores y desarrolladores prueben el cumplimiento del contraste del color. Utilizado para comprobar el contraste del color según las pautas de accesibilidad de contenido web (WCAG).
- d) **Epidemic Sound.** Sitio web de suscripción con acceso a música sin derechos de autor. Utilizado para seleccionar las canciones de fondo y efectos de sonido.

C) Almacenamiento en la nube

- a) **Google Drive.** Sitio para almacenar y acceder a archivos. Utilizado para almacenar y organizar los archivos del videotutorial.

2. Recursos materiales:

A) Hardware

- a) **Laptops.** Se emplearon dos con las siguientes características:
 - *Laptop 1.* Dell Inspiron 16,6" 15R 5521, Intel® Core™ I7-3632QM, S.O. Windows 10 64 bits, Memoria RAM 8 Gb.
 - *Laptop 2.* Dell Inspiron 15" 3583, Intel® Core™ i5-8265U, S.O. Windows 10 64 bits, Memoria RAM 8 Gb.
- b) **Pantalla.** Samsung 32" UN32J4300DF.
- c) **Tableta electrónica iPad.** Air cuarta generación 10.9", A14 Bioni S.O. 16.3.1, Memoria RAM 4 Gb.
- d) **Apple Pencil.** Primera generación.
- e) **Wacom.** Intuos CTL4100 4096 levels.
- f) **Cámara fotográfica.** Canon réflex EOS REBEL T4i 18.5 MP.
- g) **Kit podcasting** (Micrófono, filtro anti-pop, conector USB, brazo de soporte). Maono Au-a04 cardioide, respuesta frecuente 30Hz-16kHz.
- h) **Teclado Genius.** GK-100015.
- i) **Mouse Logitech.** Seguimiento óptico DPI (mín./máx.): 1000±.

B) Otros

- a) **Tripié de cámara.** HQ-TR3600 66", aluminio.
- b) **Tripié de focos.** Dos de aluminio.
- c) **Restirador de madera.** De 1.20 x 32 cm. Usado para dar soporte a los tripiés de los focos.
- d) **Anillo de luz con tripié portátil.** LJJ-36 LED 14", 48 W, 2,300 lúmenes, luces RGB.
- e) **Focos.** Dos con las siguientes características:

Foco LED tipo T 144 956, 125 W, 2,300 lúmenes, luz blanca.

Foco fluorescente, 30 W, 1,800 lúmenes, luz fría.

- f) **Telas.** Dos de grosor medio. Colocándolas en el set para evitar el eco.
- g) **Papel cebolla.** Dos pliegos, colocándolos con dos capas alrededor de los focos para controlar la intensidad.
- h) **Papel cartoncillo.** Dos pliegos, colocándolos alrededor de los focos, siguiendo una forma cónica para dirigir la luz hacia la presentadora.

3. Recursos humanos:

A) Humanware.

- a) **Rolando Aguilera Cháirez.** Realizador del guion, producción, edición y animación del videotutorial.
- b) **Analí Nava Hernández.** Presentadora y narradora del videotutorial.
- c) **Mauricio Calderón Ramírez.** Diseñador de los gráficos del videotutorial.

Anexo 10: Identidad

El diseño de la identidad corporativa (branding) está basado en las siguientes ideas y conceptos:

A) Nombre: Teoremática

El nombre Teoremática surge de la unión del término “*teorema*”, relativo a una proposición demostrable lógicamente partiendo de axiomas, postulados o de otras proposiciones ya demostradas; y del sufijo “*-tico(a)*”, que alude a ‘relativo a’, ‘relacionado con’ o ‘perteneciente a’. De tal manera que el significado del nombre es “*lo relacionado con demostraciones lógicas*”, lo cual está ligado con la idea central del proyecto que es mostrar el conocimiento matemático a nivel conceptual y no sólo procedimental.

