



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICOMATEMÁTICAS

**MINECRAFT, UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
MODELOS SITUACIONALES DURANTE LA COMPRESIÓN DE
PROBLEMAS VERBALES MATEMÁTICOS:
ESTUDIO DE DOS CASOS**

TESIS

**Que para obtener el título de:
Maestro en Educación Matemática**

**Presenta:
JIM OSVALDO MARÍN ACEVEDO**

**DIRECTOR:
Dr. José Antonio Juárez López**

**CO-DIRECTOR:
Dr. Josip Slisko Ignjatov**



**Facultad de Ciencias
Físico Matemáticas**

Puebla, Pue. Mayo de 2018



BUAP

DRA. LIDIA AURORA HERNÁNDEZ REBOLLAR
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y
ESTUDIOS DE POSTGRADO, FCFM-BUAP
P R E S E N T E:

Por este medio le informo que el Lic.

JIM OSVALDO MARÍNA ACEVEDO

Estudiante de la Maestría en Educación Matemática, ha cumplido con las indicaciones que el Jurado le señaló en el Coloquio que se realizó el día 13 de abril de 2018, con la tesis titulada:

**“MINECRAFT, UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE MODELOS SITUACIONALES DURANTE LA COMPRESIÓN
DE PROBLEMAS VERBALES MATEMÁTICOS: ESTUDIO DE
DOS CASOS”**

Por lo que se le autoriza a proceder con los trámites y realizar el examen de grado en la fecha que se le asigne.

A T E N T A M E N T E.
H. Puebla de Z. a 16 de mayo de 2018


DR. JOSIP SLISKO IGNJATOV
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA
EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA.



Cep. Archivo.
DR. JSI / l'agm*

Facultad
de Ciencias
Físico Matemáticas

Av. San Claudio y 18 sur, edif. 111 A,
Ciudad Universitaria, Col. San
Manuel, Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7550 y 7552

AGREDECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por contribuir en gran medida a la realización del trabajo presentado. Gracias por la ayuda económica brindada.

A mis asesores: Dr. José Antonio Juárez López y Dr. Josip Slisko Ignjatov, por la acertada orientación, el soporte y la discusión crítica que me permitió un buen aprovechamiento en el trabajo realizado, y que esta tesis llegara a buen término. Gracias por creer en este proyecto.

A mis profesores pertenecientes al cuerpo docente de la Maestría en Educación Matemática: Dr. Eric Flores Medrano, Dra. Dinazar I. Escudero García, Dra. Honorina Ruiz Estrada y Dr. José Gabriel Sánchez Ruiz. Gracias por todo el esfuerzo y compromiso que imprimieron en mi formación ética y profesional. Sus enseñanzas no han caído en “saco roto”.

A la Escuela Secundaria Técnica No. 39 y a los alumnos del tercer grado, grupo B, pertenecientes a la generación 2014. Gracias por las facilidades brindadas y la entusiasta cooperación durante el desarrollo de la presente investigación.

A mi familia, Ma. Del Rocío Acevedo Calderón, Alberto Marín García y Brandon Alberto Marín Acevedo, por apoyarme en todo momento y motivarme a seguir siendo un mejor docente.

Especial mención y mi más sincero agradecimiento a: Lic. Emir Dassaet Zárate Acevedo, Lic. Alondra Zárate Acevedo, Mtro. Eliel Francisco Sánchez Acevedo, Lic. Paloma Sitalin Sánchez Acevedo y demás miembros de “La Tripulación”. En palabras de Sir Isaac Newton, “Si he logrado ver lejos es porque he estado a hombros de gigantes”.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
--------------------	---

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES EN TORNO A LA COMPRESIÓN DE PROBLEMAS, LOS MODELOS SITUACIONALES Y SU RELACIÓN CON LOS VIDEOJUEGOS.....	3
1.1. ESTUDIOS PREVIOS	3
1.1.1. Hacia una definición de modelo situacional	3
1.1.2. Comprensión lingüística y recuperación desde la memoria	8
1.3. HACIA UN ENCUENTRO CON LO VIRTUAL	10
1.3.1. La Ecología de juegos.....	10
1.3.2. Aprendizaje y juegos.....	12
1.3.3. Minecraft.....	14

CAPÍTULO 2

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2.1. OBJETIVOS.....	19
2.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	20
2.3. JUSTIFICACIÓN.....	20

CAPÍTULO 3

MARCO REFERENCIAL	23
3.1. PARA EL ANÁLISIS DE DIBUJOS DE MODELOS SITUACIONALES	23
3.1.1. Cinco componentes del modelo situacional: Las dimensiones situacionales	23
3.2. SOBRE LA DIMENSIÓN SITUACIONAL DE ESPACIALIDAD	27
3.2.1. Tres procesos: Foreground, Updating y Retrieval	27
3.2.2. Representación visual-espacial y resolución de problemas	31

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA	35
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUJETOS DE ESTUDIO.....	35
4.1.1. Contexto externo: Localidad.....	36
4.1.2. Contexto interno: Institución	36
4.1.3. Características de aprendizaje de los alumnos.....	36
4.2. ELEMENTOS TEÓRICOS PARA LA APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE PRUEBAS PSICOMÉTRICAS ESTANDARIZADAS (WISC-IV)	37
4.3. ELEMENTOS TEÓRICOS PARA LA ELABORACIÓN DE SECUENCIA DIDÁCTICA	39
4.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS APLICADAS	42
4.4.1. Características de los pre-tests	42
4.4.2. Diseño y características de aplicación de la secuencia didáctica.....	46
4.4.3. Características de los post-tests	49

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS (PRE-TESTS)	51
5.1. REPRESENTACIÓN DE MODELOS SITUACIONALES A PARTIR DE DIBUJOS	51
5.1.1. Herramientas para análisis	51
5.1.2. Análisis de casos:	53
5.2. WISC-IV.....	59
5.2.1. Análisis de casos:	59

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE PRODUCTOS Y RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	63
6.1. ANÁLISIS DE DIBUJOS Y CONSTRUCCIONES EN MINECRAFT	63
6.1.1. Actividades de introducción	63
6.1.2. Revisión de actividades de desarrollo y cierre: Análisis de casos	69

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS DE RESULTADOS (POST-TEST).....	83
7.1. REPRESENTACIÓN DE MODELOS SITUACIONALES A PARTIR DE DIBUJOS....	83
7.1.1. Herramientas para análisis	83
7.1.2. Análisis de casos:	83
7.2. WISC-IV.....	92

CAPÍTULO 8

DISCUSIÓN (CONCLUSIONES)	95
BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS.....	105

Resumen

La presente investigación tiene el propósito de ahondar en el proceso de construcción de los modelos situacionales en la resolución de problemas verbales matemáticos, haciendo un análisis de las representaciones de los alumnos elaboradas a partir de dibujos. En adición, se propone una secuencia didáctica en la que se integra el uso del videojuego *Minecraft* como alternativa a los dibujos y como medio para mejorar el *Índice de Razonamiento Perceptual* de los mismos, para lo cual se contempla la participación de la dimensión de *espacialidad* en calidad de componente esencial perteneciente a tales modelos. Dicho índice es monitoreado haciendo uso de los sub-tests pertenecientes a la prueba psicométrica WISC-IV, que funge tanto de pre como de post-test.

Abstract

The present investigation has the purpose to further the analysis on situational models and the roll these play in the process of verbal mathematical problem solving by analyzing representations made by students and elaborated through drawings. In addition, a didactic sequence is proposed, in which the videogame *Minecraft* has been integrated as an alternative for the drawings and as a tool to improve what is called the *Perceptual Reasoning Index* in such students. In order to achieve this, the involvement of *spatial* dimension has been considered as an important component from those models. Such index was monitored using the sub-tests included in the WISC-IV, a psychometric test that works as both pre-test and post-test.

Palabras clave:

Modelo situacional, dimensión situacional, problema verbal matemático, espacialidad, dibujo, videojuego, *Minecraft*.

INTRODUCCIÓN

¿Qué pasa por la mente del estudiante cuando se enfrenta a un problema verbal dentro o fuera de la clase de matemáticas?, ¿imagina la situación que se le propone? De ser ese el caso, ¿cómo la imagina?, ¿se imagina a sí mismo dentro de la situación?, ¿la ve desde lejos?, ¿qué elementos considera importantes y cuáles omite?, ¿cuáles realmente le permiten comprender el problema?, ¿y resolverlo?, ¿qué procesos se encuentran implicados en todo esto?, ¿cuáles pueden ser mejorados y cómo es posible lograrlo?

Estas y muchas otras preguntas han tratado de ser respondidas a lo largo de casi cien años de investigación en materia de resolución de problemas, procesos cognitivos, modelos situacionales y herramientas tanto tradicionales como tecnológicas. Resulta evidente la imposibilidad de responderlas todas aquí y, sin embargo, lo que proponemos en las siguientes líneas es centrarse en la resolución de una pequeña pero significativa parte de ellas, una que ha sido poco, si no es que absolutamente, inexplorada: la relación que puede o no esconderse tras los procesos cognitivos y de desempeño en torno a la comprensión de problemas verbales matemáticos a través del uso de videojuegos. Uno en particular para ser exactos, *Minecraft*.

Este estudio se divide en ocho capítulos:

En primer lugar, se hace un análisis histórico de los puntos más relevantes en torno a los **antecedentes** que sirven de base. Se contemplan investigaciones previas relacionadas con el estudio de la definición y construcción de los modelos situacionales; se hace también una revisión de las dimensiones que los conforman, haciendo particular énfasis en la de *espacialidad*; se finaliza con una descripción de aquellos aspectos que han influido en la integración y aplicación de los videojuegos en el ámbito educativo.

El segundo capítulo corresponde con el **planteamiento del problema**, donde se define cuál es la problemática que se aborda, evaluando las deficiencias presentes en cuanto a lo que se sabe y no se sabe del mismo; se establecen los objetivos y preguntas de investigación, así como la justificación de la misma y los supuestos desde donde parte.

El tercer apartado se centra de lleno en la literatura consultada que sirve de referencia y medio de observación, primeramente, para la selección de los problemas verbales matemáticos y el estudio de los dibujos relacionados con la construcción de modelos situacionales; aunado a ello, se contempla la bibliografía necesaria para trabajar con la aplicación de pruebas estandarizadas, en particular la prueba WISC-IV. Más adelante se aborda el material consultado sobre *Minecraft*, para

culminar con la revisión de teorías y propuestas relacionadas con el diseño y aplicación de una secuencia didáctica, concluyendo así el capítulo designado para el **marco teórico**.

El cuarto capítulo se refiere a la descripción de la metodología diseñada. En ella se resaltan las características de los sujetos de estudio, tanto de aprendizaje como del contexto en que se desenvuelven. Asimismo, se detallan los procedimientos a seguir y la naturaleza, uso y justificación de los insumos e instrumentos necesarios.

Los capítulos 5, 6 y 7 están destinados a mostrar los resultados obtenidos en las etapas de **pre-test**, **secuencia didáctica** y **post-test**, respectivamente, que se complementan con comentarios en los que se describen observaciones sobre fenómenos y otros pormenores que sobresalieron o influyeron de una u otra manera durante la aplicación de los mismos.

Por último, el capítulo 8 va dirigido a explicitar las **conclusiones** a las que se llegó y al planteamiento de puntos de **discusión** que permitan la apertura a debates posteriores.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES EN TORNO A LA COMPRESIÓN DE PROBLEMAS, LOS MODELOS SITUACIONALES Y SU RELACIÓN CON LOS VIDEOJUEGOS

Para este primer apartado nos centraremos en tres tópicos: los modelos situacionales, la habilidad espacial y la relación videojuegos-educación. En menor medida se abordarán otros (lenguaje, memoria, discurso, etcétera) que, si bien se relacionan con los ya mencionados, no forman parte de los objetivos del estudio.

En primera instancia conviene preguntarse ¿Qué es un Modelo Situacional (en adelante MS)?

Una primera noción es aportada por los investigadores van Dijk y Kintsch (1983), quienes lo llaman “Modelo Cognitivo” y lo exponen como aquel modelo que es construido por el lector u oyente acerca de la situación que está percibiendo, y que suministra y recolecta toda la información relevante que permita una adecuada comprensión del texto.

Zwaan y Radvansky (1998) retoman las ideas de los primeros y lo definen como la representación mental integrada de un determinado conjunto de aspectos. Estos son extraídos de un mensaje escrito u oral con la finalidad de poder comprenderlo. Mensaje al que hemos de referirnos como “discurso”.

1.1. ESTUDIOS PREVIOS

1.1.1. Hacia una definición de modelo situacional

Es en 1983 cuando van Dijk y Kintsch publican su libro *Strategies in discourse comprehension*. En él describen un punto histórico muy importante: la problemática previa que pone en marcha una serie de estudios y análisis que termina por generar, en una de sus tantas vertientes, la noción de *modelo cognitivo*. Y aunque dicha obra se enfoca más en el estudio de los aspectos que atañen al papel que juega el lenguaje y sus diversos componentes en la construcción de un “modelo de procesamiento” para la comprensión del discurso de textos, contiene un capítulo llamado precisamente “*El modelo cognitivo*”, que no es otra cosa sino los modelos situacionales, objetos del presente análisis.

La idea de los modelos situacionales, como bien dan a entender los autores, no es nueva. Sin embargo, tampoco surge de manera espontánea ni tiene sus orígenes en campos del saber dedicados a procesos cognitivos (como es posible que se llegue a pensar). El antecedente más próximo del modelo situacional es el estudio del discurso a través del lenguaje. Para evitar que de aquí en adelante existan confusiones, retomaremos las definiciones que Vomvoridi y Razfar (2013) elaboran en torno a dichos términos:

Típicamente, la noción de lenguaje se refiere a los aspectos estructurales del lenguaje (e.t. código) y/o al uso de idiomas nacionales. En contraste, discurso se refiere al lenguaje especializado y situado... (que) incluye de manera más explícita, las dimensiones de acción, semiótica, y crítica del uso del lenguaje (...) Estas dimensiones contemplan su uso (del lenguaje) en situaciones comunicativas reales, enfocadas en realmente construir significado, y en cómo la gente esboza pistas y relaciones cuando usan el lenguaje específicamente para resolver problemas (Vomvoridi-Razfar, 2013, p. 8).

van Dijk y Kintsch (1983) entran en materia de modelos cognitivos a partir de una pregunta: ¿Cómo ocurre la comprensión del discurso en tiempo real? Ello da pie a una suerte de “mapeo” rápido en el que enumeran de manera creciente los procesos que tienen lugar cuando se escucha un discurso. *grosso modo* son resumidos de la siguiente manera:

Los sonidos se interpretan como fonemas, que a su vez se interpretan como morfemas, los cuales se combinan creando cláusulas. La unión de tales cláusulas crea oraciones que deben articularse mediante conexiones coherentes, de las cuales se derivarán macroestructuras que permitan determinar el tópico o tema a que hacen referencia. Las interpretaciones resultantes dependerán del conocimiento que la persona posea a partir de sus experiencias (memoria episódica). A la par de esto, el comprendedor identifica el contexto inmediato de comunicación para poder establecer la situación social en la que se encuentra, lo cual también depende de la memoria episódica. En todo momento, una serie de propiedades interaccionales son aplicadas, de modo que relacionen todos estos niveles de interpretación y las macroestructuras elaboradas. En adición a todo el conocimiento que ya ha entrado en juego, intervienen también opiniones personales, actitudes, valores, emociones, intereses, deseos, metas, planes y demás. El proceso es tan complejo y, en apariencia, tan simple y rápido, que los autores, y prácticamente cualquiera que se tome un momento en

contemplar semejante panorama, no pueden menos que calificarlo como “milagroso”. No obstante, tal sistema cuenta con ciertas restricciones. Dos para ser exactos, según se describe en el capítulo. Ambas tienen que ver con las memorias de corto y largo plazo. La primera es la capacidad limitada de la memoria de corto plazo y la segunda la capacidad de recuperar datos desde la de largo plazo. Es en este punto donde el análisis de las imágenes comienza a cobrar verdadera fuerza dado que funcionan como herramienta valiosa al momento de recuperar dichos datos (van Dijk y Kintsch, 1983).

En ese sentido, Tapiero (2007) también retoma las nociones de van Dijk y Kintsch (1983), quienes proponen un sistema de procesamiento de información (leída o escuchada) dividido en dos partes: la microestructura, que se construye al ir leyendo/escuchando; y la macroestructura, que permite integrar lo aportado por el discurso leído/escuchado dentro de un contexto global (lo que le brinda coherencia), y cuyo análisis se da a través de las unidades arriba citadas. Todo ello permite al lector/escucha comprender el discurso que se le presenta.

No es de extrañar entonces, que los primeros modelos de representación mental tuviesen como común denominador estar basados en la visualización mental del texto mismo. Fuesen complejos o no (y en ningún momento se está afirmando que sean erróneos, hayan dejado de ser válidos o que no se manifiesten), tales modelos no alcanzan a englobar todos los recursos que involucra el proceso de comprensión. Es por ello que se comienza a plantear la idea de un tipo de modelo distinto, cuya naturaleza ya se había identificado, pero no se le había brindado la atención necesaria. van Dijk y Kintsch (1983) comentan al respecto:

...el concepto evolucionó desde trabajos previos como “hechos”, “mundos posibles” y “modelos de discurso”. También menciona conceptos similares de otros autores, “diarios referenciales” por Clark and Marshall (1978), “referentes de discurso” por Karttunen (1976), “entidades de discurso” por Nash-Webber (1978), “redes de referencia” por Habel (1982), “teoría del mundo del texto” de Petöfi (1980), “representaciones de discurso” de Kamp (1981), y los “modelos mentales” de Johnson-Laird (1980), (van Dijk y Kintsch, 1983, p. 337).

Finalizan la cita afirmando que, de no ser posible imaginar una situación en la que los factores involucrados comparten características comunes a la situación descrita en el texto, entonces

sencillamente no lo estamos comprendiendo. Claro que, dependiendo ciertas condiciones, sí es posible la aparición de casos de procesamiento de lenguaje (Zwaan y Radvansky, 1998) a partir de la representación textual misma, sin embargo, en lo que a problemas verbales matemáticos (en adelante PVM) respecta, coincidimos con lo anterior. ¿La razón? El factor “conocimiento”. van Dijk y Kintsch (1983) mencionan que para poder existir comprensión de discurso es necesario que éste se relacione con una estructura de conocimiento existente que, en última instancia, proveerá el modelo situacional. En ese caso, no es difícil imaginar que, si el problema que se está leyendo contiene información sobre la que la persona no posee registro alguno, entonces le será muy difícil, por no decir imposible, comprenderlo. Esa información o conocimiento son obtenidos de las experiencias pasadas de la persona y es almacenado en la memoria. Asimismo, se propone que, una vez creado un modelo situacional, este puede ser almacenado, recuperado, analizado, modificado, vuelto a almacenar e incluso ser eliminado. Estas observaciones sirvieron como base para las investigaciones de Zwaan y Radvansky (1998).

Seguidamente se explica que, en lo concerniente al texto que se lee, este cumple otra función fundamental: la de enriquecer el modelo situacional. Esto ocurre principalmente porque dicho texto omite conocimientos que se da por sentado son sabidos por el individuo. En ese caso, la información que provee debe ser necesariamente nueva y relevante, lo que lleva a los autores a pensar que existe una relación entre lo expresado en el texto y el contexto bajo el que el lector lo sitúa. Relación que deciden nombrar “modelo de contexto comunicativo”, mismo que, asumen, enlaza el modelo situacional y la representación del texto en la forma de “contenido” semántico del acto comunicativo. A pesar de ello, no ahondan más en este “modelo”.

Finalmente, van Dijk y Kintsch (1983) hacen un análisis en torno a porqué los modelos situacionales son necesarios, describiendo aspectos como:

- Co-referencia: El modelo situacional provee la representación de un mismo sujeto al ser mencionado bajo expresiones distintas.
- Coherencia: Cuando los hechos en el texto base están conectados por diversos medios.
- Parámetros situacionales: Sobre los cuales el modelo está definido (tiempo, espacio, localización, etcétera).
- Perspectiva: Cuando el discurso es visto desde diferentes puntos de vista.

- Cuando dos idiomas presentan el mismo “conocimiento base”, ambas representaciones textuales pueden ser comprendidas vía un mismo modelo situacional. Sin embargo, cuando esto no sucede, por ejemplo, dados distintos códigos culturales, es necesario que para cada idioma se construyan modelos distintos.
- Diferencias individuales en comprensión: normalmente, el texto no provee de demasiados elementos para que la comprensión de su discurso resulte de alguna manera homogénea a distintos lectores. En ello intervienen también intereses y metas personales, lo que puede dar pie a diversas interpretaciones acerca de un mismo mensaje.
- Nivel de descripción: Idealmente, un texto está redactado “a la medida” del lector. Esto significa que contiene tanto la información que este desconoce como aquella necesaria para comprender la primera, para lo cual el modelo situacional construido debe converger con el discurso y la información que el texto presenta.
- Memoria: Cuando bajo ciertas condiciones el lector recuerda el modelo situacional pero no la representación textual, usualmente porque ésta es difícil de reconstruir, en cuyo caso las oraciones sólo sirven para construir el modelo, pero no para servir como texto base. Por supuesto que lo contrario también puede ocurrir: recordar el texto sin tener un modelo situacional, en cuyo caso la falta de comprensión se traduce en una pobre ejecución de la memoria de largo plazo.
- Reordenamiento: El reordenamiento de narrativas desordenadas sólo puede ser explicado a través de la construcción de un modelo situacional basado en la (o las) estructura(s) de conocimiento apropiada(s).
- Integración a través de distintas modalidades: Cuando es necesario integrar información procedente de fuentes textuales y no textuales.
- Resolución de problemas: El modelo situacional juega un papel sumamente importante cuando algún tipo de acción debe ser tomada sobre la lectura de un texto. Este modelo, que resulta de procesos interpretativos, provee las bases para la ejecución de más operaciones cognitivas: pensamiento formal, razonamiento lógico, inferencias, etcétera. Es esta razón en particular la que se tomará como referencia constante del presente estudio.
- Actualización y relación: Dos de las funciones más importantes del modelo situacional, ya que son las que permiten modificar modelos previamente construidos o almacenados en la MTLP.
- Aprendizaje: Que puede ser conceptualizado como la modificación de modelos situacionales debido a que, generalmente, “aprender del texto” no significa “aprender el texto”.