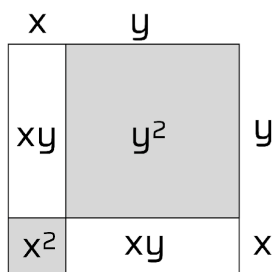
B) Logotipo

El concepto central del logotipo es la *inclusión*. Esto mediante la unión de dos círculos de distinto tamaño, el mayor en la parte superior derecha y el menor en la parte inferior izquierda; el primero hace referencia al conocimiento desarrollado por la humanidad y, el segundo, a todas aquellas personas que, por distintas razones, ese conocimiento está fuera de su alcance. De tal manera que, la unión de éstas dos es a través de la educación, siempre flexible y orgánica, por ello la unión de ambos círculos es con formas curvas y no rígidas.

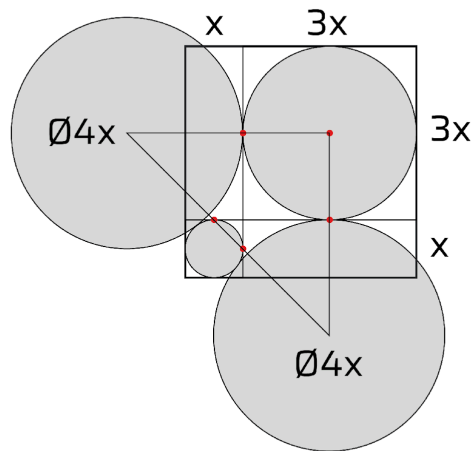
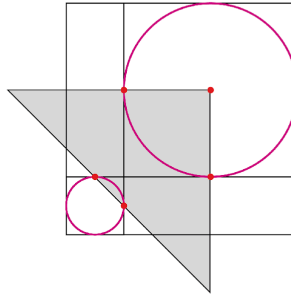
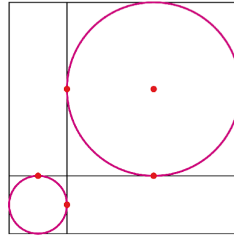
La construcción formal del logotipo es a partir de la representación gráfica del binomio al cuadrado: $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$. A continuación, se desglosa el proceso:

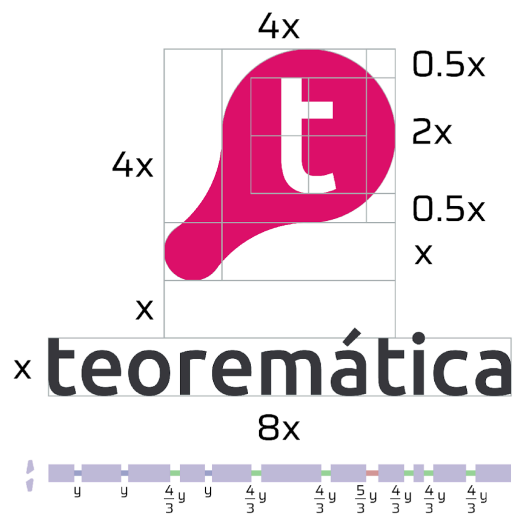
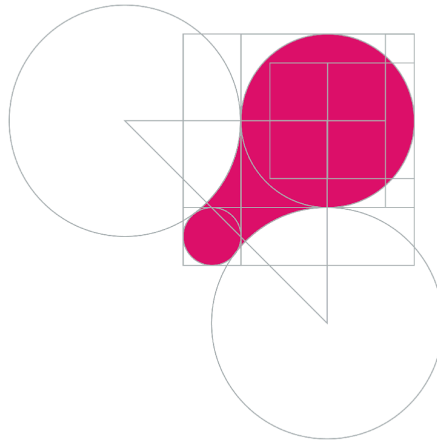
Comprobación gráfica del
Binomio al Cuadrado

$$(x+y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$$



Tangentes





teorema
Animando tu aprendizaje ®

C) Eslogan

El eslogan es: “*Animando tu aprendizaje*”. El cual hace referencia a dos ideas esenciales del proyecto: la animación digital y la motivación. La primera es referente a la utilización de los medios digitales para la representación conceptual de los objetos matemáticos; y la segunda es que, a través de diseños audiovisuales atractivos, el alumno se interese por el aprendizaje de las matemáticas. De esta manera, la palabra “animando” hace alusión a ambas ideas.