1.1.2. Comprensión lingüística y recuperación desde la memoria

Zwaan y Radvansky (1998) reportaron uno de los estudios más completos y fructíferos conocidos hasta la fecha en materia de modelos situacionales. Una serie de experimentos y análisis que duró un periodo estimado de quince años en completarse. La diferencia principal existente en su trabajo en comparación con otros, en particular el de van Dijk y Kintsch (1983), es que se centra en comprender la representación de la situación descrita, el modelo situacional, en vez de las representaciones (generalmente textuales) que se usan al construirlo (Zwaan y Radvansky, 1998). Como ya se ha mencionado, varios investigadores se dieron cuenta de que no bastaba la visualización literal del texto a la hora de explicar por completo cómo es que se desarrolla la comprensión del discurso contenido en el mismo. Entre los involucrados tenemos a Zwaan y Radvansky (1998), quienes inicialmente tomaron como referencia los estudios realizados por Bransford, Barclay y Franks de 1972 (citado en Zwaan y Radvansky, 1998) sobre el efecto que la descripción de situaciones tiene sobre la memoria, y se percataron de que los sujetos de estudio, para poder diferenciar y comprender textos gramaticalmente similares, tuvieron que recurrir necesariamente a la creación de modelos situacionales. Y, al igual que van Dijk y Kintsch (1983), concluyeron que la información extraída terminaba siendo almacenada en la memoria de largo plazo, de manera que pudiese ser utilizada en cualquier momento a la hora de describir e interpretar situaciones posteriores. Partiendo de lo anterior, ambos otorgan un papel sumamente importante a la memoria, debido a que influye en la construcción de estos, al tiempo que ellos ejercen una influencia recíproca sobre la primera, en lo que puede ser considerado como un ciclo infinito de ejercicio creativo-memorístico. Posteriormente, Zwaan y Radvansky (1998) describen algunas de las razones mencionadas por van Dijk y Kintsch (1983) acerca de la importancia de los modelos situacionales, sin embargo, no nos detendremos en este punto, sino que se tomará como prioritario el correspondiente a “resolución de problemas”, que ya ha sido mencionado.

Es importante diferenciar entre el concepto que ya se ha dado de modelo situacional y el de “esquema”. Los esquemas, al igual que los modelos situacionales, son representaciones mentales. La diferencia entre ambos estriba en que el esquema representa situaciones estereotípicas, mientras que los primeros representan situaciones concretas producto de la experiencia del individuo. Se subraya también que dichos esquemas pueden ser utilizados como “bloques” en la construcción de modelos situacionales.

Para su investigación, Zwaan y Radvansky (1998) manejan un marco procesual partiendo, primeramente, de definir tres clases de modelos: El modelo “actual”, el “integrado” y el “completo”. Se añade un cuarto, denominado “final”, del cual no se hacen demasiadas observaciones pues se explica que un modelo considerado “completo” siempre puede ser retomado y actualizado. El modelo actual o, mejor dicho, los modelos actuales, son aquellos que se van creando en tandas de tiempo conforme se van leyendo las oraciones que conforman el texto. Estos se articulan y crean una estructura global llamada modelo integrado, en un proceso denominado *actualización* (updating). Aunado a ello, contemplaron tres propuestas teóricas como marco tanto para los conceptos recién mencionados como para los procesos de construcción, actualización y recuperación de modelos situacionales: el modelo de Ericsson y Kintsch (citado en Zwaan y Radvansky, 1998) sobre la relación entre memorias de trabajo de corto y largo plazo, el de Garrod y Sandford (citado en Zwaan y Radvansky, 1998) sobre los enfoques implícito y explícito (que en última instancia resulta análogo a los modelos actual e integrado) y, por último, el modelo del evento incorporado (también llamado “indexado”) de Zwaan, Langston y Graesser (citado en Zwaan y Radvansky, 1998). Ericsson y Kintsch (citado en Zwaan y Radvansky, 1998) proponen que la Memoria de Trabajo de Corto Plazo (MTCP) contiene señales o pistas de recuperación hacia la Memoria de Trabajo de Largo Plazo (MTLP), lo que permite recuperar, de manera rápida y eficaz, información previamente almacenada sin el inconveniente de tener que hacer largas búsquedas en la MTLP. Por otro lado, la propuesta teórica de Garrod y Sandford (citado en Zwaan y Radvansky, 1998) plantea la existencia de dos enfoques, uno explícito y otro implícito, que permiten construir el modelo situacional. El enfoque explícito contiene uno o varios agentes simbólicos, denominados “tokens”, que representan al o a los protagonistas de la situación que se está tratando de comprender. En el caso del enfoque implícito, se presenta el resto de los aspectos relevantes de las escenas descritas: temporalidad, espacialidad, causalidad, etcétera. Por otra parte, para Zwaan, Langston y Graesser (citado en Zwaan y Radvansky, 1998), la premisa que se propone es que los eventos que sirven de bloques de construcción para el modelo integrado, caen en una de cinco dimensiones, a saber: tiempo, espacio, motivación (intencionalidad), causalidad y protagonista/objeto(s), cada uno de los cuales estaría provisto de mecanismos específicos que permitieran a la MTCP retener cierta información que permita recuperar el “hilo” de una idea cuando ocurran tres cosas:

- Que se interponga otra idea relacionada o completamente distinta.

- Que el evento sobre el que se retuvo la información no haya terminado de satisfacerse.
- Que dicho evento sea relevante.

En conjunto con lo anterior, el estudio que realizan va dirigido en tanto se presenten tres procesos durante el análisis del modelo a través de las dimensiones que intervienen en el mismo:

- *Foregrounding* (Pase a primer plano): Su función es conservar “pistas” almacenadas en la MTCP que sirvan para facilitar el “pase a primer plano” de información que resulte relevante en la situación. Dicho proceso utiliza diversos medios, sean empíricos (experiencias personales), lingüísticos (e. g. uso de ciertos pronombres), etcétera.
- *Updating* (Actualización): Incorporación del modelo actual al integrado.
- *Retrieval* (Recuperación): Del modelo integrado desde la MTLP.

1.3. HACIA UN ENCUENTRO CON LO VIRTUAL

Si bien es cierto que los videojuegos han sido vistos e introducidos, con mayor o menor éxito, en el campo de la educación, a la fecha no existe una sola incursión de los mismos en el proceso de construcción y análisis de los modelos situacionales, quizá porque se entiende que la naturaleza de los mismos es equiparable a la de estos. La anterior es una de las principales razones por las que conviene dar un vistazo a ciertos puntos relacionados con la cultura del videojuego.

1.3.1. La Ecología de juegos

Por *Ecología de juegos*, Salen (2008) procura abrir el debate en torno a una cultura del videojuego en la que las opiniones, concepciones e imagen general tienden a devaluar el potencial del mismo. Claro que no es el propósito de este trabajo ahondar en polémicas sobre qué tan buenos o malos son los videojuegos en general, sino centrarnos específicamente en uno y servirse del mismo tanto en calidad de herramienta de apoyo como objeto de estudio para, como lo menciona Salen, explorar el valor potencial que puede otorgar al proceso de enseñanza-aprendizaje.

La concepción de los videojuegos como medios de creación más que de mero cumplimiento de objetivos lleva un tiempo evolucionando (que más bien re-evolucionando), apoyado con títulos como *Minecraft*, *Lego Creator*, *Mario Maker*, *Little Big Planet*, etcétera. Brindar la experiencia de poder construir situaciones interactivas y atractivas que puedan ser resueltas por uno mismo o por

otras personas no es, por supuesto, una tendencia nueva. Ya en los inicios de la ahora llamada *guerra de consolas*, los primeros sistemas caseros permitían al usuario programar sus propios juegos y, en muchos casos, dedicarse de lleno “al oficio”. Echando un vistazo atrás, a una época cercana a los años 60, jóvenes y adultos por igual creaban sus propias historias y comercializaban con ellas. Ello dio pie al nacimiento de programadores, juegos y compañías cuyos nombres siguen resonando hoy día. Ha transcurrido un largo periodo desde que dichas compañías monopolizaron la industria, no sólo del videojuego, sino también de la creación de aventuras, historias, acertijos y demás retos digitales que muchos hemos disfrutado con el correr del tiempo. ¿Cuál es la diferencia entre aquella época y la actualidad? ¿Qué es lo que ha disparado nuevamente esta ola creativa por parte del sujeto promedio? Una de las razones con mayor peso la encontramos, precisamente, en este tipo de videojuegos denominados *sandbox*, es decir, plataformas caracterizadas por permitir al jugador *construir* su propia historia. Para éstos encontramos dos formatos: aquellos que permiten seguir diversas tramas argumentativas dentro del mismo universo de la historia y aquellos sin historia ni esquemas específicos y (casi siempre o de manera opcional), sin objetivos, pero que ofrecen una serie de herramientas que permiten construir objetos, escenarios o mundos enteros. Ahora bien, la diferencia entre épocas radica en dos cuestiones:

- La facilidad con la que actualmente se tiene acceso a los mismos y
- Las interfaces intuitivas y de fácil manipulación con que es posible dominarlos.

Las primeras consolas basaban sus herramientas en lenguajes de programación con un nivel de dominio desde relativo hasta demasiado complejo. Actualmente estos códigos y lenguajes han sido desplazados por toda una gama de herramientas cuyo uso no se restringe incluso a las edades más tempranas, que van hasta cinco o seis años, posiblemente menos (Salen, 2008). A este respecto, la autora repasa en lo expresado por la antropóloga japonesa Mizuko Ito (2010): “Es importante comprender no sólo las condiciones históricas sobre las que el juego digital ha sido producido, sino también cómo es que ha sido integrado y regulado en diferentes contextos de juego” (p. 92).

Cuestión ésta que aborda el presente estudio, ya que, como se ha externado antes, la forma en que se interactúa con los videojuegos ahora ha cambiado mucho en comparación con décadas previas, lo que ha abierto camino a nuevas posibilidades. Una de ellas, aquí propuesta, es la exploración de los modelos situacionales.

Por otro lado, Salen (2008) hace hincapié en algunas de las cuestiones que se formula la *MacArthur Foundation Series on Digital Media and Learning*, dos de las cuales resultan ser de interés para presente investigación:

- ¿Qué formas de aprendizaje se encuentran presentes, ausentes o reforzadas a través del *juego*?
- ¿Cómo es que el *juego* actúa como medio de entrada o salida a otras formas de saber, de alfabetizar (*literacies*) y como medio de organización social?

La primera interesa debido a que la hipótesis aquí propuesta es que la dimensión y habilidad *espacial* es un componente vital que se estimula constantemente durante el uso del videojuego. La segunda se articula en el momento en que se considera a la habilidad espacial como un instrumento de entrada e interpretación de la información y a la representación de construcciones de modelos situacionales, y su constante recuperación, como instrumentos de salida.

Como ya se mencionó, los juegos tipo *sandbox* se pueden dividir en dos categorías. Se ha decidido seleccionar a *Minecraft* puesto que pertenece al tipo que carece de un objetivo narrativo, pero permite construir estructuras tanto simples como complejas. La razón de ello proviene de la necesidad de permitir al alumno construir los modelos creados en su mente al proveerle situaciones problemáticas incluidas en los PVM.

1.3.2. Aprendizaje y juegos

Gee (2008) comienza con el siguiente planteamiento: las primeras teorías en torno al aprendizaje entendían el funcionamiento de la mente como una máquina que procesaba datos cual si fuese una suerte de calculadora. Se pensaba que analizaba información abstracta a través de reglas de naturaleza lógica. Trabajos más recientes proponen que esto no es precisamente así. La nueva teoría contempla a las experiencias personales como la “materia prima” con la que trabajan el pensamiento y el aprendizaje. La gente almacena tales experiencias en la memoria, concretamente, en la de *largo plazo* (MTLP), para luego utilizarla en forma de simulaciones que les permitan analizar nuevos problemas a los que se van enfrentando en el día a día. Además, subraya que dichas simulaciones requieren de ciertas condiciones en orden de ser completamente útiles al querer formular hipótesis sobre cómo proceder frente a nuevas situaciones. Una de esas condiciones es el hecho de que la mente funciona mejor cuando las experiencias almacenadas van en función de metas específicas. Aquí hay que revisar dos puntos importantes. En primer lugar, y como a estas alturas es fácil concluir que Gee (2008), al hablar sobre experiencias almacenadas cae, sin

mencionarlo, sobre la noción de los modelos situacionales, concretamente, los modelos integrados y los actuales. Ahora bien, en un videojuego como *Minecraft*, siendo que las metas son prácticamente inexistentes, habría que preguntarse qué le aporta metas a la construcción de modelos en semejante juego. Pues bien, éstas son aportadas por el PVM que se espera sea comprendido y, eventualmente, resuelto por los alumnos. Otras de las condiciones recaladas son:

- Para que las experiencias sean útiles en el futuro, primero deben ser interpretadas.
- La gente aprende mejor de sus experiencias cuando reciben una retroalimentación inmediata, de manera que reconozcan sus errores y qué ha sido lo que ha fallado en cuanto a las expectativas que tenían. También es importante incentivar al individuo para que trate de dar explicación a dichos errores y proponga situaciones en las que se pregunte qué hubiese podido hacer diferente.
- Los individuos necesitan de más oportunidades para interactuar con problemas similares y así poder aplicar lo que aprendan en las experiencias previas. Algo similar ya venía siendo propuesto por Krutetskii (1976).
- Por último, necesitan aprender de las experiencias interpretadas por otras personas, sean sus pares o personas con más experiencia. De ser posible ambas.

Todas estas condiciones son usualmente provistas y aplicadas a la hora de utilizar videojuegos. Se tiene la ventaja de contar con un número ilimitado de oportunidades para intentar pasar el reto. Existe toda una gama de juegos cuyos objetivos, manejo y estructura general son muy similares, lo que cubre el tercer rubro. Y, en cuanto a retroalimentación y comunicación con pares, los jugadores lo hacen todo el tiempo cuando charlan acerca de lo que han estado jugando y los retos con que se van encontrando. Claro que mucho de lo anterior no lo contempla el juego que hemos seleccionado, sin embargo, viene incluido dentro de la secuencia didáctica y el tipo de MS seleccionados.

Para terminar con este apartado, Gee (2008) describe *grosso modo*, un estudio conducido en 2004 por Glenberg, Gutiérrez, Levin, Japuntich y Kaschak (citado en Gee, 2008) en el que, luego de leer un fragmento de texto, se pide a un grupo de niños que lo representen utilizando muñecos pequeños. Esta práctica, bien planeada, estructurada, aplicada y evaluada periódicamente, demostró que los sujetos sometidos al tratamiento mejoraban considerablemente su comprensión situacional de textos en comparación con chicos que no fueron tratados. Ello indica que alentar a la gente a simular una situación a partir de la interacción con objetos físicos los ayuda a adquirir un nuevo

tipo de estrategia de comprensión. Se espera que algo similar ocurra al momento de aplicar un tratamiento semejante, sólo que en esta ocasión el material físico será apoyado con la interacción con videojuegos.

1.3.3. Minecraft

Minecraft es un videojuego de “mundo abierto” tipo *sandbox*, basado en el mundo real y constituido por bloques cúbicos en un entorno tridimensional. Entre otras características, destaca el hecho de ser multijugador, lo que permite a varios usuarios interactuar al mismo tiempo en un mismo escenario llamado “mundo”, en el que se tienen tres opciones básicas: jugar con alguna de las versiones con un “modo historia”, en el que se siguen narrativas ya creadas; también pueden jugar en el “modo supervivencia”, en el que deben sobrevivir el mayor tiempo posible en un entorno en que deben crear sus propias herramientas, de manera que puedan excavar para encontrar recursos valiosos y útiles que les permitan construir refugios, mientras tratan de defenderse de oleadas de criaturas que explotan si se les ataca y destruyen todo a su alrededor en un radio determinado; la tercera opción, que es la que nos interesa aquí, es el “modo creativo”, cuyo único propósito es hacer disponibles todos los materiales y herramientas necesarios para construir prácticamente todo lo que se desee, incluyendo el uso de circuitos para “fabricar” mecanismos que van desde los más simples, como un botón que prende una lámpara, hasta los más complejos, como la programación de calculadoras dentro del juego mismo, por poner un ejemplo. Es precisamente este modo el que ha atraído la mayor parte de las miradas dedicadas a la labor docente y otros campos que requieren alternativas de enseñanza y aprendizaje. Un ejemplo de *Minecraft* aplicado en el aula son las actividades reportadas por Short (2012), quien ve en este videojuego un potencial fuerte en incursiones de materias como la biología, física y química, dada su naturaleza de simulación de mundo (posee su propio sistema de clima, ciclos de día y noche e incluso, ciclo de fases lunares), así como el uso que le ha dado en simulaciones relacionadas con el estudio de temas en ecología. Se ha llegado lo suficientemente lejos como para crear una versión relativamente modificada del mismo juego, y aprobada por el creador del mismo, llamada *MinecraftEDU* (<http://minecraftedu.com/>), que permite al profesor crear sus propias simulaciones e interactuar con ellas y con sus alumnos en tiempo real, a la par que usa herramientas que le ayudan a administrar y controlar la sesión misma, restringiendo funciones o desbloqueándolas conforme lo considera necesario. Otro ejemplo de aplicación de *Minecraft* en el ámbito educativo es el desarrollado por los españoles Sáez y Domínguez (2014), quienes aplican una serie de actividades a dos grupos de

alumnos de nivel primaria, uno de control y otro que trabajó con *MinecraftEDU*. La primera actividad tiene relación con la resolución de problemas y las siguientes se hallan relacionadas con la exploración de monumentos históricos recreados en el juego. Curiosamente, concluyen la parte cuantitativa del estudio con resultados levemente más altos para el grupo que usó el videojuego, sin embargo, no resultan ser lo suficientemente altos como para hablar de un aumento significativo en el desempeño de las pruebas para determinar el grado de aprendizajes obtenidos. Su análisis de literatura los lleva también a caer en cuenta de la falta de investigación de que carecen varios países no anglosajones en los que aún existe un alto grado de prácticas de enseñanza tradicional y otro tanto de desagrado por la inclusión de videojuegos en las aulas.

CAPÍTULO 2

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al construir un modelo mental de cierta situación es posible verla, extrapolarla, analizar detalles y crear algunos más a partir de lo que se describe, incluso cuando dichos elementos no se han hecho explícitos en la narración (Zwaan y Radvansky, 1998). Es posible comprender que un perro se encuentre atado con una cadena a una barra metálica en la misma forma que lo es comprender que un rayo ha caído sobre un árbol y ha dejado parte del tronco caída y semi-inclinada. Pocas complicaciones, o ninguna, se espera que surjan cuando se nos plantea el recorrido que se puede hacer a través de una pirámide. Buena parte de ello se debe a que sabemos lo que es un perro, un árbol y una pirámide. Sabemos que a los perros se los suele amarrar, que los árboles suelen ser atacados por rayos y que podemos acceder a las pirámides por medio de pasajes. Puede que incluso tengamos un perro o hayamos visto al del vecino estando atado. Todos conocemos los árboles y, en algunos casos, puede que hayamos tenido la fortuna de visitar las pirámides aztecas o egipcias y entrado a explorarlas. Como mínimo, existe la posibilidad de que las hayamos visto en fotos u otro medio. Todas estas situaciones vienen a colación puesto que son experiencias que adquirimos en el transcurso de la vida y que, en mayor o menor medida, son evocadas desde nuestra memoria cuando nos enfrentamos a eventos, circunstancias o experiencias ajenas similares. Si las situaciones almacenadas en la memoria nos sirven de referencia para interpretar narraciones escritas o escuchadas (van Dijk y Kintsch, 1983; Zwaan y Radvansky, 1998), y si los problemas en la clase de matemáticas se sirven de tales comportamientos entonces, ¿cómo es que los alumnos siguen malinterpretándolos?, ¿por qué siguen fallando al tratar de resolverlos? La respuesta más obvia sería decir que se trata de una cuestión multifactorial. Se pueden proponer varias explicaciones: No se ha imaginado bien la situación, no se leyó bien el texto, no se contó apropiadamente la historia; o se leyó y contó correctamente, pero hay detalles de la misma que no cuadran y se hallan faltos de coherencia; había “cosas” en la historia que el lector/escucha no conocía o nunca había experimentado, por lo cual se hayan ausentes en su memoria, dícese de algún, lugar, palabra o situación (van Dijk y Kintsch, 1983; Zwaan y Radvansky, 1998); también se puede culpar a la persona misma por no poseer los saberes matemáticos mínimos para dar resolución al problema e, incluso, ir más allá y decir que tal persona carece del “nivel cognitivo” necesario para completar

satisfactoriamente la tarea... etcétera. Como primer acercamiento del planteamiento del problema que se está gestando, resulta factible aseverar que todas las razones anteriores son válidas, porque lo son. No necesariamente al mismo tiempo, pero ello no significa que se pueda negar su presencia. Haciendo un análisis más minucioso de la lista propuesta, se hace evidente que todas tienen conexión con el tema aquí presentado. Aquellas referentes a *imaginar* la situación tienen relación con la construcción de modelos situacionales (van Dijk y Kintsch, 1983; Zwaan y Radvansky, 1998); tal construcción se enlaza con los procesos cognitivos que tienen lugar durante la construcción de dichos modelos que, a su vez, están ligados a los elementos y al grado de veracidad con que se presenta la historia (Palm, 2009), pasando, claro está, por la base de datos que es la memoria, específicamente, las memorias de corto y largo plazo que contienen nuestros conocimientos y experiencias. Y luego tenemos a los saberes y habilidades matemáticas que pueden o no hacerse presentes durante el proceso de comprensión (Duval, 2006).