D) Mascota

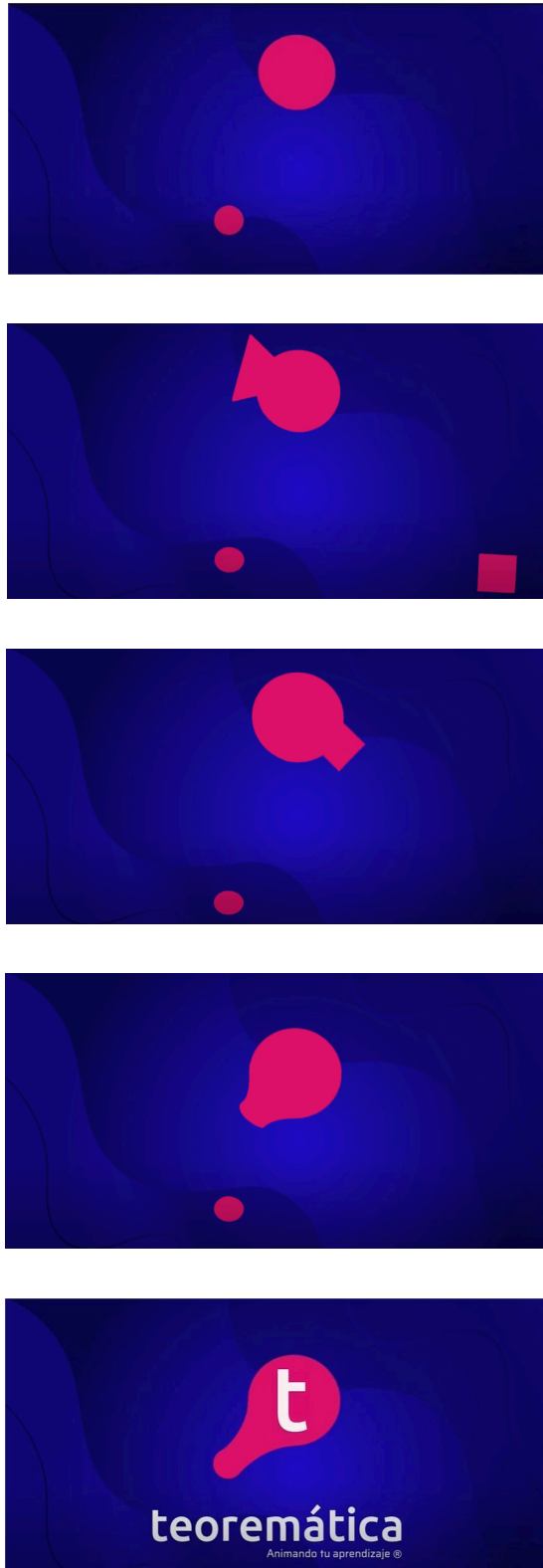
El axolote o ajolote es una especie de salamandra que, cuando es adulta, aún conserva rasgos larvales; es decir, al no cambiar su apariencia física juvenil, se considera que permanece así durante toda su vida o gran parte de ésta. Además, es una especie endémica de México al encontrarse sólo en el lago de Xochimilco, crean neuronas fácilmente a lo largo de su vida y tiene la capacidad de regenerar sus extremidades y parte de su cerebro.

En este sentido, el axolote es elegido como mascota del proyecto por representar la juventud, la mexicanidad, el aprendizaje (neuronas) y la perseverancia (regeneración). Ideas que corresponden con la esencia del proyecto y de su población a la que está dirigida.



E) Cortinilla

La idea central de la cortinilla del videotutorial es representar el concepto de diseño del logotipo, es decir, la inclusión. En este sentido, se encuentra el círculo mayor estático en la parte superior, representando el conocimiento, al cual diversas figuras hacen distintos saltos hasta alcanzarlo; representando así a la diversidad de personas y sus ritmos de aprendizaje. De entre estas figuras, existe una que, por más saltos que realiza, no logra alcanzar ese conocimiento hasta que se interviene en la situación de acuerdo con las condiciones de la figura para que logre alcanzarlo. Siendo ésta una analogía de la educación y su deber de inclusión.



Anexo 11: Datos brutos del Pre y Post Test

A) Datos Pre Test:

No. de estudiante	No. de ítem							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	C	A	B	A	D	D	D	D
2	C	D	B	A	D	B	A	C
3	C	B	C	A	B	D	A	D
4	C	B	B	A	B	B	A	C
5	C	D	D	C	B	B	A	B
6	C	D	B	A	B	B	A	C
7	C	B	B	A	B	C	B	B
8	B	D	B	A	D	C	D	B
9	C	C	C	A	B	A	A	A
10	C	C	B	C	B	A	B	D
11	C	A	B	A	B	D	D	C
12	C	B	C	A	B	C	A	C
13	C	A	C	C	B	A	A	A
14	C	A	D	A	D	D	C	B
15	C	D	D	A	B	B	A	C
16	C	D	C	A	B	B	A	C
17	C	D	D	A	B	C	A	C
18	C	A	B	A	D	B	A	C
19	C	D	B	C	B	A	A	A
20	C	A	B	A	B	B	D	C
21	C	A	B	C	C	B	D	B
22	C	A	B	A	B	B	C	B
23	C	A	B	A	B	C	C	A
24	C	A	C	A	C	A	C	D
25	C	D	C	A	B	C	A	D
26	C	B	D	D	B	C	B	D
27	C	A	B	A	B	A	B	C
28	C	B	B	A	D	C	C	B
29	C	B	C	A	B	B	C	A
30	C	A	D	A	D	B	A	B
31	C	A	B	A	B	B	A	A
32	B	B	C	A	B	A	D	C
33	C	A	C	D	B	C	A	C
34	C	A	B	D	C	B	A	A
35	C	B	C	C	B	D	B	A
36	C	B	D	A	D	B	A	C
37	C	A	C	A	B	C	D	A
38	C	A	D	A	B	C	D	B
39	C	A	D	A	D	C	A	C
40	B	A	C	C	B	C	B	B
41	C	D	B	A	C	A	B	C
42	C	A	B	A	B	B	A	C
43	C	D	C	A	B	B	A	C
44	C	B	B	C	B	D	A	C
45	C	D	C	D	C	D	C	B

B) Datos Post Test:

No. de estudiante	No. de ítem							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	C	A	B	A	D	B	A	C
2	C	B	A	A	D	B	A	C
3	C	A	B	A	D	D	D	A
4	C	B	B	A	D	B	A	C
5	C	B	B	B	B	B	C	C
6	C	A	B	A	B	B	A	C
7	C	A	B	A	D	B	B	B
8	C	B	A	A	D	A	B	D
9	C	A	B	A	B	B	C	C
10	B	A	B	A	D	C	B	A
11	C	A	B	A	D	B	C	C
12	C	A	B	A	D	D	A	C
13	C	B	B	A	D	B	C	B
14	C	A	C	A	B	B	B	B
15	C	B	B	A	D	B	A	C
16	C	A	B	A	D	A	A	C
17	C	A	B	A	D	D	C	B
18	C	A	B	A	D	B	B	C
19	B	A	B	A	D	B	B	B
20	C	A	B	D	D	B	A	C
21	C	A	B	A	D	D	D	D
22	A	A	A	A	D	B	A	C
23	C	A	B	A	D	C	B	B
24	C	A	A	A	B	A	C	B
25	C	A	A	A	D	A	C	C
26	A	C	B	A	B	B	A	D
27	A	A	A	A	D	A	A	A
28	C	A	A	A	D	B	D	D
29	C	A	A	A	D	B	A	B
30	C	A	B	A	B	B	A	D
31	A	A	B	A	D	C	A	C
32	C	C	B	A	B	A	B	B
33	C	A	B	A	B	B	A	D
34	C	A	B	A	D	B	A	B
35	C	A	B	A	D	B	D	D
36	C	A	A	A	D	B	A	C
37	C	A	B	A	B	C	A	D
38	C	A	B	A	D	A	C	C
39	C	D	B	A	D	B	A	C
40	C	A	B	A	D	A	A	C
41	C	A	B	A	B	A	A	C
42	C	A	B	A	B	B	A	C
43	C	A	B	A	D	B	A	C
44	C	A	B	A	B	B	B	C
45	C	A	B	A	D	C	A	C