Dicho esto, queda claro que comprender situaciones ya no luce tan simple como en un principio se planteaba. Incluso al tratarse de situaciones no matemáticas. Entonces, no debería ser sorpresa para nadie que, al incluir elementos matemáticos en una historia, con motivo de plantear un problema verbal matemático, la comprensión de éste, ya no digamos llegar a su solución, se torne aún más complejo. Existen diversas investigaciones que ponen en evidencia la dificultad que representa para los estudiantes el logro en la resolución de los PVM, por lo que no se trata de un fenómeno nuevo. Así lo manifiestan, por ejemplo, los resultados del estudio de Juárez, Mejía, González y Slisko (2014) donde, a través de dibujos elaborados por alumnos, se observa que buena parte de ellos construyen modelos distintos a los esperados. Otro tanto tiende a centrarse en aspectos irrelevantes de las situaciones aplicadas. Y aún otro tanto, “suspende” la realidad del problema para centrarse en la operatividad de los datos numéricos que se les presentan. Un análisis más profundo permite concluir que estos fenómenos tienen su origen en el grado de comprensión que se ejerce sobre el problema, mismo que se encuentra fuertemente influenciado por el modelo situacional construido. El efecto provocado es, finalmente, la obstaculización y fallo en los esfuerzos de resolución.

De manera que a estas alturas la problemática salta a la vista:

La dificultad que presentan los alumnos al tratar de comprender problemas verbales matemáticos se debe a una construcción deficiente del modelo situacional.

2.1. OBJETIVOS

Como es sabido dentro del ámbito de la didáctica de las matemáticas, se han llevado a cabo estudios relacionados con la de resolución de problemas, siendo George Polya uno de sus mayores exponentes. Polya (1978) propone cuatro fases dentro del proceso de dar solución a un problema, en el que el primero es, precisamente, la comprensión. Al respecto comenta que existen ciertos aspectos que intervienen en este primer paso: interés por la situación problemática; consideración constante sobre todos los elementos que la componen; dibujos de figuras relacionadas con el problema, si es que resultan necesarios; introducción y uso de una notación adecuada y, finalmente, plantearse la pregunta: ¿Es posible satisfacer la condición (refiriéndose al elemento o elementos matemáticos que originan el problema y permiten o impiden dar una solución coherente)? Estos aspectos resultan ser de suma importancia pues integran a la discusión conceptos como *representación* y *coherencia* de la situación: para comprender es necesario poder construir una representación clara y coherente. Duval (2006) reafirma la importancia de la *representatividad* como elemento clave en la comprensión, no sólo de situaciones matemáticas, sino de la matemática en general. Esto, junto con los estudios de Edens y Potter (2007), Ainsworth, Prain y Tytler (2011) y Juárez et al. (2014), dan fe del papel que juega el dibujo como medio representacional del alumno y herramienta de análisis de modelos situacionales, a partir de lo cual se concibió un **primer supuesto**:

- Dado que el dibujo se trabaja en un formato bidimensional, el uso de una herramienta distinta cuya interfaz sea tridimensional podría mejorar ciertos aspectos relacionados con la representación del modelo situacional (coherencia, veracidad, colocación de datos matemáticos, etcétera).

Ahora bien, si se toma en cuenta lo estudiado por Zwaan y Radvansky (1998) acerca de las dimensiones de los modelos situacionales, la discusión se dirige hacia el terreno de la *espacialidad*, lo que llevó a plantear un **segundo supuesto**:

- El uso de dicha herramienta de interfaz tridimensional podría tener un efecto positivo en el nivel cognitivo de *espacialidad* del alumno, lo que mejoraría su capacidad para construir modelos situacionales y, a su vez, facilitaría la comprensión del problema que se le presentase.

Tomando en consideración lo anterior, se optó por elegir a *Minecraft* como herramienta de trabajo y, por consiguiente, a plantear los siguientes **objetivos**:

- Analizar el impacto de una secuencia de actividades relacionadas con el uso de *Minecraft*, en la construcción y manipulación de modelos situacionales, durante la comprensión de problemas verbales matemáticos.
- Analizar el impacto de una secuencia de actividades relacionadas con el uso de *Minecraft*, en el nivel de habilidad espacial de un grupo de alumnos.

2.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Los objetivos fueron planteados con motivo de dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo integrar *Minecraft* a una secuencia didáctica de manera que funja como vía de desarrollo de la habilidad espacial en orden de construir modelos situacionales coherentes durante la comprensión de PVM?
- ¿Qué diferencias se manifiestan entre el uso del dibujo en comparación con *Minecraft* a la hora de construir modelos situacionales basados en problemas verbales matemáticos (PVM)?
- ¿Qué tipo de efectos, si es que los hay, provoca el uso controlado de *Minecraft* en los niveles de habilidad espacial del alumno?

2.3. JUSTIFICACIÓN

Los PVM cumplen diversas funciones dentro y fuera del ámbito escolar: ponen a prueba nuestras capacidades de razonamiento, reflexión, observación, análisis, pensamiento lateral, argumentación, imaginación, memoria, improvisación, metacognición, etcétera. Capacidades de una importancia monumental en el día a día de cualquier persona, puesto que todos nos enfrentamos a una gran diversidad de problemas que necesitan ser resueltos. Siendo ese el caso, tiene sentido que una educación enfocada a mejorar dichas capacidades con motivo de permitir que los alumnos

se desenvuelvan satisfactoriamente en cualquier ámbito en que decidan incursionar, esté en orden (SEP, 2011). Los PVM también resultan ser herramientas útiles cuando se busca ejemplificar situaciones que no es posible analizar directamente, es decir, funcionan como simulaciones que permiten un acercamiento a determinados fenómenos. De allí el que exista una necesidad real por profundizar en el estudio de los mismos. Por supuesto que todo lo anterior aplica siempre y cuando sea posible para el alumno construir modelos situacionales coherentes y útiles.

Por otro lado, es pertinente considerar la creciente influencia que han tenido las herramientas tecnológicas en la educación. Dispositivos como Enciclomedia, proyectores y laptops; ciertos softwares como Cabri o Geogebra, que si bien han facilitado las prácticas docentes no dejan de padecer ciertas limitaciones. Además, ¿qué hay con aquellas tecnologías que se suelen hacer a un lado por considerarlas inútiles e incluso, perniciosas para con el trabajo de clase? Sin ir lejos, la calculadora aún es considerada por varios profesores como una herramienta cuyo uso impide a los alumnos pensar por ellos mismos. El celular es un caso similar, pues se cree que “sólo distrae a los alumnos”, aun cuando existe un catálogo entero de aplicaciones para trabajar contenido académico. Pasemos ahora al punto medular de esta cuestión: los videojuegos. Como ya se mencionó, la relación entre éstos y la educación no es nueva, pero casi siempre ha sido complicada, hasta ahora. El periodo en que vivimos se presenta con nuevas oportunidades de integración de los videojuegos como herramienta didáctica, sin embargo, aún se les ve con reticencia. Y a pesar de que existen numerosas investigaciones en torno a los mismos, todavía queda mucho “terreno” por explorar. Ejemplo de ello lo encontramos precisamente en *Minecraft*, donde la mayor parte de las investigaciones se han centrado en reportar el impacto de interactuar con secuencias ya creadas dentro del juego (Short, 2012). En cambio, a la fecha no existe alguna que dirija sus esfuerzos a explorar los posibles efectos que tendría la construcción de representaciones tridimensionales de modelos situacionales sobre PVM. Estamos hablando entonces de una interacción directa con el objetivo principal para el que fue concebido: construir y representar.

Por último, que no menos importante, hay que destacar el hecho de que, incluso al trabajar con dibujos, e incluso cuando se han obtenido ciertos resultados favorables y saberes que amplían lo que se sabe al respecto, resultados inesperados o poco concluyentes aún se siguen obteniendo, por lo que resulta factible y, cuando menos, necesario, empezar a experimentar con medios de representación distintos de los tradicionales. Aquí es donde se busca intervenir al utilizar *Minecraft*,

y no sólo por ello. A continuación, se enlistan las razones consideradas para la selección de dicha herramienta:

- Es un videojuego muy popular entre los alumnos que cursan educación secundaria.
- Es de fácil acceso. Se pueden descargar versiones íntegras gratis o a precios relativamente económicos.
- Es multiplataforma. Se puede jugar en celulares, tablets, pc's y consolas como Xbox 360 y PS3.
- Es relativamente fácil de aprender a usar. Los controles son muy intuitivos y de fácil acceso.
- Ocupa muy poco espacio en disco duro, USB o memoria interna de celular (menos de 1 GB).
- El tamaño y número de construcciones que se pueden realizar es prácticamente ilimitado.
- Posee un modo creativo con todas las herramientas de construcción desbloqueadas y listas para ser usadas.
- Permite perspectivas en primera y tercera persona.

CAPÍTULO 3

MARCO REFERENCIAL

A la luz de la temática abordada, es necesario considerar aquella literatura que permita conocer los alcances en torno al estudio de los MS, así como analizar los sucesos y productos que se obtengan durante el proceso de experimentación, a partir de perspectivas específicas. El presente apartado tiene ese propósito: describir, con base en aquellos estudios, puntos claves que sirven como marco referencial para con el que hemos puesto en marcha.

3.1. PARA EL ANÁLISIS DE DIBUJOS DE MODELOS SITUACIONALES

Zwaan y Radvansky (1998) contemplan cinco dimensiones que conforman a los MS y que, dadas las interacciones entre ellas, tienen diversos efectos tanto en la construcción e interpretación del modelo mismo como en la comprensión de la situación propuesta.

3.1.1. Cinco componentes del modelo situacional: Las dimensiones situacionales

A continuación, se dará una breve descripción de las cinco dimensiones abordadas por Zwaan y Radvansky (1998). Los autores comentan que en el análisis realizado por investigadores en lingüística y memoria se contemplan las dimensiones de manera aislada, esto es, sin que influyan en las otras (salvo algunos comentarios al respecto). También mencionan el orden en el que las revisan, dada la importancia que se les ha dado en investigaciones previas. En primer lugar, se considera a la *espacialidad*. Seguidamente la *causalidad* y la *motivación*. En penúltimo lugar el *protagonista u objetos* y finalmente la dimensión de *temporalidad*, que se presenta como la menos explorada de todas.

Espacialidad

Lo primero que salta a la vista de los investigadores es la naturaleza *no lineal* de la espacialidad si se la compara con otros aspectos, siendo el lenguaje el más cercano (la *temporalidad* es otro, dado que lo que narramos, escrita o verbalmente, lo hacemos en función de llevar un orden temporal). Ello da pie a la posibilidad de que un individuo pueda construir, ya sea una representación sobre el

texto que lee (temporal), u otra sobre el modelo situacional (posiblemente atemporal) perteneciente a la situación descrita. Lo anterior provoca que exista una interacción interesante cuando se intenta describir (como se ejemplifica en su reporte) una situación de carácter espacial (e. g. describir el apartamento en que se vive). La persona necesita “linealizar” el recorrido del lugar en orden de poder describirlo, situación provocada por la naturaleza temporal de su narración (no puede describir dos espacios de su casa al mismo tiempo). A partir de esto se plantean tres preguntas cuyo común denominador es la tensión existente entre la naturaleza tridimensional de la espacialidad y la “bidimensionalidad” del lenguaje:

- ¿Son usados los modelos espaciales durante la comprensión?
- ¿Cómo se modifican durante la comprensión?
- ¿Son usados durante la fase de “recuperación (*retrieval*) desde la memoria”?

En líneas posteriores se analizará con mayor profundidad esta dimensión.

Causalidad

La causalidad puede presentarse de forma tanto explícita como implícita. El primer caso tiene lugar cuando se hace uso de conectores como *porque* y *por lo tanto*, por citar algunos ejemplos. El segundo caso ocurre cuando es el lector mismo quien infiere que un efecto es ocasionado por determinada acción. Sin embargo, también se señala que el uso del conector *porque* es limitado en cuanto se usa para tratar de unir dos oraciones que no son evidentemente causales entre sí. A lo anterior se suman dos posibles escenarios: que los eventos se hallen fuertemente o medianamente relacionados. En el primer caso se ha demostrado que tampoco existe un buen proceso de integración debido a que no hay una necesidad real para ello. No así para el segundo, en el que tanto la posibilidad como la necesidad se encuentran plenamente justificadas, dada la importancia que reviste el crear una inferencia causal entre ambos eventos. Esto se demuestra en el tiempo que tarda una persona en leer cada par de eventos. Poco tiempo para los fuertemente relacionados, medianamente para los relativamente relacionados y el mayor tiempo para los no relacionados.

Motivación

El hecho de considerar a la motivación como una dimensión más dentro de la construcción de modelos situacionales se debe en buena medida a que muchos investigadores consideran que el comprender un texto (en particular una narración) implica “seguirle la pista” a los planes y metas

que el o los protagonistas tratan de alcanzar. Para ello, la gente se sirve del registro de temas que va recolectando a lo largo de su vida, los cuales sabe que generan metas a alcanzar que, a su vez, generan planes de acción. En ese sentido, se plantea que la presencia de una jerarquía es un mecanismo organizacional muy importante en lo que corresponde a la estructuración de eventos narrados, es decir: la existencia de un tema genera una meta. Luego existe una meta, que genera la necesidad de un plan. Finalmente, existe el plan (Schank y Abelson, 1977, citado en Zwaan y Radvansky, 1998). En concordancia con lo establecido arriba, Zwaan y Radvansky (1998) concluyen que fijar metas constituye una buena forma de *foregrounding*, puesto que, en tanto se encuentren sin ser cumplidas, las pistas sobre ellas permanecerán en la MTCP.

Protagonista/objetos

Como observación inicial, los autores apuntan a que protagonistas y objetos son seguidos por el lector de maneras distintas. Sobre los primeros se realiza un seguimiento persistente durante el proceso de comprensión, mientras que los segundos dependen más de las pistas que el contexto narrativo va arrojando. En concordancia con lo anterior, retoman la propuesta de Sanford y Garrod (citado en Zwaan y Radvansky, 1998) acerca de los enfoques intrínseco y extrínseco, en la que, al hablar de personajes protagónicos y no protagónicos, se describe que los primeros cambian constantemente de *background* (escenario y todo lo que lo conforma) debido a que se espera saber más de ellos conforme la historia progresa refiriéndose al factor extrínseco; mientras que los otros, al ser descartados una vez cumplido su papel, terminan formando parte del *background* mismo, en otras palabras, al enfoque intrínseco. Tal comportamiento de elementos se acentúa al dar al protagonista un nombre propio y al leer un texto que aborde temas que el lector domina (*domain knowledge*); lo que se traduce en la importancia que reviste el papel del *conocimiento de fondo* y que el individuo ya posee en los mencionados fenómenos. En adición a todo esto, se ha demostrado que no sólo se sigue al protagonista, sino a buena parte, sino todo, lo que se halle relacionado con él. Esta información también se adjunta al modelo integrado y permite, entre otras cosas, detectar inconsistencias en el texto.

En cuanto a los objetos, se ha demostrado que no siempre es necesario visualizarlos a la hora de comprender lo que se lee, particularmente cuando éstos no se mencionan y la implicación de los mismos recae en la inferencia que hace el lector. Un ejemplo de ello es el siguiente: “*Norm clavó un clavo en la pared*”. Ahí no hay necesidad de mencionar al martillo pues es el sujeto mismo

quien infiere que este objeto se usa con tal fin. Sin embargo, los objetos sí se contemplan al recordar la frase de ejemplo. A la par se aclara que existen situaciones específicas en las que la visualización del objeto sí juega un papel importante en el proceso de comprensión. Ello ocurre dados ciertos factores como la accesibilidad del mismo, su importancia y la meta que persiga el personaje que lo utiliza. A lo anterior se suma el que la presencia del objeto en la mente del sujeto se halla latente en mayor medida cuando la acción que lee se haya en progreso en lugar de cuando ésta ya ha ocurrido. Por último, los investigadores apuntan a que el protagonista bien puede ser la base de la organización para un modelo situacional, siempre y cuando se ubique en locaciones reducidas y la actividad que se realice se encuentre en concordancia con situaciones que el lector considere normales o plausibles para el personaje.

Temporalidad

Es, por mucho, la dimensión menos explorada pero también es la única que se encuentra forzosamente en todas las narraciones, debido a que toda oración que se forme debe tener información relacionada con el tiempo o hallarse referida dentro de un marco temporal de eventos. Las investigaciones respaldan fuertemente la idea de que los lectores llevan un seguimiento constante de esta información durante el proceso de comprensión. Una manera de llevarlo a cabo es mediante el seguimiento de los llamados *conectores*, *marcadores* y *construcciones* temporales (preposiciones, sintagmas, adverbios, etcétera), que permiten pasar a un primer plano (*foregrounding*) determinado elemento o conjunto de elementos dentro de dicha dimensión. Además, resulta mucho más fácil integrar al modelo paquetes de información que se hallen sobre una misma línea temporal que aquellos que no lo estén, dado que es más probable que esto último se traduzca en tener dos o más modelos integrados distintos entre sí y para situaciones en principio diferentes. En adición, la dinámica que juega la temporalidad en conjunto con la *espacialidad* es, como se ha mencionado brevemente en líneas previas, de un constante juego de ajustes, ocasionado por la naturaleza lineal y no lineal de ambos, respectivamente. Pues ocasionalmente ocurre que se planteen varios eventos que se superpongan unos con otros dentro de un mismo lapso de tiempo. Adicionalmente, tanto el lector como el oyente, tienden a esperar que los eventos continúen en un orden cronológico durante el proceso de comprensión, efecto denominado *suposición de iconicidad*, lo que significa que la suposición que se tiene por defecto es que cada *modelo actual* será adaptado

al modelo integrado anterior, fenómeno que es posible explicar al notar que los eventos vividos por las personas ocurren en un orden cronológico.

Por otro lado, las investigaciones de Zwaan (citado en Zwaan y Radvansky, 1998), a la par que otras referentes a *proximidad temporal* de situaciones, han encontrado que la accesibilidad de información existente entre dos situaciones depende más de la “distancia” entre los modelos que de la que se genera en la estructura superficial del texto en que se narran. Y, finalmente, en lo que respecta a *recuperación de información*, se ha encontrado que es más fácil llevarla a cabo cuando varios eventos ocurren durante un determinado lapso de tiempo que cuando este ocurre en varios lapsos temporales.

3.2. SOBRE LA DIMENSIÓN SITUACIONAL DE ESPACIALIDAD

Como ya se ha mencionado anteriormente, se ha optado por dar una atención especial a la dimensión de espacialidad por ser una de las que mayor impacto tiene en la construcción de modelos situacionales, además de estar más relacionada con el diseño, uso y manipulación de videojuegos, así como la relación de estos con el individuo que interactúa con ellos. Es en este apartado donde se desglosan los aspectos más relevantes de esta dimensión, en conjunto con un breve análisis de la investigación realizada por las investigadoras Hegarty y Kozhevnikov (1999), cuya base de estudio es la visualización de los PVM, misma que termina por vincularse con los modelos situacionales vía la *habilidad espacial*.

3.2.1. Tres procesos: Foreground, Updating y Retrieval

Foreground: Pase de información a un primer plano

Este proceso inicia al integrar un modelo situacional espacial que permita revisiones posteriores cuando éstas sean necesarias, de modo que se facilite la obtención de información referente a determinadas áreas. ¿Cómo ocurre esto? A partir de la construcción de *relaciones espaciales* dentro del modelo integrado. Aquí juegan un papel importante tres elementos y dos cuestiones. Los elementos son: El protagonista, los objetos y la locación, aclarando que no necesariamente deben estar juntos ni presentes dentro de una misma narración. Por otra parte, las cuestiones son: La relación entre los tres elementos y la importancia que cada uno de ellos revista de acuerdo con la

situación que se trata de comprender. Con esto es posible plantear algunas afirmaciones en torno a cómo es que tales elementos son pasados a un primer plano:

- Los objetos que se encuentran más cerca del protagonista, tomando como referente la locación en que se sitúan, son más fáciles de “recuperar” en la memoria que aquellos alejados del mismo.
- Los objetos pueden asociarse o disociarse del protagonista durante la narración. Ello ocasiona que sean más fáciles o difíciles de “recuperar” desde la memoria, respectivamente.
- En una narración, no siempre se especifica una locación, sin embargo, la dimensión de espacialidad sigue estando presente en tanto se establezcan relaciones entre personajes y objetos (e. g. Tom se puso/quitó el suéter).

Es importante mencionar que la mayoría de los resultados reportados por los autores tienen su base en dos factores principales: el tiempo que tardaron los sujetos de estudio en leer los instrumentos y el número de veces que tuvieron que releerlos.

Zwaan y Radvansky (1998) hacen un recuento y análisis de diversos experimentos conducidos por un variado número de investigadores y de los resultados que se obtuvieron en los mismos. A continuación, se enlistan algunas de sus observaciones:

- Los modelos situacionales pueden capturar aspectos complejos de planteamientos espaciales (e.g. división de habitaciones o estructuras arquitectónicas: edificios, casas, mapas, etcétera).
- Conforme la atención del lector va cambiando de escenario, los elementos que antes se habían pasado a primer plano son descartados, a la par que nuevos modelos integrados son construidos o actualizados.
- En el caso de los objetos, y retomando el punto anterior, residuos del *foregrounding* de los mismos permanecen en la MTCP, por lo que el acceso a los mismos resulta un poco más fácil que aquellos que no han sido pasados a un primer plano con anterioridad.
- El primer plano de un modelo situacional puede ser cambiado de locación, aun si este es distinto del lugar donde se encuentre el protagonista (e.g. cuando el protagonista recuerda una habitación distinta a donde se encuentra en ese momento).
- Se plantea la noción de si los modelos situacionales espaciales son construidos durante el proceso de comprensión, cabría esperarse que el individuo tuviese problemas al procesar información que resulte inconsistente con el modelo mismo. Cuando esto ocurre, el proceso de comprensión lleva más tiempo en completarse dado que el modelo mismo tarda más en construirse.