46	C	C	C	C	C	C	A	A
47	C	A	B	A	A	D	D	B
48	D	A	B	A	B	B	C	C
49	C	B	D	B	D	D	C	B
50	C	A	A	A	D	B	A	B
51	B	A	B	A	D	A	B	C
52	C	A	C	A	B	C	C	B
53	C	A	D	C	B	B	D	C
54	B	C	B	C	B	C	A	B
55	C	A	D	C	B	B	A	C
56	C	A	B	A	B	B	B	A
57	C	B	B	A	D	B	C	C
58	C	A	A	A	D	A	D	B
59	C	B	B	A	D	D	B	A
60	C	A	B	A	B	C	D	A
61	C	A	B	D	B	A	B	B
62	C	D	B	D	D	D	A	B
63	C	B	B	B	C	D	A	C
64	C	A	C	C	B	D	C	B
65	C	A	B	A	D	B	A	C
66	C	B	B	A	D	D	D	D
67	C	C	C	D	A	C	B	A
68	C	C	B	A	A	B	C	B
69	C	C	B	B	B	B	A	B
70	C	A	B	B	D	B	A	C
71	C	A	C	C	C	B	A	D
72	C	B	B	C	B	B	A	C
73	B	B	B	C	C	D	A	B
74	C	D	B	A	D	B	A	C
75	C	A	D	A	D	B	D	C
76	D	A	C	A	B	A	A	C
77	C	A	D	A	A	B	A	C
78	D	B	C	C	B	A	A	C
79	C	A	C	A	D	C	C	B
80	C	C	D	A	B	C	C	D
81	C	A	C	B	D	C	C	B
82	C	D	B	A	D	D	A	C
83	C	B	B	A	B	C	D	D
84	C	D	C	A	D	B	A	D
85	B	A	B	A	D	B	D	C
86	A	B	B	A	B	A	A	B

46	C	A	B	A	D	C	D	B
47	C	A	B	A	B	B	A	C
48	C	A	B	A	D	D	D	B
49	C	A	B	A	D	B	C	C
50	C	B	B	A	D	A	A	C
51	C	A	B	A	D	B	A	C
52	A	A	B	A	D	C	B	C
53	C	D	B	A	D	B	C	B
54	C	A	B	A	B	C	B	C
55	C	A	A	A	D	A	C	B
56	C	A	B	A	B	B	C	A
57	C	A	B	A	D	A	C	C
58	C	A	B	A	D	B	A	C
59	C	A	B	A	D	B	A	C
60	B	A	B	A	B	B	B	B
61	A	B	A	A	B	B	B	B
62	C	A	B	A	B	D	D	B
63	C	A	B	A	B	A	B	B
64	C	A	C	A	C	C	D	C
65	C	A	B	A	D	B	C	C
66	C	A	B	A	D	B	C	C
67	A	A	B	A	B	C	A	B
68	C	A	B	A	D	C	B	A
69	C	A	A	A	B	C	D	C
70	C	A	B	A	D	A	A	C
71	C	A	B	A	D	B	D	C
72	C	A	B	A	D	B	B	C
73	C	A	A	A	D	C	C	A
74	C	D	B	A	D	B	A	C
75	C	A	B	A	A	B	B	A
76	A	C	B	A	B	B	B	A
77	B	A	A	A	B	B	C	D
78	C	A	B	A	B	B	C	C
79	C	A	B	A	D	B	B	C
80	C	A	A	A	B	A	C	C
81	C	C	B	A	B	C	D	A
82	C	A	B	A	D	D	A	C
83	C	A	B	A	D	A	A	B
84	C	A	B	A	D	B	A	C
85	C	A	A	A	D	B	D	C
86	C	A	B	A	D	B	C	B