Updating: Actualización del modelo

Las pruebas realizadas por Ehrlich y Johnson-Laird en 1982 (citado en Zwaan y Radvansky, 1998) demuestran comportamientos interesantes en torno al fenómeno de la actualización de un modelo situacional preferentemente espacial. En tales comportamientos, las oraciones que conforman el texto pueden ser continuas o discontinuas, lo que ocasionaría problemas de interpretación al tratar de relacionarlas. El experimento se realizó de la siguiente manera:

Se pidió a dos grupos de personas que leyeran tres oraciones en las que se describía el arreglo posicional de cuatro objetos. Para el primer grupo, las oraciones fueron continuas en el sentido de que cada oración hacía referencia al objeto mencionado en la oración previa. En el segundo caso se trabajó de manera discontinua. Las oraciones no mencionaban objetos previos. Se tomaron los tiempos de lectura (que sirvieron como indicador de un mayor esfuerzo al construir/actualizar los modelos necesarios) y se encontró que el segundo grupo tardaba más. Se determinó entonces que, en eventos continuos, el modelo integrado se actualiza de manera más simple y rápida, lo cual no ocurre en el caso de los discontinuos porque la nueva información no se corresponde completamente con la información previa, lo que genera la necesidad de tomarse más tiempo en la actualización del modelo, o bien, la creación de un nuevo modelo que permita integrar a ambos eventos.

Retrieval: Recuperación del modelo

Zwaan y Radvansky (1998) afirman que el almacenamiento de la información se encuentra influido por la estructuración espacial de los modelos situacionales. A este hecho agregan tres factores que afectan la *recuperación* de información desde la memoria:

- *Marcos espaciales*: Se mencionan dos. Primeramente, los tres ejes de la tridimensionalidad del espacio, definidos desde la perspectiva del individuo. De arriba hacia abajo, que es el que mejor permite localizar y recuperar objetos debido al efecto que la fuerza de gravedad tiene sobre nosotros. De atrás para adelante es el que le sigue, ya que usualmente nos movemos en esa dirección. Y el de izquierda/derecha que, al no tener diferencia en cuanto a trayectoria, se relaciona con la dificultad que se suele tener para dominarlo.

El segundo tipo de marco es el de la perspectiva que el individuo adopta, sea en primera o tercera persona. En la primera persona, la directriz de “arriba” es la que facilita en mayor medida el proceso

de *recuperación*. Le sigue la directriz de “adelante”. Y, en el caso de la tercera persona, ambas directrices funcionan al mismo nivel.

- *Integración espacial de conocimientos*: Para que los hechos se integren al modelo, es importante que quede claro cómo es que cada uno de los elementos que lo conforman se relacionan con la situación. De otro modo, la comprensión se dificulta o no puede ocurrir. Por otro lado, el desempeño de la memoria mejora cuando la información se almacena en un solo modelo situacional en lugar de repartirse en varias representaciones.

- *Conjunto de recuperación de información*: Se refiere al número de modelos situacionales que tal conjunto pueda contener y a los fenómenos que influyen en dicho proceso. Uno de los cuales es planteado por Anderson en 1974 (citado en Zwaan y Radvansky, 1998), y que se denomina *Fan Effect* (efecto ventilador), que básicamente se refiere al incremento en el tiempo de respuesta de recuperación memorística debido al incremento en el número de asociaciones que se activan cuando se analiza un concepto dentro de un conjunto de oraciones. Tal situación ocurre cuando el mencionado concepto se encuentra en más de una oración o sección de texto, por lo que cuando este es captado por el individuo, se activan las pistas dejadas en la MTCP para los distintos modelos integrados que se construyeron alrededor de los mismos, lo que inicia una competencia entre ellos, llamada *interferencia de recuperación* y, por ende, el individuo tarda más en delimitar la información que busca recuperar. Por el contrario, el efecto permanece ausente cuando se analizan una serie de hechos que se encuentran almacenados en un único modelo situacional.

Como comentario final se mencionan algunos aspectos relacionados con los *tipos de representaciones espaciales*. En ellos se establece que la eficacia de los modelos situacionales espaciales no se ve afectada al ser estos construidos a partir de mapas o textos, por ejemplo. Asimismo, la forma en la que una persona describe cierto espacio puede variar dependiendo de la perspectiva que la fuente de información provee, lo que sugiere que se pueden utilizar distintos modelos espaciales para analizar uno o varios elementos pertenecientes a una misma estructura o situación.

3.2.2. Representación visual-espacial y resolución de problemas

Ya que la presente investigación se centra en el tema de la comprensión de PVM, proceso que se ha decidido analizar bajo la lupa de los MS, resulta conveniente definirlos. Los PVM son, en palabras de Verschaffel, Greer y De Corte (2000): descripciones textuales de situaciones que se asume son comprensibles para el lector, y en las cuales es posible contextualizar preguntas matemáticas. Este tipo de problemas en particular juegan un papel sumamente importante debido a la cotidianeidad con que se suelen aplicar en el aula, ya sea que aparezcan en libros de texto o sean aplicados de forma oral o escrita por el docente.

Aunado a lo anterior, el trabajo en la escuela siempre ha requerido que los alumnos trabajen con objetos visuales. Se les suele pedir que dibujen cuerpos geométricos, tracen, construyan y completen tablas y gráficas de todo tipo; realicen esquemas de ciclos (ciclo de Krebs, ciclo del agua, etc.); presenten diagramas de árbol y demás. Sin embargo, el dibujo como componente y herramienta de evaluación y comprensión se va perdiendo conforme se avanza en los niveles educativos, desde los básicos hasta los superiores, pues lo que se busca es que el estudiante logre extraer lo que aprende, lo entienda y comunique a través de esquemas lo más abstractos posible. Además, ya lo mencionan Ainsworth, Prain y Tytler (2011), en clase de ciencias, los alumnos se enfocan principalmente en interpretar las visualizaciones de otros. Cuando se pasa al dibujo, es raro que a los estudiantes se les aliente a crear sus propios objetos visuales para desarrollo y comprensión.

Por otra parte, y como forma de expresión e interpretación, el dibujo difícilmente puede separarse de tres cosas: las experiencias vividas, el propio estado anímico y la capacidad cognitiva que posee el dibujante. Estos aspectos sufren cambios con el paso del tiempo e influyen fuertemente en la manera en que cualquier persona, en este caso los estudiantes de secundaria, representan su entorno. Machón (2013) retoma las palabras de Lowenfeld (1957), quien así lo confirma, al referirse al cambio de estado por el que se pasa de los nueve-once años en adelante:

Este periodo representa [...] el tiempo durante el cual el niño pierde la confianza en su propia capacidad creadora, la que por primera vez es debilitada por el hecho de estar adquiriendo conciencia de la significación del medio (Lowenfeld, 1957).

Dicho esto, conviene decir que diversas investigaciones se han centrado en el estudio de la relación entre los dibujos y los MS, todos ellos con resultados que, si bien no siempre son alentadores o concluyentes, dado que no han podido demostrar de manera clara la relación entre el proceso de aprendizaje y el uso de representaciones visual-espaciales (Hegarty y Kozhevnikov, 1999), sí resultan interesantes, lo que tiende a alentar a los investigadores a perseguir y arrojar un poco más de luz al respecto.

En su artículo, *Types of visual-spatial representations and mathematical problem solving*, las investigadoras Hegarty y Kozhevnikov (1999) parten de la definición de *visualización de imágenes* que aporta Kosslyn (1995) en su libro *Visual cognition: an invitation to cognitive science*: “La habilidad de formar representaciones mentales de la apariencia de objetos y la manipulación de dichas representaciones en la mente” (p. 267).

Este punto de partida tiene el propósito de revisar la concepción que se tiene sobre el uso y utilidad que se le atribuye a las representaciones visual-espaciales y el papel que juegan en la resolución de PVM, ya que proponen que no siempre resultan ser tan efectivas como se piensa. Dicha noción es respaldada, aparte del experimento realizado, a través del análisis de múltiples investigaciones previas en las que, aun cuando buena parte de los resultados en materia de representación espacial son negativos, se sigue teniendo a la misma en una posición privilegiada. Con ello no se quiere asegurar que la representación visual-espacial de PVM sea por completo negativa, sino que no se ha ahondado lo suficiente como para separar “lo que sirve de lo que no”. Y esa es la esencia de su estudio: demostrar bajo qué condiciones se puede sacar el mayor provecho de esta práctica.

En su revisión de la literatura, las autoras mencionan en particular los trabajos de Krutetskii (1976), quien propone una clasificación de alumnos en *visuales*, *verbalizadores* y *mixtos*, siendo Presmeg (1986a, 1986b) quien retoma a este último e identifica cinco tipos de construcción mental de imágenes (*imagery*): imágenes concretas, de patrones, quinestésicas, dinámicas y de memoria de fórmulas; de las anteriores, comenta, la referente a análisis de patrones sería la que juega un rol más esencial en resolución de PVM, en parte, debido a que en ella se descartan detalles concretos que resultan irrelevantes. Aunado a ello, Presmeg (1986a, 1986b) también aportan una definición de lo que llaman *visualidad matemática*, como la preferencia de una persona a proyectar su construcción visual en forma de *imágenes* o de *diagramas* a la hora de intentar resolver PVM. Finalmente, una revisión al trabajo de 1981 de Lean y Clements (citado en Hegarty y Kozhevnikov, 1999) confirma que los verbalizadores superan en desempeño a los visualizadores tanto en pruebas

matemáticas como de habilidad espacial. Más adelante, las autoras concluyen que la clasificación de Krutetskii resulta demasiado general como para fungir como una clasificación apropiada, que no absolutamente inválida ni carente de utilidad.

En su estudio, Hegarty y Kozhevnikov (1999) pusieron a prueba a treinta y tres estudiantes con un rango de edad que va desde los once a los trece años y seis meses, y diseñaron un instrumento de quince problemas más una serie de pruebas estandarizadas. Se enfocaron en la medición y análisis de los siguientes parámetros: *nivel de visualidad individual, tipos de estrategias utilizadas en resolución de problemas, habilidad de razonamiento verbal y no verbal y habilidad espacial*. Con base en lo anterior concluyen lo siguiente:

- Se sugiere que la *construcción de imágenes* no es un proceso general e indiferenciado, sino que se halla elaborado a partir de una serie de componentes *visuales y espaciales* relativamente diferenciados.

- Con base en lo anterior, se determinan dos tipos de construcción:

- *Visual*: Se refiere a la representación de un objeto considerando su aspecto visual (forma, color, brillo, etcétera).
- *Espacial*: Se refiere a la representación de las *relaciones espaciales* entre las partes del objeto y la ubicación del mismo en el espacio, así como su movimiento (si lo hubiese). Cabe mencionar que no está limitada a la modalidad visual (e. g. aspectos como la audición pueden intervenir).

- Entre ambas es posible identificar ciertos grados de disociación, esto es, tanto su construcción como el rol que juegan les permite interactuar entre sí, sin llegar a ser necesariamente dependientes.

- Tal disociación lleva a las investigadoras a concluir que las personas pueden, en esencia, construir dos tipos de modelos:

- *Pictórico*: Pueden construir imágenes vívidas y detalladas.
- *Esquemático*: Son capaces de establecer relaciones espaciales entre objetos y proyectar transformaciones entre dichas relaciones.

- Consideran a la *habilidad espacial* como un subconjunto de habilidades pertenecientes a la construcción de imágenes, relacionadas con la *esquemática* pero no con la *pictórica*.

Hegarty y Kozhevnikov (1999) concluyen confirmando sus hipótesis iniciales:

- El uso de *representaciones esquemáticas* está *positivamente* relacionado con el éxito para resolver PVM.
- El uso de *representaciones pictóricas* está *negativamente* relacionado con el éxito para resolver PVM.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

Se trata de una investigación de tipo mixto. Se decidió realizarla de esta manera debido a que, por un lado, los apartados de dibujo y construcción en *Minecraft* de MS serán analizados a partir sus características pictóricas, esquemáticas, interpretativas y de inclusión u omisión de elementos narrativos que pudiesen estar relacionados con una o varias dimensiones situacionales descritas por Zwaan y Radvansky (1998). A ello se suma la aplicación de una serie de entrevistas abiertas y semi-guiadas cuyo propósito es el de orientar al alumno a través de un reconocimiento de los fallos situacionales en los que pudiese estar cayendo, a la par que se le inquiriere acerca de sus opiniones sobre las actividades realizadas.

Para el pre-test y el post-test se optó por la aplicación y resolución de tres PVM con elaboración de dibujos que representasen las situaciones planteadas. Se procuró que los problemas activaran el uso de ciertas dimensiones situacionales, en particular la de espacialidad. Asimismo, fueron ligeramente modificados de manera que ciertas palabras o frases que pudiesen considerarse difíciles de comprender o confusas no presentasen un obstáculo innecesario a la hora de interpretarlos.

Por otro lado, la inclusión de la prueba WISC-IV, aunque también cuenta con elementos de interés cualitativo, como el análisis de la prueba de *construcción con cubos*, aporta datos esencialmente numéricos (cuantitativos) que revelan el nivel del *Índice de Razonamiento perceptual* del estudiante.

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUJETOS DE ESTUDIO

Se contó con la participación de dos estudiantes de sexo masculino, ambos de catorce años de edad, los cuales cursan el tercer grado de educación secundaria al momento de realizar el estudio.

4.1.1. Contexto externo: Localidad

La escuela a la que pertenecen los alumnos se ubica en el municipio de Soltepec, perteneciente al Estado de Puebla. Se trata de una comunidad rural relativamente aislada de la influencia de entornos urbanos, lo que impacta a nivel tecnológico y cultural. No obstante, el acceso a equipos de cómputo es bastante bueno, siendo caso contrario el acceso a internet, cuya señal es pobre y lenta. Ello no impide que buena parte de la comunidad cuente con tablets, laptops y celulares de última generación, lo que viene bien al estudio dado que, como ya se mencionó, *Minecraft* es multiplataforma, y puede ser jugado sin problemas en cualquiera de estos dispositivos. Por otra parte, existe una alta tasa de vandalismo y consumo de marihuana, que influyen como agentes culturales a los que se encuentran expuestos los estudiantes.

4.1.2. Contexto interno: Institución

La Escuela Secundaria Técnica Agropecuaria No. 39 es, como su nombre lo indica, una institución dedicada a formar técnicos, principalmente dentro del ámbito agropecuario, por lo cual sus especialidades son: agricultura, conservación de alimentos e informática, cada uno con sus respectivos talleres. También cuenta con un laboratorio de Química, un área de libros (sin que exista un espacio destinado para la biblioteca). Aulas con pizarrones para marcador acrílico, acondicionadas para tener su propio proyector (sin que esto haya sido aún completado. Por lo demás, sí se cuenta con los proyectores). Algunas de ellas cuentan con butacas de madera y otras con sillas y mesas de plástico, un escritorio y en algunas hay muebles para que los docentes guarden material y demás. Hay también dos áreas de sanitarios (sólo uno en funciones), desayunador, áreas verdes, cancha de fútbol y basquetbol, áreas de cultivo, estacionamiento, plaza cívica, dirección y cooperativa.

4.1.3. Características de aprendizaje de los alumnos

Los alumnos seleccionados muestran deficiencias en cuanto a contenido factual, esto es, conocimientos que bien debieron haber sido adquiridos durante su formación previa. Entre ellos podemos mencionar:

- Uso y manejo de las tablas de multiplicar

- Uso, manejo, comprensión y visualización de fracciones (se les hizo una prueba en la que tenían que dibujar su representación mental de un conjunto de fracciones y varios, incluso los de mejores calificaciones incurrieron en errores de interpretación).

- Uso, manejo, comprensión y cálculo de áreas y perímetros.

Aunado a lo anterior, también muestran deficiencias en cuanto a habilidades matemáticas, entre las que se detectaron:

- Traducción de lenguaje natural a algebraico.

- Noción de la idea y manipulación de superficies (áreas) y perímetros.

- Habilidades de comprobación de resultados en general.

Por otro lado, ambos estudiantes poseen un grado elevado de experiencia en *Minecraft*, cuyo uso oscila entre las dos a tres horas diarias, durante un periodo de poco más de tres años en ambos casos.

4.2. ELEMENTOS TEÓRICOS PARA LA APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE PRUEBAS PSICOMÉTRICAS ESTANDARIZADAS (WISC-IV)

Revisando más a fondo las investigaciones de Hegarty y Kozhevnikov (1999) y Edens y Potter (2007), nos encontramos con que en tales trabajos se hace uso de pruebas estandarizadas, que miden tanto el rendimiento en resolución de problemas como el cognitivo. En el caso de Hegarty et al. (1999), son aplicadas las siguientes pruebas:

- MPI, desarrollado por Krutetskii (1976), y que consiste en resolver quince problemas cuyo nivel de dificultad es apropiado para los estudiantes y permite el uso variado de estrategias para resolver problemas (uso de diagramas, imágenes y propuestas de soluciones no-visuales-espaciales), acompañado por una serie de preguntas concernientes al uso de dichas estrategias.

- DVRT, o Prueba Drumcondra de Razonamiento Verbal (por sus siglas en inglés), que mide la habilidad de razonamiento verbal.

- Prueba Raven de Matrices Progresivas, usada para medir razonamiento no-verbal.

- Y dos pruebas más, encargadas de medir la habilidad espacial: la subprueba Diseño con Cubos, perteneciente a la Escala Wechsler de inteligencia para niños-Cuarta edición (WISC-IV, por sus siglas en inglés), y la subprueba espacial de la Prueba de las Habilidades Mentales Primarias (PMA, por sus siglas en inglés).

Con base en la aplicación de tales pruebas, Hegarty y Kozhevnikov (1999) obtienen los siguientes resultados:

- Los estudiantes reportaron o demostraron el uso de estrategias de solución visual-espaciales en más de la mitad de los problemas.

- No hubo una correlación significativa entre el uso de estrategias de solución visual-espaciales y el rango de éxito en resolución de problemas,

- sin embargo, el uso de representaciones espaciales de tipo esquemático se encontró positivamente correlacionado con la resolución de PVM.

- Ninguna de las mediciones psicométricas se asoció positivamente con el uso general de estrategias visual-espaciales.

En el caso de Edens y Potter (2007), su estudio utiliza un instrumento basado en los Niveles de estructura central conceptual de Case, que permiten analizar ciertas características de los dibujos elaborados por los sujetos de estudio, ello con la finalidad de determinar el nivel de comprensión espacial. Para ello fueron aplicados cuatro PVM seleccionados de manera que fuese necesario recurrir a representaciones de información numérica. Sus resultados coinciden con los descritos en el caso de Hegarty y Kozhevnikov (1999):

- Se halló una correlación significativa entre los niveles de desarrollo espacial y resolución de problemas por parte de los estudiantes.

- De igual manera, se encontró una relación significativa entre el uso de representaciones visuales esquemáticas y la resolución de problemas.

- Finalmente, se encontró una diferencia significativa a favor de las chicas en cuanto a uso de representaciones visuales esquemáticas en resolución de problemas.

Como es posible observar, sólo una de las subpruebas aplicadas pertenece al WISC-IV. Una de las razones para esto es que en dichas investigaciones se analizan otros aspectos aparte de la espacialidad, lo que obliga a integrar un número más variado de pruebas para cada objeto de estudio. Nuestra situación es diferente en ese sentido: nos enfocamos en el análisis específico de la dimensión de espacialidad, debido a su notoria participación dentro del proceso de construcción de MS. Para ello utilizamos la Escala Wechsler de inteligencia para niños-Cuarta edición (WISC-IV), misma que consta de diez subpruebas que permiten establecer el nivel de desempeño de un estudiante en cuatro ámbitos principales: índice de comprensión verbal (ICV), índice de memoria de trabajo (IMT), índice de velocidad de procesamiento (IVP) e índice de razonamiento perceptual (IRP), centrando nuestra atención en este último (IRP), dado que sus objetivos son: evaluar la habilidad del niño de examinar un problema, dibujar a partir de sus habilidades visual-motriz y visual-espacial, organizar sus pensamientos, crear soluciones y ponerlas a prueba. También permite identificar preferencias de información visual, grado de comodidad frente a situaciones nuevas e inesperadas o preferencias en cuanto a su aprendizaje por ejecución.

Lo que se busca es confirmar la presencia o ausencia de una correlación entre los niveles de habilidad espacial del alumno y su habilidad para construir, mediante dibujos, MS coherentes con las situaciones propuestas en los PVM a que se enfrenta.

4.3. ELEMENTOS TEÓRICOS PARA LA ELABORACIÓN DE SECUENCIA DIDÁCTICA

No es extraño que, de vez en vez, al embarcarnos en el diseño de una secuencia didáctica, consideremos que nuestras ideas personales son lo suficientemente fuertes o innovadoras como para prescindir de una base teórica y metodológica que guíe la construcción de la misma. Al aplicar dicha “secuencia”, los resultados suelen ser impredecibles. Puede que se presenten problemas no contemplados con antelación o que el objetivo alcanzado no haya sido el que se esperaba. Con motivo de evitar estos y otros errores, se revisaron ciertos aspectos en torno a rasgos a considerar en el diseño de una secuencia didáctica.

Como cualquier secuencia de actividades que se desee planear, es preciso sentar algunas bases. En primer lugar, y para definir lo que una secuencia didáctica es, se consideró la definición propuesta

por Fernández, Elortegui, Rodríguez y Moreno (1999) que contemplan las siguientes características:

- Conjunto de ideas en forma de hipótesis de trabajo.
- Condicionada por la manera de pensar del profesor que la elabora.
- Busca organizar la práctica de la enseñanza y el aprendizaje de manera eficiente.

Asimismo, comentan sobre los inconvenientes de comenzar a planear directamente desde los conceptos que se desean enseñar, o bien, comenzar a planear a partir de las actividades que se quisiera aplicar. En el primer caso, el problema radica en que se termina cayendo en una transmisión mecánica de los conceptos; en el segundo caso, la secuencia se tornaría en lo que ellos llaman activismo, es decir, actuar sin cuestionarse qué se quiere enseñar y porqué. Recomiendan, en cambio, sentar bases en una meta o serie de metas, en función de lo que se quiera lograr con los alumnos. Tales metas fueron retomadas desde los objetivos de este estudio:

- Mejorar los niveles en materia de habilidad espacial en los alumnos.
- Mejorar su desempeño a la hora de construir modelos situacionales coherentes con la situación propuesta en un PVM.

En adición a lo anterior, Popham y Baker (1986) explican en su obra *Planteamiento de la enseñanza*, la existencia de un aspecto denominado *Principio de la práctica adecuada*, de acuerdo con el cual el alumno debe tener oportunidades para poner en práctica la conducta que le permita cumplir con los objetivos educacionales establecidos por el docente. De modo que se busca brindar al alumno de oportunidades en las que pueda ejercer sus capacidades tanto de interpretación, visualización, construcción y comprensión de situaciones, al proponerle la lectura, análisis y posterior resolución de una serie de PVM.

Por otro lado, complementando lo arriba discutido y considerando que al momento de escribir estas líneas gran parte de las prácticas educativas buscan, de una manera u otra, integrar la noción de competencia, tomamos en cuenta lo aportado por Zarzar (2015) en su libro *Planeación didáctica por competencias*:

Una persona es competente cuando nos consta que es capaz de hacer algo bien hecho. Una competencia, por tanto, es la demostración de la capacidad para hacer algo bien hecho (Zarzar, 2015).

También define a las secuencias didácticas (él las llama situaciones didácticas) y menciona que:

El objetivo de una situación didáctica es ubicar a los alumnos en un contexto en el cual forzosamente tengan que demostrar las competencias que lleguen a alcanzar, en el que tengan que poner en práctica las capacidades que van a desarrollar (Zarzar, 2015).

Ello es complementado por Emmer y Millett (1970) quienes expresan que, para planificar una secuencia basada en la aplicación y resolución de problemas, es pertinente considerar las siguientes preguntas:

- ¿Con qué eficacia se formula el problema?
- ¿Se han elaborado métodos de resolución?
- ¿Se conoce la solución de problema?

Estas preguntas dan pie a pensar qué tipo de características deben tener los problemas que se quieren incluir en la secuencia. Ciertamente es necesario que sean lo suficientemente claros y lo menos ambiguos posible para evitar obstáculos innecesarios durante el proceso de interpretación y comprensión, lo que aportará esa eficacia a que los autores hacen alusión. Por el contrario, dada la naturaleza del presente estudio, los métodos de resolución no juegan aquí un papel preponderante, debido a que no es el proceso de resolución el objeto de interés investigativo. Algo similar ocurre con la solución o soluciones que el alumno pueda proponer, no son de interés prioritario porque tampoco son parte del propósito de la investigación, sin embargo, su posible aparición bien podría aportar información interesante o complementaria. En todo caso, los autores concluyen que existe una enorme libertad para abordar una secuencia basada en problemas, principalmente porque los acercamientos que se suelen hacer al respecto vienen partiendo de la formulación de preguntas. Y dependiendo del objetivo de la secuencia, será el tipo de preguntas que se planteen en el transcurso de la misma.

4.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS APLICADAS

Como acercamiento inicial fueron aplicados dos instrumentos a modo de pre-test:

- Construcción de MS a partir de dibujos con motivo de comprender/resolver PVM.
- WISC-IV

Con base en los resultados de dichas pruebas se realizó el diseño y aplicación de una secuencia didáctica que fomentara el desarrollo de la habilidad espacial de los alumnos, haciendo uso de PVM, la construcción de MS en *Minecraft* y una serie de tres a cuatro sesiones de análisis de comparación y discusión sobre las características entre los modelos propios y los realizados por el resto de los pares.

Finalmente, se aplicaron dos de las pruebas iniciales en calidad de post-tests, que sirvieron para corroborar el grado de eficacia de la secuencia didáctica desarrollada:

- Construcción de MS a partir de dibujos con motivo de resolver PVM.
- WISC-IV

A continuación, se describen cada uno de los instrumentos mencionados:

4.4.1. Características de los pre-tests

4.4.1.1. Para prueba de construcción de modelos situacionales

Para esta prueba. Fueron seleccionados tres problemas incluidos en la investigación perteneciente a Juárez et al. (2014) sobre la construcción de modelos situacionales haciendo uso de los dibujos de los alumnos como objetos de análisis, partiendo del Marco de Experimentador Inmerso.

Los problemas fueron:

Problema 1: El perro guardián (**Figura 1**)

Un perro está amarrado con una cadena que mide 2 m. La cadena tiene un aro que permite al perro moverse en un tubo en forma de ángulo recto cuyos lados miden 2 m y 4 m, ¿cuál es el área máxima de la región por la que puede andar el perro? (SEP, 2004)

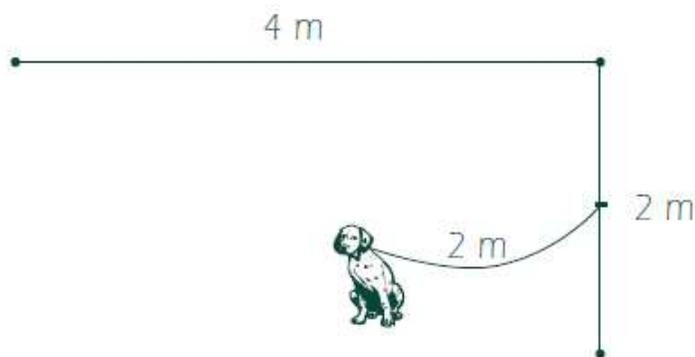


Figura 1. *Fichero de actividades didácticas. Matemáticas. SEP, (2004)*

Es importante destacar que, para este problema, SEP (2004) propone un “modelo ideal” de comprensión (**Figura 2**), mediante el cual es posible resolver “correctamente” lo que se solicita.

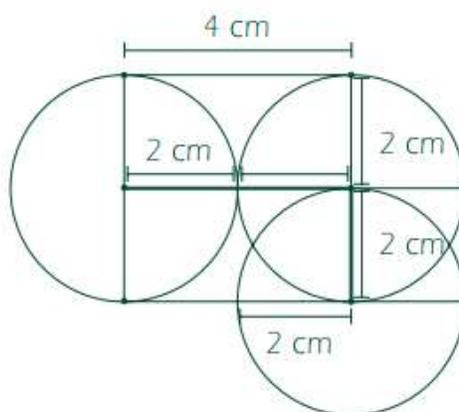


Figura 2. *Fichero de actividades didácticas. Matemáticas. SEP, (2004)*

Sin embargo, el estudio realizado por Juárez et al. (2014), confirma dos cosas:

- Existe más de una manera coherente de interpretar el problema y darle una solución correcta.
- El modelo propuesto por el autor NO es ideal a la hora de comprender la situación y, por ende, dar una solución apropiada.

Dicha afirmación viene respaldada por Palm (2009) al señalar que la situación presentada carece de ciertos elementos esenciales para que pueda ser considerada auténtica, principalmente en el apartado de la *información*, que incluye los parámetros de *existencia*, *realismo* y *especificidad*. Al centrarnos en el tercero (*especificidad*) resulta notoria la carencia que existe al no describir específicamente cómo es que se haya colocada la barra metálica. No se esclarece cuál es la posición en que se encuentra. Sólo se infiere que el alumno intuirá la misma. Sin embargo, en la práctica

esto no siempre sucede. Existe evidencia de que varios alumnos asumen que la barra se encuentra enterrada en uno de sus lados, lo que deja al perro con sólo una porción de la barra por la cual puede transitar; otros la colocan empotrada en una pared, lo que también elimina parte del área que se espera el alumno incluya en sus cálculos; y otros más *suspenden* la realidad del problema, proponiendo que la barra se encuentra “acostada” y flotando sobre la superficie de un terreno. No es difícil concluir que dicha gama de interpretaciones deja al problema abierto a múltiples resultados, y a los alumnos, abiertos a situaciones que, a la larga, pueden generar problemas para con la resolución de PVM posteriores.

En última instancia, este problema se consideró apropiado ya que presenta las siguientes características:

- Permite la construcción de más de un MS coherente con la situación.
- Dicha característica puede contrastarse con lo esperado por el sistema educativo que lo propone.
- Los elementos que lo componen son conocidos por alumnos de cualquier estrato académico, socioeconómico y cultural.
- La situación propuesta puede ser considerada auténtica (un perro atado a una barra o poste), sin embargo, varias características del mismo terminan presentándolo de manera confusa y, dependiendo cómo se interprete, poco real y, finalmente,
- posee un alto grado de composición espacial.

Problema 2: El árbol caído

Se tomó como referencia la categorización diseñada por Juárez, Slisko, Hernández y Monroy (2015) al trabajar con el PVM de *El árbol caído*. Dicha categorización se centra en la coherencia que muestran las representaciones de los MS realizados por los sujetos de estudio. El problema es:

El viento ha partido un árbol de tal manera que dos de sus partes forma un triángulo rectángulo con el suelo. La parte superior forma un ángulo de 35° con el suelo y la distancia, medida sobre el piso, desde el tronco hasta la punta caída del árbol es de 5m. Hallar la altura del árbol. (Mancera, 2008, p. 333).

MS con triángulo rectángulo	MS con triángulo arbitrario relacionado con la situación	MS con triángulo arbitrario NO relacionado con la situación	MS sin triángulo
-----------------------------	--	---	------------------

Tabla 1. Categorización para problema “El árbol caído”

Se trata de un problema mucho menos complejo que el del *perro guardián*, hablando en términos de interpretación espacial, no obstante, y aunque los requerimientos necesarios para su solución incluyen conocimientos en trigonometría, a nivel de comprensión situacional, ofrece buenas oportunidades de estudio, principalmente en cuanto a la colocación de los datos dentro del modelo esquemático que permite darle solución.

Problema 3: Un paseo turístico

Imagina que entras en una pirámide y caminas 6.5 metros al centro de ella por un túnel que está en el nivel de la calle, hace frío y huele a humedad. A partir de ahí el túnel sube 2 metros y se mantiene horizontal durante 3.5 metros; en ese punto el túnel tiene una caída de 1 metro y llega a un pequeño cuarto. ¿Te encuentras por debajo o por arriba del nivel de la calle? ¿Cuántos metros? (Juárez et al., 2014, p. 89).

Este problema resulta particularmente interesante en comparación con los otros dos, puesto que abre la posibilidad de que el alumno se *integre* en la situación que está siendo descrita. Aunado a ello, la complejidad *espacial* que presenta resulta ideal para analizar el tipo de acercamiento que los estudiantes hacen del mismo, como se analizará más adelante.

4.4.1.2. Para la Escala Wechsler de inteligencia para niños-Cuarta edición (WISC-IV)

Por último, para la *Escala Wechsler de inteligencia para niños-Cuarta edición (WISC-IV)*, con motivo de analizar el Índice de Razonamiento Perceptual se utilizaron tres de las subpruebas que lo componen:

- Diseño con Cubos: El niño observará un modelo construido (...) y utilizará cubos rojos con blanco para reproducir el diseño dentro de un límite especificado de tiempo.
- Conceptos con dibujos: En cada reactivo se presentan al niño dos o tres filas de dibujos y se le pide que elija un dibujo de cada fila con base en una característica común.
- Matrices: Se presenta al niño una matriz incompleta y se le pide que seleccione, entre cinco opciones, la respuesta que complete mejor la matriz (Wechsler, 2007).

Los resultados de dichas pruebas fueron registrados en el formato oficial incluido en el kit de los insumos de la prueba (Ver anexo I).

4.4.2. Diseño y características de aplicación de la secuencia didáctica

4.4.2.1. Principios, intenciones y objetivos de cada actividad

Lo que se busca es que el alumno se vuelva consciente de su entorno físico, de manera que pueda visualizarlo dentro de una construcción mental que pueda analizar o modificar de acuerdo a sus necesidades, en este caso, de acuerdo con la necesidad de comprender un problema verbal matemático, al menos en términos situacionales. Por lo tanto, no estamos hablando de conocimiento matemático *per se*, sino de la manera en que los individuos ven, analizan, construyen y comprenden su realidad y aquellas otras realidades (narrativas) que se le presentan para, luego entonces, identificar las componentes matemáticas que en él existen y abstraerlas. Es en ese punto en el que se pasa del modelo situacional al matemático y es por ello que, en principio, no resulta indispensable poseer un saber matemático extenso. Al final la idea es que se habitúen a pensar una situación dentro de un contexto matemático, lo que les facilitará identificar los elementos matemáticos del mismo y construir un modelo situacional apto que le facilite comprender el problema y no sólo la situación, pues la comprensión de la misma no reviste demasiada dificultad. En algunos casos puede serlo, sin embargo, el verdadero problema reside en no poder comprender la situación por la situación misma.

Para lograr lo anterior se esquematizará la secuencia en tres partes, organizadas en un periodo de aplicación de 12 sesiones.

4.4.2.2. Fase introductoria (cuatro sesiones de una a dos horas por sesión):

Actividad 1 (Una sesión). - Introducirlos a la tarea de pensamiento espacial a partir de actividades simples de dibujo y construcción en *Minecraft* pidiéndoles que dibujen y construyan cosas con las que ya están relacionados:

- Dibuja un croquis de tu casa. Luego, construye en *Minecraft* la casa que te gustaría tener: Esto con el objetivo de que el estudiante se haga consciente de un espacio conocido para él y la modificación o replanteamiento del mismo en un ejercicio de identificación espacial de los objetos que lo rodean.

- Esta parte también tiene el propósito de que aquellos menos acostumbrados a la tarea de dibujar o usar *Minecraft* se acostumbren a hacerlo.

Actividad 2 (Una sesión). - Introducirlos a la construcción de estructuras que permitan ejercitar un sentido de espacialidad más complejo y generen ideas sobre cómo construir estructuras curvas utilizando cubos.

- construya las siguientes figuras: Un cilindro, una esfera y un cono.

Actividad 3 (Una sesión). – Introducirlos a la construcción de estructuras que permitan ejercitar un sentido de espacialidad más complejo.

- Diseñe de manera propia un laberinto y constrúyalo en *Minecraft*.

Actividad 4 (Una sesión). – Introducirlos a la construcción de estructuras que permitan ejercitar un sentido de espacialidad más complejo.

- Observa la siguiente figura (imagen de una construcción con más de una interpretación posible. Algo similar a los cuadros de Escher, pero no tan complejos): intenta dibujarla y después constrúyela en *Minecraft*.

4.4.2.3. Actividades de desarrollo con cuadernillo (Cuatro sesiones de tres a cuatro horas por sesión. Una sesión por alumno):

Introducirlos al trabajo de construir situaciones planteadas con contenido matemático. Se busca que los alumnos comiencen el camino hacia la construcción de modelos situacionales más esquemáticos y menos pictóricos. La primera indicación será comentarles que el objetivo de esta

actividad será que logren comprender las situaciones planteadas a partir de los modelos construidos. El resto de las indicaciones va incluido en el *Cuadernillo de Actividades*.

- Se mostrará un texto en el que se plantee una situación perteneciente a un PVM, sin embargo, se excluirán momentáneamente las preguntas, pues son éstas las que le confieren la naturaleza de *problema*. Se espera que al hacer esto, se libere a los estudiantes del obstáculo que suele representar para ellos la presión de resolver un problema y se enfoquen en la construcción del MS, para que el alumno lo lea y reinterprete en un dibujo. Posteriormente se le pedirá que lo construya en Minecraft.

4.4.2.4. Actividades de cierre (cuatro sesiones de una a dos horas por sesión y una sesión por alumno):

- Se solicitará al alumno que compare sus productos con los de sus compañeros. En la primera sesión se trabajará con dos alumnos al mismo tiempo, de manera que ambos comparen los productos del otro. Se guiará la entrevista a partir de plantear preguntas como las siguientes:

- ¿Qué diferencias hay entre los modelos tuyos y los de tus compañeros?
- ¿Cuáles son mejores y por qué?
- ¿Le faltan cosas al tuyo?, ¿le sobran cosas?, ¿qué le puedes cambiar?
- ¿Para qué hacerle esos cambios?
- ¿Cómo te ayuda tu modelo a comprender la situación que se describe en el problema?
- ¿Existen cosas del problema que aún no entiendes?, ¿cuáles son?, ¿por qué no las entiendes?
- ¿necesitas algo en particular para comprenderlos?, ¿qué es lo que necesitas?

Se espera que a través de estas reflexiones el alumno haga cambios *in situ* de sus construcciones.

Elementos de evaluación (Durante el proceso de la secuencia):

Productos: Se recabarán todas las producciones elaboradas por los alumnos para su posterior análisis:

- Dibujos
- *Screenshots* o capturas de pantallas de las construcciones en Minecraft
- Grabaciones de desempeño y entrevistas a los estudiantes

Materiales:

- Folders o carpetas para organizar/almacenar los productos de los alumnos
- Hojas blancas o libreta de hojas blancas
- Lapicero, lápiz, goma, sacapuntas
- Juego geométrico (opcional)
- Celular, tablet o laptop con *Minecraft* instalado

4.4.3. Características de los post-tests

Son las mismas que en el caso de los pre-tests, tomando en cuenta que se trata de las mismas pruebas:

- Construcción de MS a partir de dibujos con motivo de resolver PVM.
- WISC-IV

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS (PRE-TESTS)

5.1. REPRESENTACIÓN DE MODELOS SITUACIONALES A PARTIR DE DIBUJOS

5.1.1. Herramientas para análisis

A continuación, se presentan tres tablas que contienen los parámetros a considerar en el análisis de cada uno de los problemas aplicados. Se encuentran sustentados en las ideas aportadas por Hegarty y Kozhevnikov (1999), Zwaan y Radvansky (1998) y Juárez et al. (2014).

PROBLEMA EL PERRO GUARDIÁN				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Propuesto por el autor	Ambos	Espacialidad	Sólo barra (distancias opcionales)	Útil: permite comprender el problema
Conserva varios elementos del modelo propuesto por el autor	Esquemático: Sólo incluye medidas y elementos representativos simples (líneas, puntos, etcétera).	Protagonista/objetos	Perro, barra y área disponible	Medianamente útil: Muestra algunos fallos en la interpretación
Conserva pocos elementos del modelo propuesto por el autor	Mayormente esquemático	Motivación	Barra y perro	Pobremente útil: Son pocos los elementos que coinciden con la situación propuesta
Totalmente reinterpretado por el alumno	Mayormente pictórico	Causalidad	Esquema y distancias	No útil: No permite una comprensión coherente
	Pictórico: Se centra en información irrelevante para la resolución del problema	Temporalidad	Esquema	

Tabla 2: Análisis de características en modelos situacionales

PROBLEMA ÁRBOL CAÍDO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Acorde con la situación	Esquemático	Espacialidad	Árbol partido, viento, longitud de 5m, ángulo	Útil: permite comprender el problema
Mayormente acorde con la situación	Mayormente esquemático	Protagonista/objetos	Árbol partido, viento (opcional) y longitudes en colocadas erróneamente	Medianamente útil: Muestra algunos fallos en la interpretación
Escasamente acorde con la situación	Mayormente pictórico	Motivación	Árbol partido, viento (opcional), carente de medidas	Pobremente útil: Son pocos los elementos que coinciden con la situación propuesta
Totalmente distinto de la situación	Pictórico	Causalidad	Cualquier árbol distinto a un árbol partido, carente de medidas	No útil: No permite comprender coherentemente el problema
	Ambos	Temporalidad		

Tabla 3: Análisis de características en modelos situacionales

PROBLEMA UN PASEO TURÍSTICO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Acorde con la situación	Esquemático	Espacialidad	Pirámide	Útil: permite comprender el problema
Mayormente acorde con la situación	Mayormente esquemático	Protagonista/objetos	Protagonista	Medianamente útil: Muestra algunos fallos en la interpretación
Escasamente acorde con la situación	Mayormente pictórico	Motivación	Distancias aportadas por el problema	Pobremente útil: Son pocos los elementos que coinciden con la situación propuesta
Totalmente distinto de la situación	Pictórico	Causalidad	Elementos no relevantes para comprender el problema (pictóricos)	No útil: No permite comprender coherentemente el problema
	Ambos	Temporalidad		

Tabla 4: Análisis de características en modelos situacionales

5.1.2. Análisis de casos:

5.1.2.1. Caso 1 (en adelante “alumno A”):

- “El perro guardián”

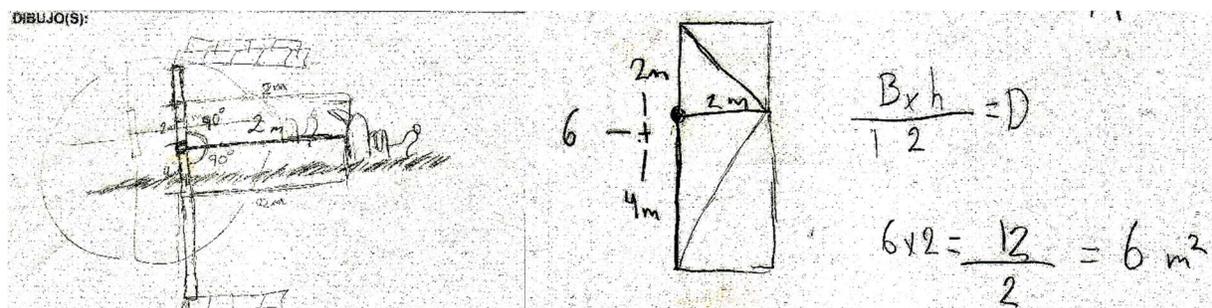


Figura 3. Dos modelos situacionales del mismo problema y solución propuesta

En la figura 1 es posible apreciar un primer modelo (a la izquierda de la imagen) muy curioso cuya principal característica es ser mayormente de tipo esquemático, lo que significa que existe un mayor énfasis en los elementos matemáticos relevantes extraídos del problema: líneas que definen espacios, objetos, longitudes y ángulos, así como las medidas de los mismos en lugar de enfocarse en detalles irrelevantes para su solución como el tipo de perro, objetos de jardín, colores del escenario, etcétera, que en un principio sirven para darse una idea de la situación en la que se haya planteado el contenido matemático (Hegarty y Kozhevnikov, 1999). Éste luego es replanteado y los elementos pictóricos son completamente eliminados (el perro y el pasto). Aun así, no es difícil notar el error en el que incurre el alumno al considerar que el movimiento que la cuerda permite es recto en lugar de circular, lo cual sí ocurre en un primer modelo que apenas y alcanza a notarse debajo de los trazos de la izquierda. Al parecer el alumno se percata de que falta asignar un ángulo recto mencionado en el problema y decide cambiar por completo su modelo inicial, que aparece semi-borrado debajo del nuevo para, posteriormente, replantear su nuevo modelo del lado derecho de la imagen, esta vez completamente esquemático.