Anexo 12: Datos brutos de la encuesta con escala de Likert

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	4	3	4	3	4	3	4	5	3	3	4	4	4	5	4	4	3
2	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5	4	4	3	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5
4	4	5	5	4	3	4	5	2	4	5	4	4	5	4	3	3	3	5	4	3	5	2	4	4	2	2	4	3	5	3
5	4	5	5	5	5	3	2	3	2	3	3	3	4	2	3	3	2	2	3	2	3	4	3	3	5	4	4	5	5	4
6	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	4	4	3	5	3	4	4	4	4	5	5	4	5	3	4	5	4	4	5	5	5	3	4	5	4	5	4	4	4	4
8	3	4	5	4	4	5	5	5	3	4	3	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4	5
9	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	3	4	5	5	4	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	4	3	5	5	3
11	4	5	5	4	4	5	5	4	2	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	3	5	4	4	4	3	5	5	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5
13	3	5	5	5	4	5	3	5	5	5	5	3	5	5	3	3	4	4	2	1	5	3	5	4	3	3	2	4	4	3
14	4	3	3	4	4	5	4	4	4	5	3	4	4	4	4	5	5	5	4	5	4	3	3	4	5	5	5	5	5	4
15	4	5	5	4	4	4	3	4	4	5	4	3	4	4	3	5	5	5	4	4	3	2	4	4	5	5	3	5	5	5
16	5	4	2	5	5	1	4	4	2	4	5	5	3	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5
17	4	5	3	5	5	4	5	4	2	4	5	4	5	4	4	3	4	5	5	4	4	4	5	2	5	4	5	5	4	5
18	3	4	5	4	4	5	5	3	4	4	5	5	5	5	3	3	3	4	4	5	5	3	4	4	5	3	3	5	5	5
19	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	3	4	5	5	5	4	4	5	4	4	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5
20	4	3	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	5	4	3	4	4	3	4	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4
21	5	4	5	3	2	5	5	3	4	5	3	4	3	4	3	2	3	4	3	4	3	3	5	4	2	2	2	5	3	3
22	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	3	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5
23	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5
24	4	5	4	5	3	4	4	4	3	5	4	4	4	5	5	5	4	4	3	4	4	5	5	4	5	4	3	4	5	4
25	4	5	5	4	4	5	5	5	3	4	5	4	5	4	5	3	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	3	5	5	4
26	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4
27	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	3	5	3	4	4	3	4	3	5	5	4
28	4	3	5	3	3	4	2	2	3	5	3	5	4	4	4	3	4	5	5	2	5	2	3	3	4	3	4	3	3	2
29	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5
30	5	5	4	5	5	5	4	3	5	5	3	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5
31	4	3	3	4	5	3	2	3	3	5	4	5	5	5	4	3	4	5	4	5	5	2	5	3	4	5	5	5	5	5
32	4	5	5	5	4	4	5	2	1	3	5	5	4	5	5	3	3	3	4	4	4	4	4	2	4	5	4	5	4	5
33	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5
34	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
35	5	5	4	5	4	5	4	2	1	3	4	5	2	5	4	3	4	5	2	3	5	3	4	3	4	1	2	5	5	4
36	5	4	4	3	4	5	5	3	5	1	2	5	3	5	4	5	3	5	1	3	4	1	4	5	3	4	3	1	1	1
37	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
38	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	3	5	4	5	5	5	4	4	5	4	5	4	4	5	5	5	3	5	5	5
39	4	5	5	5	5	4	4	3	5	4	3	5	4	4	4	3	3	4	3	2	3	4	5	5	3	4	4	4	3	3
40	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5
41	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
42	5	3	4	5	1	4	5	3	4	5	3	5	5	5	5	3	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
43	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	3	4	5	5	5
44	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	5	5	3	5	4	5	5	5
45	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
46	4	5	5	5	5	4	3	3	1	5	5	4	2	5	4	4	3	5	5	3	4	5	5	4	3	4	5	5	5	5
47	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	2	4	4	3	4
48	4	5	5	4	4	5	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5
49	4	5	4	5	4	4	3	4	5	5	4	4	5	3	5	2	1	3	4	5	4	3	4	4	4	5	5	5	5	3
50	5	4	4	4	3	5	5	4	5	3	4	5	4	5	4	3	3	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5
51	4	4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	5	4	5	5	5	3	4	5	4	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5
52	3	5	5	5	4	4	5	2	5	3	1	5	5	5	4	4	5	5	1	4	5	3	2	5	4	4	5	5	5	4
53	4	3	4	5	5	4	5	4	2	3	4	5	3	3	5	4	3	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4
54	4	5	5	4	4	5	3	4	1	3	3	5	3	5	4	4	3	4	5	5	5	5	5	4	4	3	4	4	4	4
55	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5