Retomando el modelo pictórico (que incluye al perro y el pasto), es de notar la marcada diferencia que el alumno hace de la situación, pues virtualmente la reinterpreta al incluir dos muros que (presumiblemente) sostienen la barra. He aquí un ejemplo más del efecto de compensación de la realidad con miras a hacerla más coherente. Posteriormente, al pasarlo a su forma esquemática, se aprecia que incluso cuando decide interpretar el movimiento del perro de forma triangular, al final

se decide a dar una solución a partir del rectángulo formado por la cuerda y los muros. Esto es de una relevancia significativa en cuanto a que el perro no puede caminar por la mitad del área contemplada (en el entendido que el alumno A considera este modelo como el correcto), lo cual puede indicar una fuerte tendencia a suspender ciertos aspectos de la realidad en términos de coherencia espacial.

La tabla para este diseño queda entonces así:

PROBLEMA EL PERRO GUARDIÁN				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Propuesto por el autor (modificado para aportar mayor grado de coherencia situacional)	Ambos modelos fueron elaborados	Espacialidad Protagonista/objetos	Perro, barra, longitudes y área disponible	Útil: permite comprender el problema

Tabla 5: Análisis de características en modelos situacionales

- “El árbol caído”

Otro ejemplo de un modelo situacional en el que conviven elementos de ambos tipos de representaciones (pictórica y esquemática) se aprecia en la **Figura 4**. Éste presenta nuevamente un error en la posición de la longitud dada (5 m). A pesar de ello, el alumno tiene conocimientos referentes al triángulo rectángulo (ángulo de 90° y un tercer ángulo de 45°).

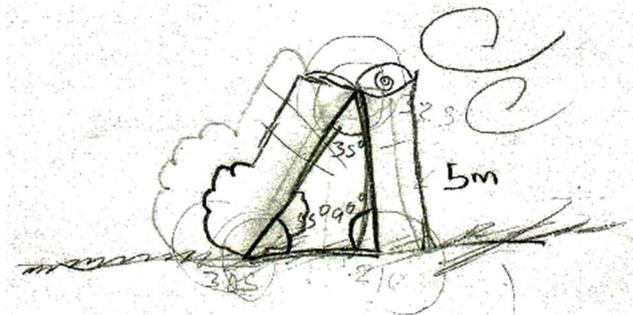


Figura 4. Modelo situacional con componentes tanto esquemáticos como pictóricos

Este modelo se centra en el juego de ángulos, como lo muestran algunas cifras y líneas borradas alrededor de los vértices del triángulo. A continuación, se muestran los elementos a manera de tabla:

PROBLEMA EL ÁRBOLCAÍDO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Mayormente acorde con la situación	Combinado, con elementos esquemáticos errados	Espacialidad Objeto	Árbol partido, viento (opcional) y longitudes en colocadas erróneamente	Medianamente útil: Muestra algunos fallos en la interpretación

Tabla 6: Análisis de características en modelos situacionales

- “Un paseo turístico”

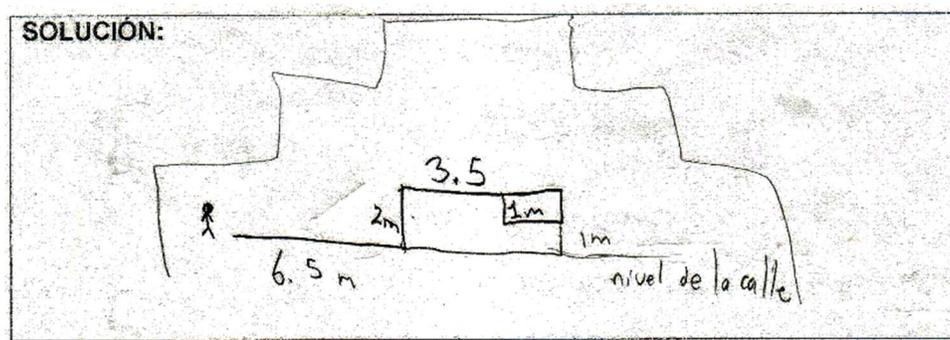


Figura 5. Modelo situacional esquemático correcto

Este último dibujo muestra un modelo que cumple las características que le permiten cumplir con su propósito: se eliminan casi todos los aspectos pictóricos irrelevantes (excepto la pirámide) que dan paso a la información útil, de manera que el modelo sirva como apoyo en la comprensión de la situación y resolución del problema. Además, el alumno A sí coloca las longitudes de los tramos recorridos por el personaje. Incluso coloca una etiqueta que indica dónde se encuentra ubicado el nivel de la calle.

PROBLEMA UN PASEO TURÍSTICO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Acorde con la situación	Esquemático con escasos elementos pictóricos	Espacialidad Protagonista/objetos	Pirámide, pasadizos y personaje genérico	Útil: permite comprender el problema

Tabla 7: Análisis de características en modelos situacionales

5.1.2.2. Caso 2 (en adelante “alumno B”)

- “El perro guardián”

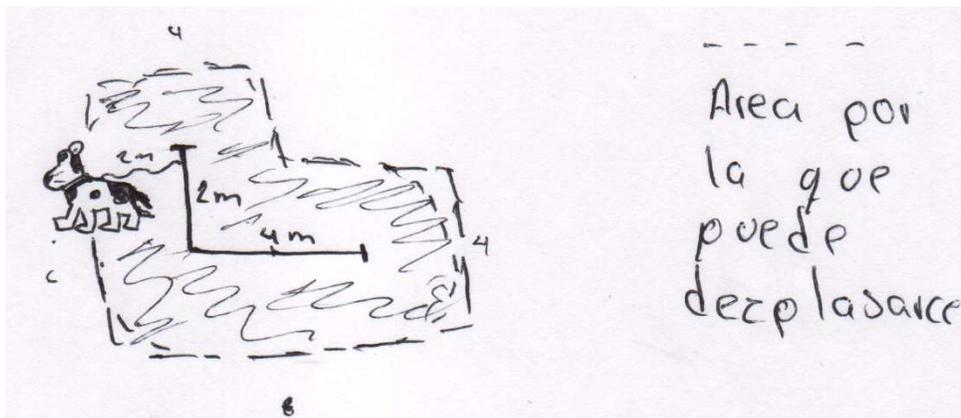


Figura 6. Modelo esquemático

En este caso se observa que el alumno, si bien pareciera que incurre en el error de considerar que el espacio es poligonal, se puede entrever que debajo de las líneas rectas aparecen curvas semi-detalladas. De ahí que lo que en un principio puede considerarse como área cuadrangular es en realidad sólo la manera que tiene el Alumno B de establecer las longitudes de los espacios que abarca el área real por donde se desplaza el perro, que incluso viene con una nota en la que se especifica que el área que éste recorre se encuentra indicada con una línea punteada. La construcción situacional que el alumno hace coincide con la esperada, sin que se logre percibir realmente cómo el estudiante interpreta la situación en términos de coherencia, dado que en el dibujo no se observa si la barra está flotando o enterrada o colocada de otra forma. Ello no significa que se trate de un mal modelo, simplemente indica que el Alumno B ha optado por centrarse en los

aspectos matemáticos y espaciales, posiblemente haciendo a un lado o ignorando parcialmente la realidad y coherencia de la situación.

PROBLEMA EL PERRO GUARDIÁN				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Propuesto por el autor	Mayormente esquemático	Espacialidad Protagonista/objetos	Perro, barra, longitudes y área disponible	Útil: permite comprender el problema

Tabla 8: Análisis de características en modelos situacionales

- “El árbol caído”

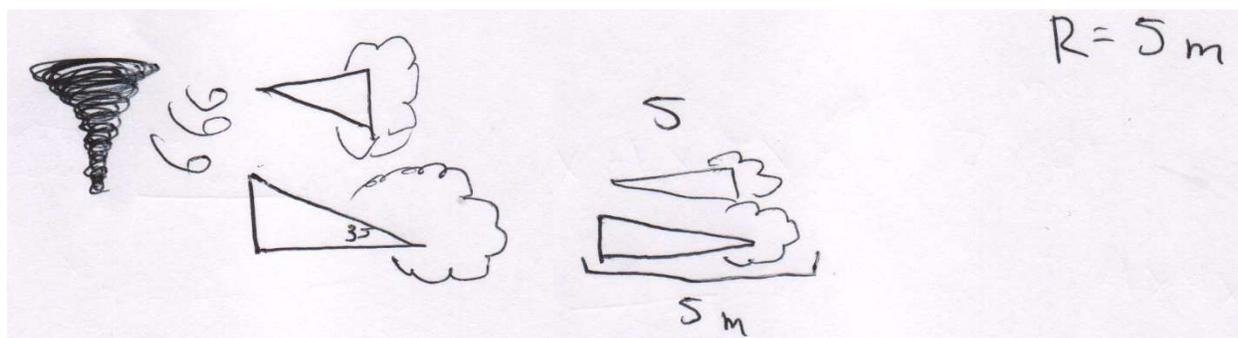


Figura 7. Modelos esquemáticos con elementos pictóricos

En la **Figura 7** aparece un dibujo donde se aprecia una leve inclinación hacia la representación de un modelo pictórico de la situación, dado el uso de recursos como un tornado al fondo, el viento y las hojas del árbol. No obstante, tales elementos no impiden que el Alumno A coloque correctamente el ángulo proporcionado por el texto. La longitud propuesta también es colocada correctamente e incluso, se aventura a jugar con la forma triangular que se crea. Claro que el resultado es erróneo, principalmente porque, como ya se mencionó, en ese entonces los alumnos aún no abordaban temas de trigonometría. Haciendo a un lado ese hecho y recordando que lo importante aquí es la interpretación, construcción y representación del MS, se tiene a bien aseverar que este modelo cumple con los parámetros de coherencia y funcionalidad necesarios para comprender la situación.

PROBLEMA EL ÁRBOL CAÍDO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Acorde con la situación	Combinado, con elementos pictóricos complementarios	Espacialidad Objeto Causalidad (tornado)	Árbol partido, viento, tornado y longitudes bien colocadas	Modelo útil: permite comprender la situación

Tabla 9: Análisis de características en modelos situacionales

- “Un paseo turístico”

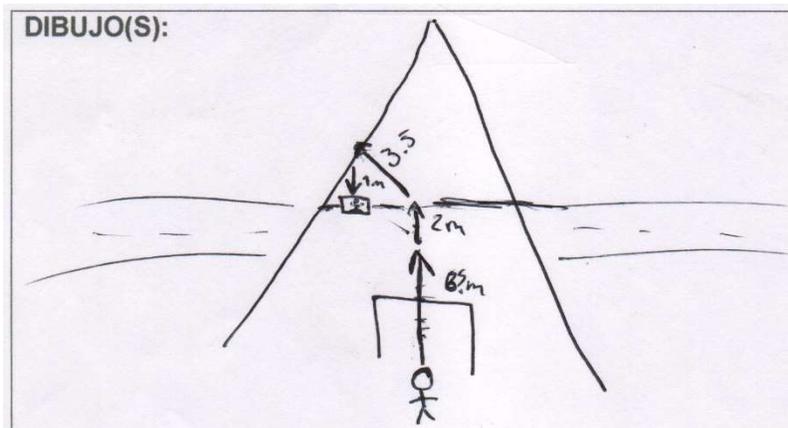


Figura 8. Modelo poco útil

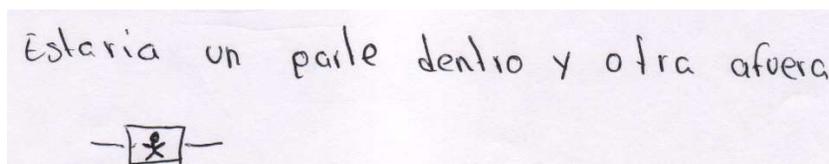


Figura 9. Respuesta incorrecta

Analizando el dibujo de la **Figura 9**, salta a la vista que la solución aportada es incorrecta, de la misma manera que lo es el tipo de representación elegida por el Alumno A. Las razones de ello son las siguientes: en primer lugar, la vista que se adopta es de tercera persona y, sin embargo, pareciera que trata de ser en primera persona, lo que lo obliga a adoptar la perspectiva del dibujo mismo y

provoca que el diseño de los pasadizos caiga en una vista de tipo pseudo-isométrica, que complica el análisis de la construcción a nivel espacial y a nivel operatorio. Aunado a ello, parte del error de interpretación viene dado por el lugar en que coloca la línea de horizonte en el dibujo, misma que termina confundiendo con el nivel del suelo, siendo que se trata de dos objetos enteramente distintos. Entonces queda una pregunta al aire, ¿qué alcance tiene el estudio y puesta en práctica del diseño y dibujo de la perspectiva dentro de la interpretación situacional de PVM en los que el entorno es relevante? En resumen, este dibujo resulta particularmente interesante pues el dibujo sí permite comprender la situación, pero termina siendo un obstáculo a la hora de ser utilizado para dar solución al problema.

PROBLEMA UN PASEO TURÍSTICO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Acorde con la situación	Esquemático con algunos elementos pictóricos	Espacialidad Protagonista/objetos	Pirámide, paisaje, pasadizos y personaje genérico	No útil: difícilmente permite comprender el problema y dificulta la solución

Tabla 10: Análisis de características en modelos situacionales

5.2. WISC-IV

5.2.1. Análisis de casos:

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en el WISC-IV para cada uno de los participantes. Es importante mencionar que, de los datos mostrados en las **Tablas 12, 13, 14 y 15**, el que más nos interesa es el de interés compuesto, ya que es el que, en un estudio cualitativo como este, podemos tomar como el Índice de Razonamiento Perceptual de los alumnos dentro del Sistema Descriptivo Tradicional para el WISC-IV, cuyas puntuaciones se muestran en el siguiente cuadro:

Rango de puntuaciones estándar	Descripción del desempeño
130 y más	Muy superior
120 a 129	Superior
110 a 119	Promedio alto
90 a 109	Promedio
80 a 89	Promedio bajo
70 a 79	Límite
69 y menos	Extremadamente bajo

Tabla 11. Tomado de *Escala Wechsler de Inteligencia para niños-IV, 2007*

Por otra parte, el resto de los datos son descritos de la siguiente manera:

- Puntuación natural: Aciertos obtenidos en cada subprueba.
- Puntuación media: Promedio de la puntuación natural (el valor se divide entre tres).
- Rango percentil: Índice compuesto convertido a valor porcentual.
- Intervalo de confianza: Nivel de confiabilidad de los resultados.

5.2.1.1. Caso 1, alumno A:

- Estudiante de sexo masculino, de edad catorce años con once meses. De carácter tranquilo y responsable. Participa frecuentemente en clase, encontrándose un poco por encima de la media en cuanto a nivel de aprovechamiento académico. Ha tenido algunos roces con ciertos compañeros de clase, por lo que en ocasiones tiende a aislarse. Demuestra interés y habilidad para las matemáticas. Es adepto al deporte y los videojuegos, en particular Minecraft. Vive sólo con su madre.

Sus resultados aparecen en los siguientes cuadros:

Subprueba	Puntuación natural	Puntuación escalar
<i>Diseño con cubos</i>	53	12
<i>Conceptos con dibujos</i>	21	12
<i>Matrices</i>	25	11

Tabla 12: Puntuaciones naturales y escalares

Suma de puntuaciones escalares	Puntuación media	Índice compuesto	Rango percentil	Intervalo de confianza
35	11.7	110	75	95 %

Tabla 13. Puntuaciones del *Índice de Razonamiento Perceptual*

5.2.1.2. Caso 2, alumno B:

- Estudiante de sexo masculino, de edad quince años con cinco meses. De carácter tranquilo y en general responsable. Se distrae ocasionalmente en clase por estar platicando con sus amigos. Capta rápido lo que se enseña, aunque no suele ser muy participativo. De acuerdo con sus compañeros, es muy bueno en Minecraft. Sus calificaciones son regulares y rara vez se mete en problemas. Tuvo un error en la prueba con cubos. Sus resultados se muestran a continuación:

Subprueba	Puntuación natural	Puntuación escalar
<i>Diseño con cubos</i>	44	09
<i>Conceptos con dibujos</i>	20	11
<i>Matrices</i>	29	13

Tabla 14: Puntuaciones naturales y escalares

Suma de puntuaciones escalares	Puntuación media	Índice compuesto	Rango percentil	Intervalo de confianza
33	11	110	75	95 %

Tabla 15. Puntuaciones del *Índice de Razonamiento Perceptual*

Realizó correctamente las figuras hasta la 10, de ahí cometió un error en el siguiente reactivo y pasó en los dos últimos:

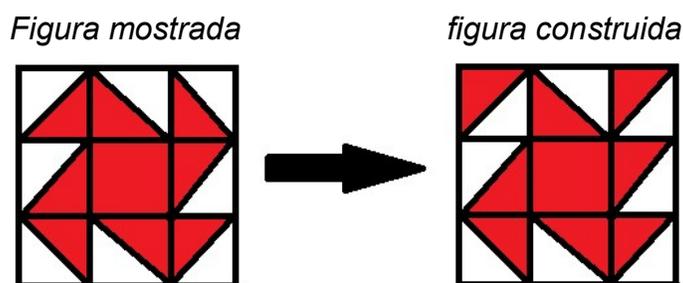


Figura 10: detalle en esquinas superiores

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE PRODUCTOS Y RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

6.1. ANÁLISIS DE DIBUJOS Y CONSTRUCCIONES EN MINECRAFT

6.1.1. Actividades de introducción

Comenzaremos este apartado presentando algunas de las construcciones pertenecientes a la fase de introducción en la que el objetivo fue preparar a los alumnos en el uso de *Minecraft*. Cabe mencionar que, por razones desafortunadas, buena parte de las imágenes se perdió:

Tarea 1: Construcción de casa ideal



Figura 11: Construcción de Tarea 1 del alumno B

Esta construcción pertenece al Alumno B. Se aprecia la complejidad del diseño elaborado y la meticulosidad de los detalles, mismos que concuerdan con el desempeño general mostrado por este

estudiante. De igual manera, queda de manifiesto el dominio que tiene sobre el juego, incluso antes de trabajar con la secuencia didáctica.

Tarea 2: Figuras curvas



Figura 12: Construcción de Tarea 2 del alumno B

Las construcciones de figuras que aparecen arriba también pertenecen al Alumno B. Se aprecia cierta dificultad a la hora de trabajar con la superficie curva de las tres figuras solicitadas: Cono, cilindro y esfera; siendo el cono el mejor logrado. Es de observar que, para dicha tarea, utiliza bloques de color uniforme en lugar de cualquier otro material lo que, de manera muy sutil y si se compara con la forma en que construye la casa, podría indicar una influencia en cuanto a la naturaleza situacional de ambas tareas. En concreto, la presencia de tal naturaleza en la primera y la falta de ella en la segunda.

Tarea 3: Construcción del laberinto

En esta tarea se conjuntan las dos nociones planteadas por las dos anteriores: la naturaleza situacional de construir un laberinto y la parte abstracta que estos suelen evocar, dos razones por las que se consideró apropiado proponerlo, además de la evidente carga de habilidad espacial que

requiere el diseño de uno. El laberinto creado por el Alumno C sorprende por ser bastante complejo y con una extensión considerablemente grande. En adición a lo anterior, la implementación del mapa como herramienta para revisar periódicamente tal construcción resulta muy ingeniosa. Fue el único caso en que se utilizó este recurso. A continuación, se muestran imágenes de lo ya descrito:

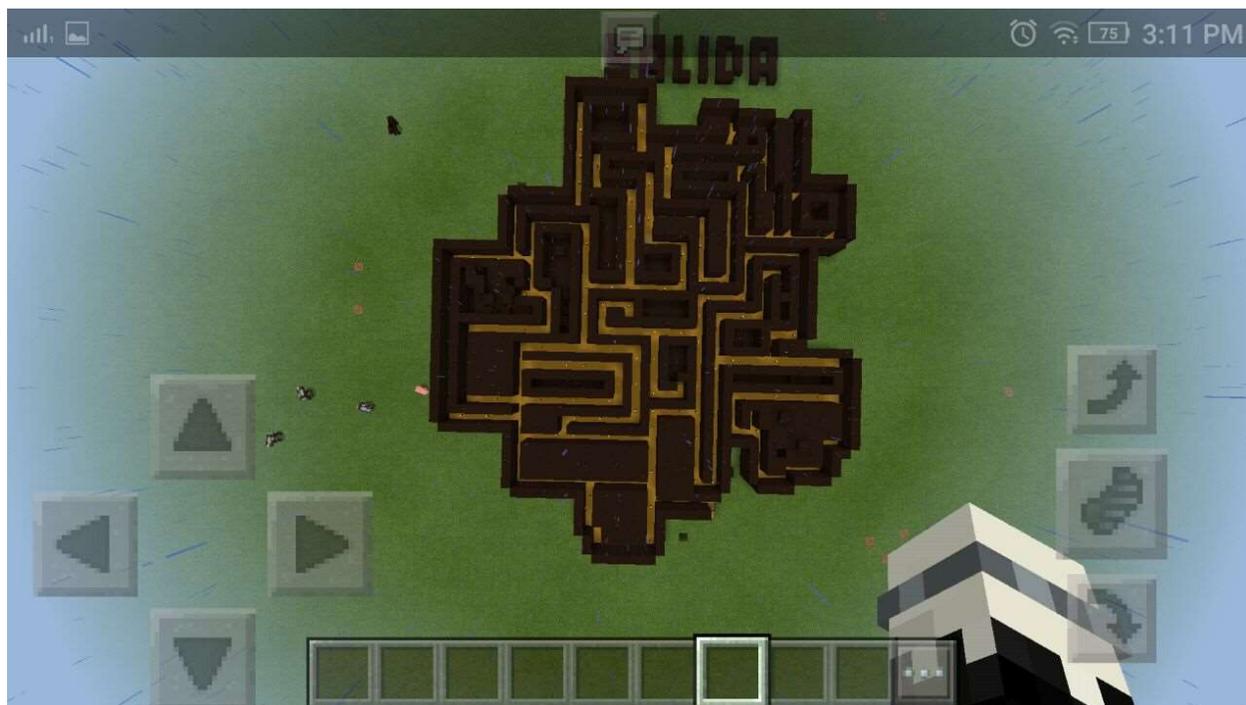


Figura 13: Construcción de Tarea 3 del alumno A



Figura 14: Mapa usado en la construcción de Tarea 3 del alumno A

Tarea 4: Construcción de imagen con más de una interpretación

De esta tarea se rescataron las construcciones de dos alumnos: A y B. La primera figura aparece a continuación:

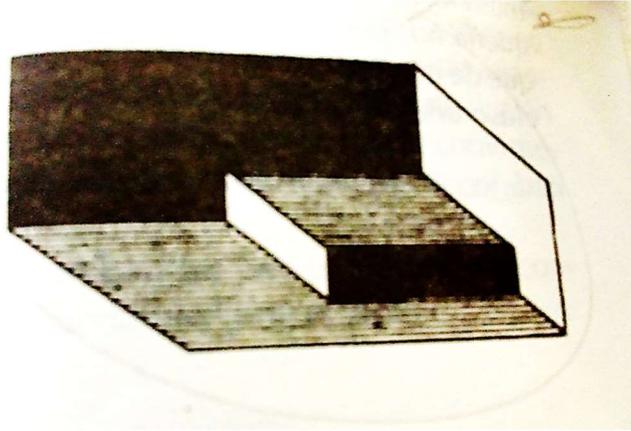


Figura 15: Primera imagen usada en Tarea 4

Esta imagen es interesante de analizar pues puede interpretarse de dos maneras: una caja rectangular colocada sobre un piso grisáceo y apartada en una esquina de dos paredes, una blanca y otra negra. La otra forma de ver es un prisma cuadrangular visto desde arriba al que le falta una porción de prisma cuadrangular en una de sus esquinas. Estas fueron las construcciones realizadas:

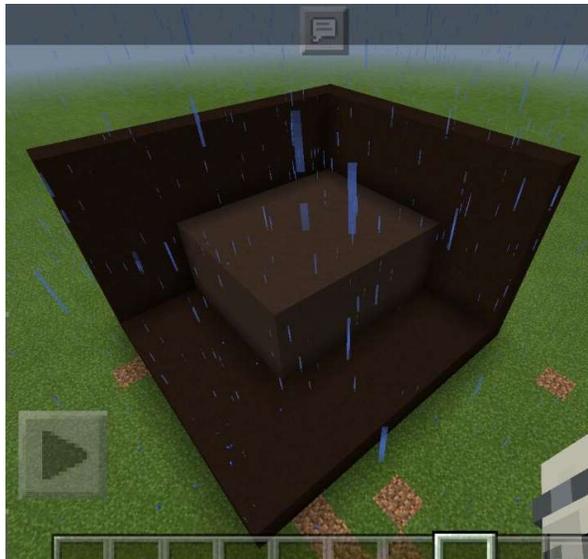


Figura 16: Construcción de Tarea 4 realizada por Alumno C



Figura 17: Construcción de Tarea 4 realizada por Alumno A

Como es posible observar, ambos hacen la misma interpretación de la imagen. El Alumno B hizo otro tanto, sin embargo, también hizo la observación de que otra interpretación era posible.

La otra imagen aparece a continuación:

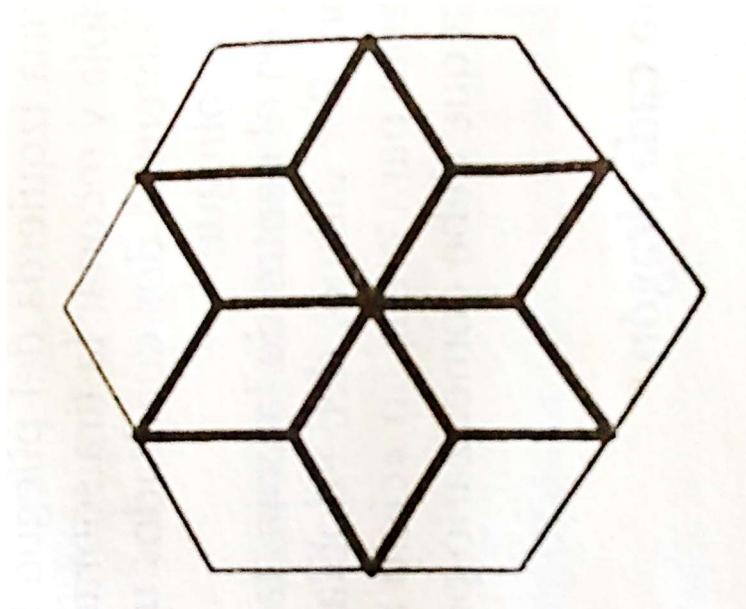


Figura 18: Segunda imagen usada en Tarea 4

La segunda imagen también se puede interpretar de dos maneras: una es la forma de una estrella de seis puntas y la otra son cuatro cubos (uno de ellos no es visible) colocados de forma piramidal. Las construcciones aparecen a continuación:



Figura 19: Construcción de segunda imagen de Tarea 4 realizada por Alumno B



Figura 20: Construcción de segunda imagen de Tarea 4 realizada por Alumno A

Esta imagen representa un nivel más alto de análisis puesto que, a diferencia de la primera, carece de todo tipo de sombras. El Alumno B opta por la primera interpretación, haciendo un uso habilidoso de construcción de diagonales, mientras que el Alumno A se decide por la segunda interpretación.

6.1.2. Revisión de actividades de desarrollo y cierre: Análisis de casos

Caso 1, Alumno A:

Situación 1.- El clavadista

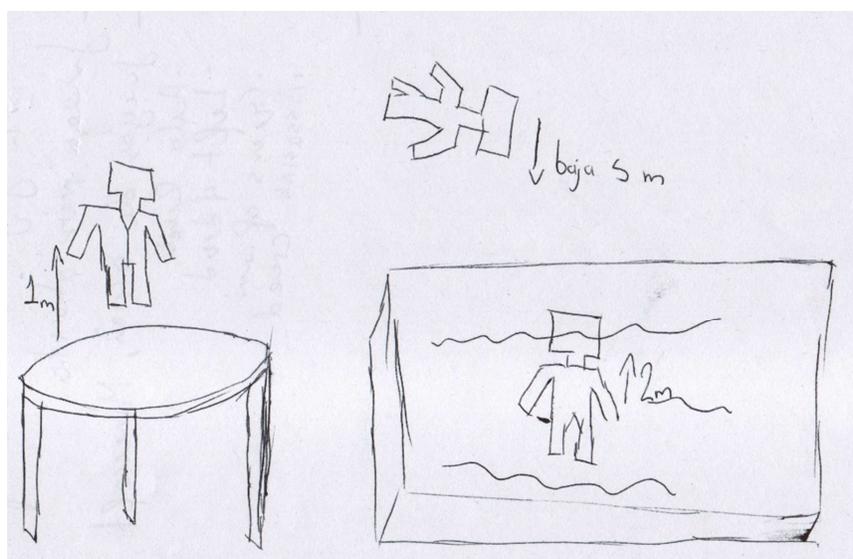


Figura 21. Dibujo de la situación 1

Como ya se mencionó, lo primero que salta a la vista es la interpretación que se hace de la palabra “trampolín”, dado que el tipo de trampolín utilizado no es el que se estila para un clavadista, lo que a nivel de lenguaje y experiencias personales parece indicar que estas últimas influyen en mayor proporción en el modelo construido por el alumno. Por otra parte, el dibujo tiene una fuerte carga de elementos pictóricos. Los únicos componentes esquemáticos presentes son las medidas colocadas en cada fase de la acción que realiza el clavadista. Hasta cierto punto, dicho fenómeno podría tener implicaciones en cuanto a cierto grado de suspensión de la realidad, al obviar los

elementos involucrados en el concepto de clavadista, siendo el del tipo de trampolín el más evidente.

Contrastemos ahora con el modelo tridimensional:

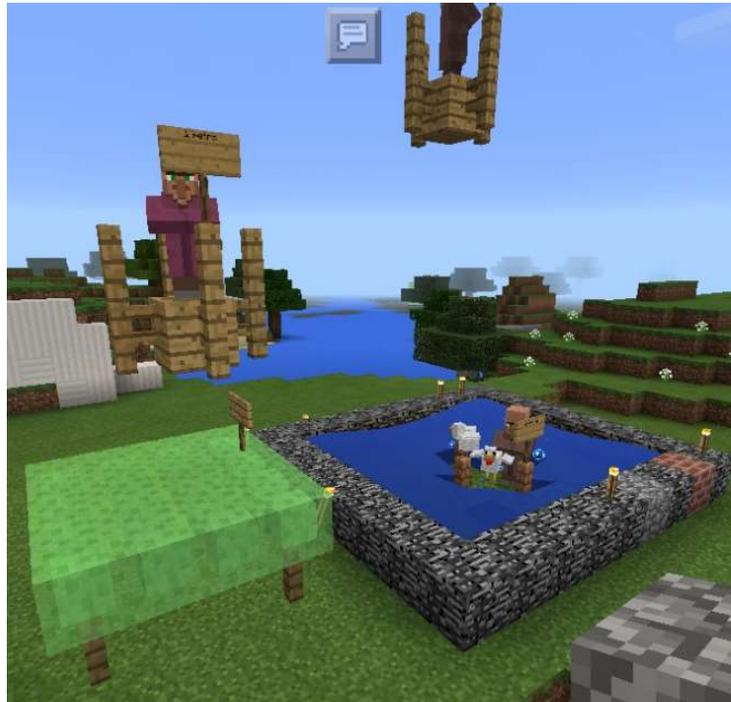


Figura 22. Modelo de la situación 1

En la foto aparece el trampolín del lado izquierdo como un cuadrado verde sobre el que se encuentra el personaje apoyado en una estructura café cuya presencia se limita a mantener en el aire al clavadista, a quien podemos ver nuevamente en la parte superior de la imagen en un intento por dar la sensación de movimiento durante el clavado. Finalmente, vemos que nuevamente aparece el clavadista, ahora en la piscina hecha de bloques grises en la cual el Alumno A ha dejado un espacio libre de agua, lo que permite apreciar la profundidad de la misma. También se tiene el atino de asignar las medidas, colocándolas en postes de madera. En esencia, es el mismo modelo que el realizado en el dibujo. No se hizo ningún tipo de modificación, en parte porque no se le hizo ninguna observación previa al alumno y en parte porque se mantuvo estoico en el diseño de su modelo. Las diferencias entre ambas interpretaciones son meramente producto de los formatos en los que se trabajó, aunque es prudente observar que el clavadista también presenta un diseño

cuadricular en el dibujo, posiblemente por la influencia que el juego ha tenido en el alumno, ya que se ha dejado claro que se trata de un sujeto familiarizado con el juego, que ha interactuado con el mismo por años (unos 3 aproximadamente) y que disfruta mucho con el mismo, según sus propias declaraciones. Es probable que no se aprecien cambios entre un formato y otro debido, precisamente, al tiempo que ha jugado, previo a la presente intervención didáctica.

Posteriormente, en la fase de entrevista, este alumno se dio cuenta de los errores de diseño de su modelo, al compararlo con los del Alumno B. En primer lugar, se dio cuenta de que había malinterpretado el concepto de “trampolín”, lo que dificultó establecer una línea de razonamiento apropiada para dar respuesta a la pregunta planteada en el cuadernillo. Esto se hizo evidente cuando se le preguntó sobre la distancia solicitada por el problema, pues le resultó difícil establecerla hasta que se le mostró el modelo del Alumno B. No obstante, existen elementos que se pueden rescatar del modelo tridimensional: parcialmente consigue representar el movimiento y la trayectoria que sigue el clavadista al colocar tres “muñecos” del mismo. Uno en el trampolín, otro en el aire (se vale de un barandal flotante) y otro dentro de la piscina. También logra hacer visible la profundidad de esta última al dejar un espacio libre de agua y colocar un letrero con la longitud de profundidad, detalle que omite el Alumno B y que es esencial para resolver el problema. Cabe destacar que ambos modelos, en particular el tridimensional, no se encuentran a escala, lo que hace ver la situación bastante irreal.

Situación 2.- A la caza del ratón

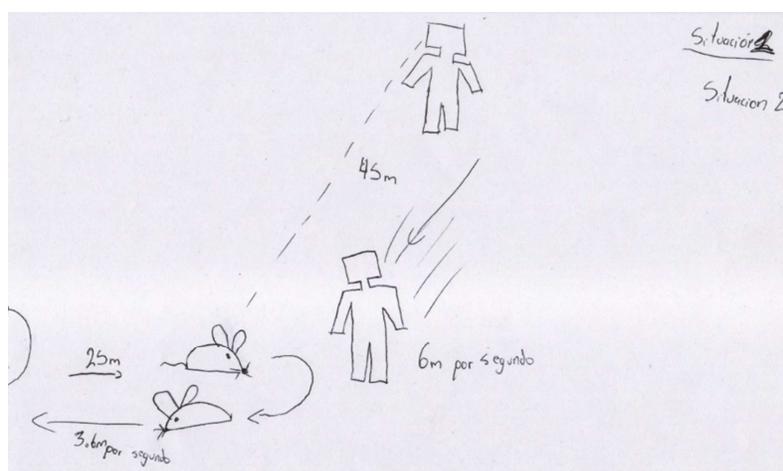


Figura 23. Dibujo de la situación 2

Como primera impresión es seguro decir que el modelo dibujado es bastante preciso. Tanto los elementos pictóricos básicos como los esquemáticos aportan un equilibrio que permite tanto comprender la situación como los elementos matemáticos que contiene. La posición del hombre en relación con el ratón y el agujero es la indicada. La cocina y cualquier otra representación posible de alimento es descartada puesto que no aporta nada relevante al modelo en cuestión y se podría argumentar que la vista desde la cual se haya representado no es precisamente ideal, sin embargo éste se entiende perfectamente.



Figura 24. Modelo de la situación 2

Otro tanto ocurre con el modelo tridimensional en el cual, además, se observan algunas inconsistencias propias del juego, por ejemplo, el trazado de la trayectoria que sigue el hombre para alcanzar al ratón, que pudo hacerse a modo de recta. Esto no sucede y el alumno se decide a intentar trazar una diagonal. Por otro lado, el cubo negro representa el agujero por el que entra el alumno. El diseño semi-minimalista parece indicar un nivel de abstracción bastante bueno pues, como se dijo previamente, el alumno no se detiene a detallar aquellos objetos considerados irrelevantes. Incluso los personajes usados vienen ya predeterminados en el juego. La importancia de este hecho salta a la vista cuando se observa el modelo de la primera situación elaborado por uno de los alumnos descartados del estudio que llegó a completar la fase de la secuencia didáctica, quien en lugar de usar un personaje predeterminado, lo construye con cubos, resultando en un protagonista desproporcionadamente grande. Hay que considerar también que la presente situación se diferencia de la primera pues la mejor manera de analizarla es a partir de una vista superior del modelo, en cambio en la primera lo ideal es usar una vista lateral con corte transversal. Siendo ese

el caso, este segundo modelo resulta mucho más fácil de construir y analizar en comparación con el primero. Por último, durante la entrevista no se registraron opiniones del alumno que influyeran en el diseño de sus modelos.

Situación 3.- El avión

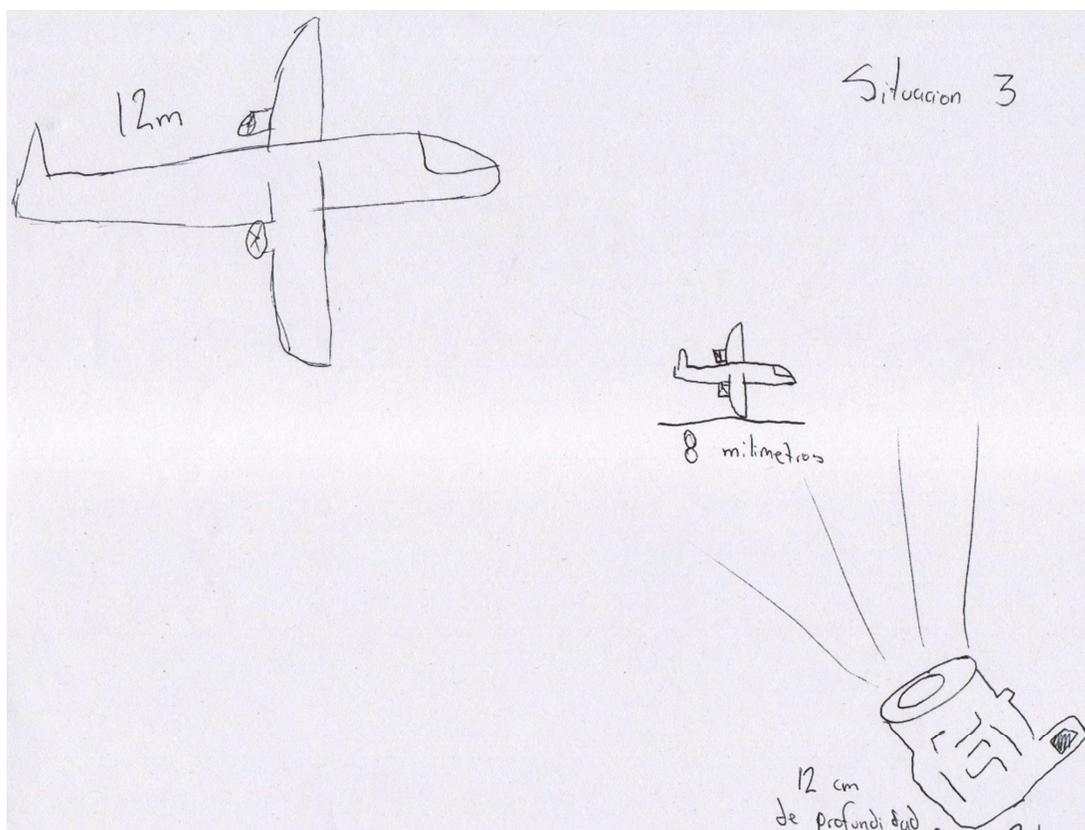


Figura 25. Dibujo de la situación 3

El dibujo perteneciente a la tercera situación contiene elementos muy interesantes de analizar: en primera instancia, la interpretación que el alumno hace de la frase “En la foto, el avión presenta un largo de 8 milímetros”. Como se puede apreciar, tanto en el dibujo como en el modelo tridimensional y la entrevista, el Alumno A decide que el avión luce de ocho milímetros visto a lo lejos por el fotógrafo, en lugar de hallarse en la foto. Aunado a ello, la dirección de la cámara en relación con el avión es en diagonal, lo cual no coincide con lo expresado por el texto: “...en el momento de pasar por la vertical del aparato”. Lo anterior se explica fácilmente como un simple

descuido, aunque podría sugerir (nuevamente) que se ha ignorado lo propuesto por el texto, no deliberadamente, para ser reemplazado por alguna experiencia previa. También se observa que, en comparación con los otros dibujos, aquí el alumno decide recrear los aviones lo más detalladamente que pudo, al igual que la cámara que, como sabemos, no es realmente necesario. Otro tanto ocurre con el modelo en Minecraft. Durante la entrevista, el alumno comentó que identificaba la profundidad de doce centímetros en el lado de la cámara desde la parte de atrás hasta el final de la lente, lo que parece coincidir con el texto. “Parece”, porque dicho texto no especifica exactamente la localización exacta de tal longitud con respecto a la cámara. La misma complicación surge al tratar de elaborar un modelo tridimensional de la situación:

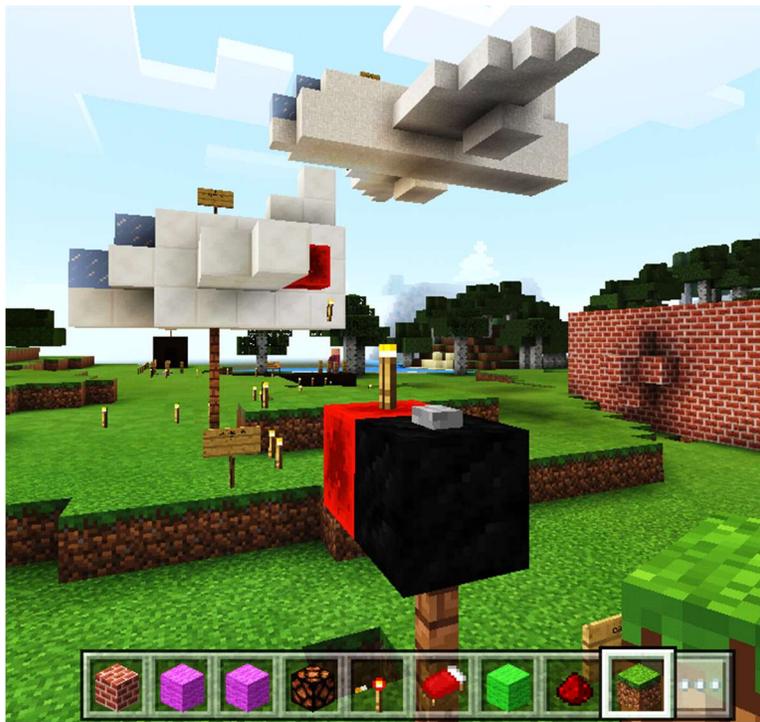


Figura 26. Modelo de la situación 3

En la **Figura 26**, la cámara está representada con dos cubos (uno rojo y otro negro) mientras que al frente y arriba aparecen flotando las dos representaciones del avión (el de ocho mm y el de tamaño natural) tal cual el alumno imaginó la situación. Incluso es posible apreciar los letreros colocados encima de los aviones, en los que aparece la longitud de cada uno. Entre ambas representaciones no existe gran variación, excepto por el hecho de que en la última los objetos no

están alineados en diagonal exactamente como en el dibujo, una vez más, debido a un descuido involuntario durante la construcción de la misma.

Situación 4.- La extensión de cable más barata posible

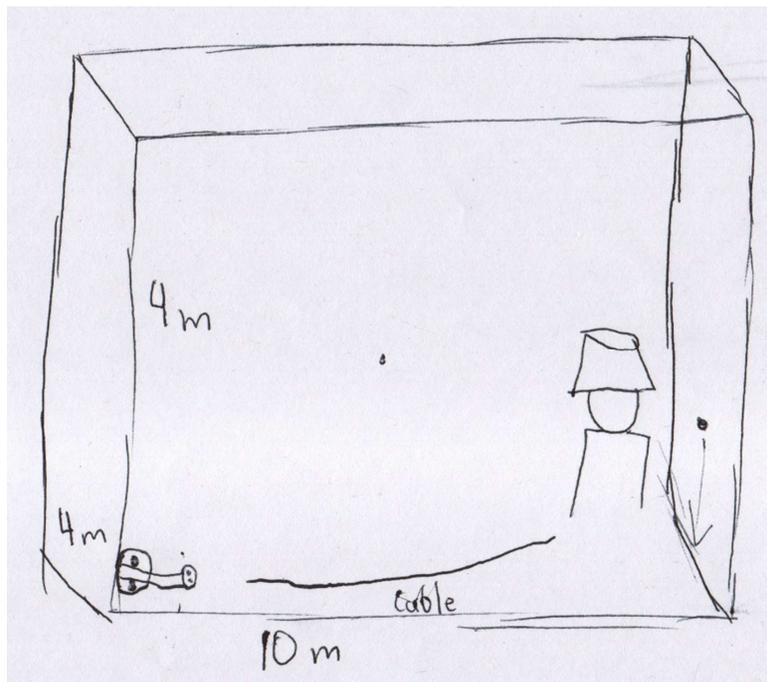


Figura 27. Dibujo de la situación 4

La construcción del espacio en que se sitúa el cuarto texto tiene la particularidad de ser mucho más compleja que las anteriores, dado que imaginar y plasmar el escenario conllevan el uso de una habilidad mental y manual más fina y precisa. A ello se suma el hecho de tener que agregar elementos con una configuración posicional muy específica en orden de dar sentido al problema y asegurar su correcta interpretación. En la **Figura 27** se observan algunos detalles erróneos: la falta de una línea en la parte posterior de la habitación que permita definir el piso y la interpretación de la lámpara, cambiando a una lámpara colgante o empotrada a la pared por otra de mesa. Una muestra más del impacto de las experiencias del día a día, ya que éstas últimas son más comunes, además de que no tiene mucho sentido el colocar una lámpara de mesa a una altura mayor a un metro del nivel del suelo. Por otro lado, el contacto se halla mal posicionado, quedando ya sea en

el piso o fuera de la habitación (aunque para propósitos de representación lo más probable es que para el alumno ello no sea un impedimento en cuanto a comprensión de la situación). El modelo también carece de las longitudes a las que se encuentran los objetos con respecto a la paredes, aun cuando, en el caso de la lámpara, sí existe una marca que la representa. Finalmente, el cable se encuentra colocado en el piso, pero ésta no es una representación exacta, ya que en el mismo no se aprecian los lugares por los que queda unido a la pared. Con todo, y a pesar de los detalles y la incompletitud del modelo, sirve para expresar lo planteado en el texto. Desafortunadamente, resulta poco útil para dar respuesta a la pregunta propuesta en el cuadernillo.



Figura 28. Modelo de la situación 4

Al realizar el modelo en Minecraft (**Figura 28**), se observa una mejora en el posicionamiento del cable. En la imagen aparecen tres líneas de colores rosa, azul y verde, apareciendo en el modelo original solamente la azul. En la fase de entrevista se cuestiona al alumno sobre qué tan funcional resulta dicho modelo en la resolución del problema y es entonces que el alumno, al leer con más detenimiento el texto, se percata de que existen múltiples posibilidades de acomodo del cable, por lo que actualiza su modelo, resultando en el que vemos en la imagen arriba mostrada. Finalmente, el alumno comenta que, a su parecer, la mejor opción es aquella representada por el cable azul.

Curiosamente, aquí destacan algunos elementos pictóricos: la cama, los libreros y el cuadro empotrado en la pared, que el alumno coloca aquí pero no en el dibujo pues le resulta más fácil seleccionar dichos objetos en el menú de opciones que dibujarlos. Al concluir con la secuencia didáctica se le preguntó al Alumno A acerca de qué medio prefería él a la hora de representar situaciones de problemas matemáticos y su elección fue el videojuego, pues comentaba que le parecía más rápido de manejar cuando sus habilidades de dibujo eran pocas y la construcción le permitía observar el problema desde diversos ángulos. Esta respuesta contrasta con otras obtenidas por parte de los alumnos que no completaron el estudio, quienes argumentaban que el dibujo les parecía una mejor opción, en tanto que les faltaba práctica con el juego.

Caso 2, Alumno B:

Situación 1.- El clavadista

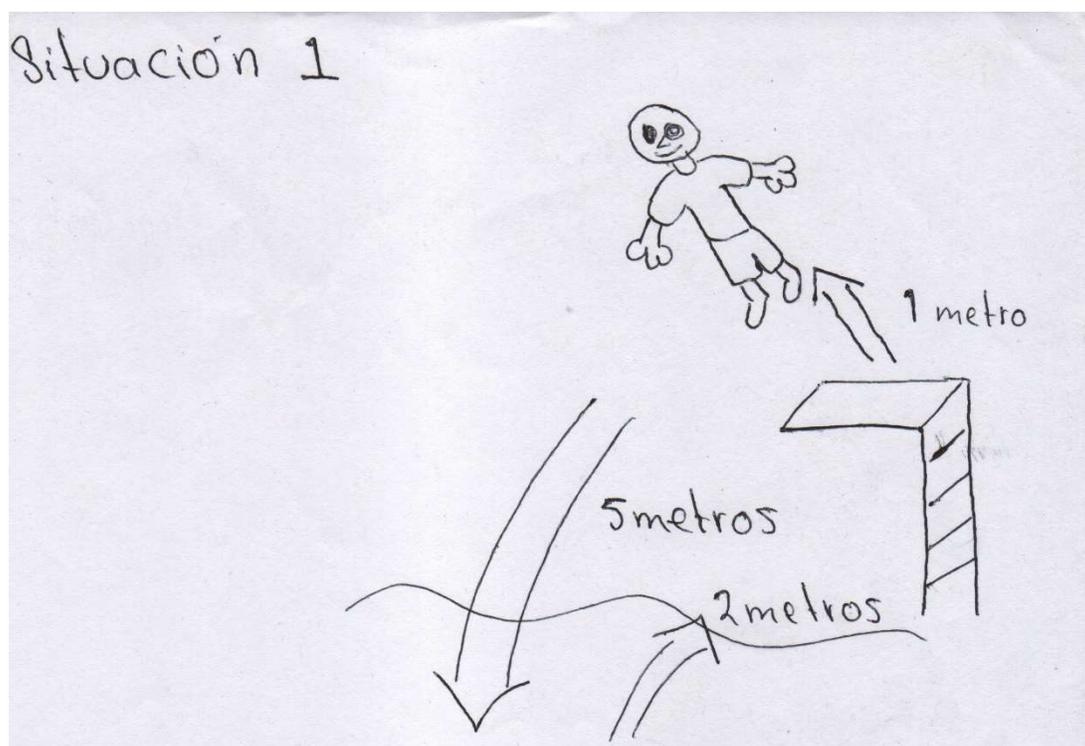


Figura 29. Dibujo de la situación 1

Comparando los dibujos hechos por ambos alumnos, la particularidad de este reside en las líneas curvas con que representa la trayectoria del clavadista. Por otra parte, no coloca un fondo para la piscina, sólo se limita a anotar la longitud de su profundidad. El resto de los elementos resultan simples pero efectivos para saber qué es lo que está pasando. La entrevista se aplicó junto con una de las alumnas descartadas para que compararan modelos, durante la cual, este alumno decidió que la altura a la que se hallaba el trampolín era de 2 m, respuesta por demás correcta y que sostuvo aun cuando la de su compañera fue de 6 m. Al comparar este dibujo con el modelo tridimensional se observa una clara diferencia entre las vistas utilizadas:



Figura 30. Modelo de la situación 1

Mientras que en el dibujo la vista es lateral y transversal, la del modelo en Minecraft es de tipo isométrica. El problema es que, incluso si se trata de emular la vista del primer modelo, el hecho de que la piscina esté bajo el suelo impide ver su profundidad. Para compensar esto, el alumno decide colocar flechas (en color rojo) que indiquen las longitudes aportadas por el texto. Tal compensación al final resultó en un esfuerzo fútil debido a que el alumno dejó claro durante la entrevista que él prefería abordar el problema utilizando el dibujo en lugar del videojuego. Otro aspecto que vale la pena mencionar es el tipo de representación que se hace del protagonista, dado que aquí el alumno se toma su tiempo para construir un cuerpo usando cubos en lugar de usar a un personaje predeterminado que, como ya se dijo, hace que el modelo luzca burdo y poco auténtico.

Situación 2.- A la caza del ratón

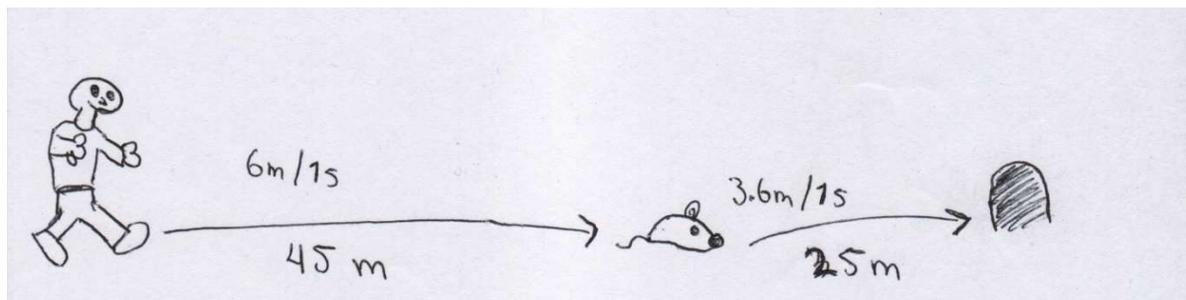


Figura 31. Dibujo de la situación 2

Este diseño es interesante al comparársele con el del Alumno A, principalmente por las vistas utilizadas. Aquí, el Alumno B repite el uso de la vista lateral, lo que facilita la comprensión de la situación. Los elementos aquí son evidentemente esquemáticos en su mayoría. Se han eliminado también aquellos que resultan irrelevantes (aquellos pertenecientes al escenario y al alimento que el ratón busca) además de incluir todos los datos contenidos en el texto, sobresaliendo la inclusión de las velocidades de cada personaje.



Figura 32. Modelo de la situación 2

Con Minecraft ocurre lo mismo que en el dibujo sólo que, una vez más, el alumno dedica un esfuerzo innecesario para construir los modelos de los personajes cuando bien pudo simplemente haber utilizado cubos de distintos colores para representarlos. Esa es quizá una de las causas por las cuales se mostró reticencia hacia el juego como herramienta de trabajo. Es de notar que, al igual que en el modelo anterior, utiliza flechas rojas para indicar dirección y longitud.

Situación 3.- El avión

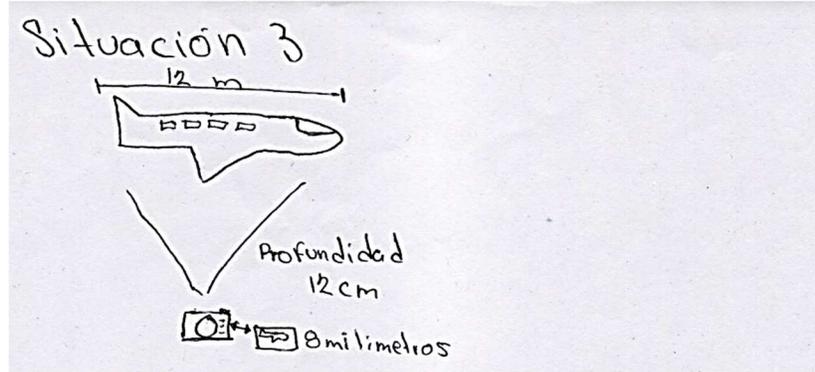


Figura 33. Dibujo de la situación 3

Una vez más conviene comparar el presente dibujo con el del Alumno A, en orden de destacar algunas características importantes. Como primer punto, se observa que el Alumno B logra dar sentido a la indicación de que el avión de 8 mm es el que aparece en la fotografía. A ello se le suma el que se haya respetado la verticalidad de la cámara con respecto al avión. En contraste, la longitud de 12 cm parece no quedar bien definida en relación con alguno de los elementos del dibujo. En general es un buen modelo, sin embargo, preocupa la cuestión de los 12 cm pues esta inconsistencia podría afectar la interpretación y posterior resolución del problema, pues la colocación de ésta parece indicar que entre la cámara y el avión sólo existe esa longitud de separación. Es probable que la diferencia de medidas entre cámara y avión dificulte la construcción de un modelo aceptable dentro del videojuego y, por tanto, la correcta colocación de las medidas involucradas.



Figura 34. Modelo de la situación 3

Ocurre que, debido a que la cámara posee medidas específicas, una representación simplista de la misma (como se aprecia en la **Figura 34**, donde el cuadro debajo del avión representa a la cámara) no basta para hacerse una idea de la relación de proporcionalidad entre las longitudes que plantea el texto. Lo anterior resulta en que al final se tiene un modelo que representa bien la situación pero que no aporta nada a la comprensión de la situación en términos matemáticos. Y se refleja cuando observamos que la construcción En Minecraft carece por completo de indicadores de medidas.

Situación 4.- La extensión de cable más barata

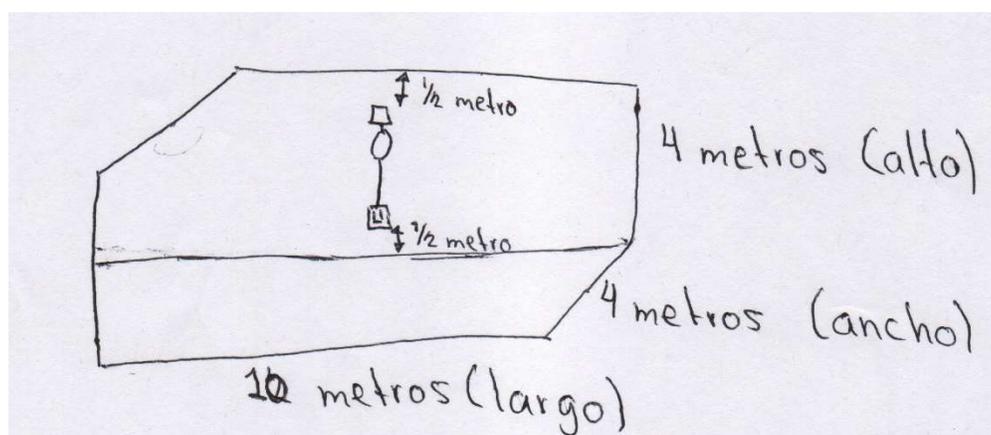


Figura 35. Dibujo de la situación 4

Para la última situación el Alumno B decidió intentar el trazo de una habitación en tres dimensiones. Se observa la dificultad que representó para él dicha actividad cuando, según su propia interpretación, pudo haber dibujado únicamente una pared. Dicho acomodo es también un error de interpretación, pues podemos ver que coloca el contacto y la lámpara en un mismo lado, cuando el texto claramente especifica que uno de los objetos se halla ubicado en la pared opuesta del otro. Procura respetar las indicaciones de los objetos ubicados a medio metro del piso y el techo, respectivamente, así como las medidas de la habitación, a pesar de lo cual resulta evidente que este modelo no es particularmente útil pues no sea ha logrado comprender la situación.



Figura 36. Modelo de la situación 4

El modelo realizado en Minecraft aparece con problemas similares en su diseño. Se puede apreciar que la lámpara ahora está ubicada al centro del techo y el contacto ubicado correctamente a poca distancia arriba del suelo. Por otro lado, el alumno ha decidido empotrar el cable en una posición diagonal para, finalmente, dar una vuelta en “U” y alcanzar la lámpara. La habitación se encuentra completamente vacía excepto por los elementos importantes y, a diferencia del dibujo, no hubo problemas construyéndola correctamente. De cualquier manera, carece de cualquier indicador que precise las medidas indicadas en el texto, lo que le da cierta superioridad al dibujo en términos de diseño esquemático.

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS DE RESULTADOS (POST-TEST)

7.1. REPRESENTACIÓN DE MODELOS SITUACIONALES A PARTIR DE DIBUJOS

7.1.1. Herramientas para análisis

Se utilizaron las mismas tablas (Tabla 2, 3 y 4) presentadas en el capítulo 5 correspondiente al análisis de los resultados de los pre-test.

7.1.2. Análisis de casos:

7.1.2.1. Caso 1 Alumno A”

- “El perro guardián”

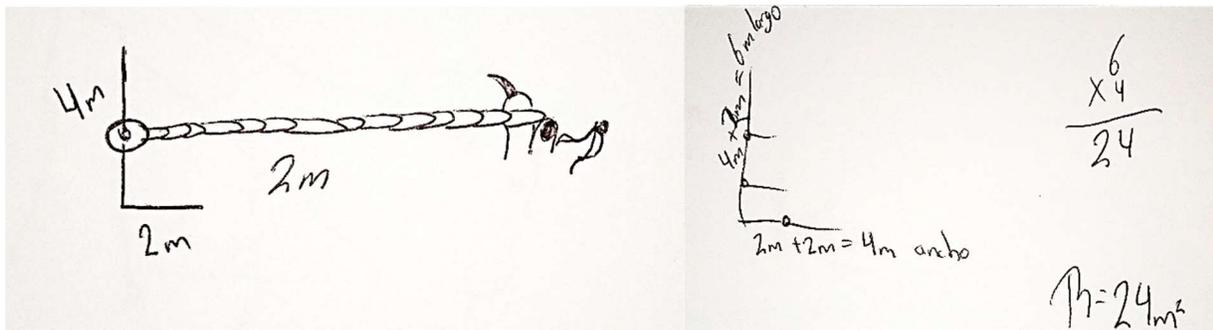


Figura 37. Dos modelos situacionales del mismo problema y solución propuesta

En la **Figura 37** se observa que el alumno construye una versión simple del modelo propuesto por el autor (en el que la barra da la impresión de flotar sobre el suelo). La cadena aparece desproporcionada, pero son anotadas las longitudes exactas de cada elemento. Se trata de un modelo primeramente esquemático que termina cayendo en la incompletitud. En el apartado de solución, el alumno suma a las longitudes de la barra aquella de la cadena y las dimensiones finales son abordadas como si se tratase de un área rectangular, situación que deviene en un retroceso de diseño con respecto a lo mostrado en el pre-test. Los cambios en los detalles de ambos modelos

(pre y post-test) son pocos, pero significativos. Por un lado, el diseño es más simple y directo. Se han removido elementos como el pasto o los muros, lo que da la impresión de un acercamiento más esquemático. Ello viene reforzado al analizar el segundo modelo que dibuja al momento de dar respuesta al problema (**Figura 37**) en que el Alumno A se limita a colocar la barra y las dimensiones valiéndose sólo de líneas. Por otro lado, ello no acaba de mejorar la funcionalidad del modelo, al contrario, la disminuye y ocasiona que se caiga en un error común para con la situación abordada. Lo interesante del caso es que, sin importar el modelo utilizado, el alumno cae en la misma línea de razonamiento. Para cerrar, el modelo tridimensional se elaboró de la misma forma que el propuesto en primer lugar. En éste, se observa la atención a los detalles con que es construido el perro y que se continúan utilizando letreros para indicar los datos de longitud.



Figura 38. Modelo tridimensional de situación 2

La tabla para el diseño final que se hace queda entonces así:

PROBLEMA EL PERRO GUARDIÁN				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Propuesto por el autor	Esquemático	Espacialidad	Barra Perro (en el primer modelo)	Poco o nada útil

Tabla 16: Análisis de características en modelos situacionales

- “El árbol caído”

El modelo dibujado en esta situación resulta particularmente interesante pues se observan cambios más puntuales con respecto al propuesto en el pre-test.

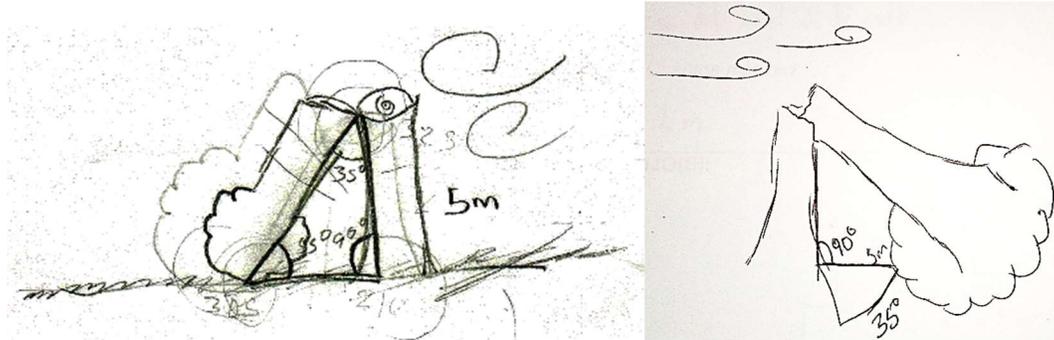


Figura 39. Modelos situacionales en pre y post-test

Aquí podemos observar que se hace un reajuste de la longitud de 5 m a su correcta posición. Al mismo tiempo, se reacomoda el ángulo de 35° hasta colocarlo, no en el lugar indicado, sino en la parte más alejada de la sombra del árbol que técnicamente sigue siendo el mismo ángulo en que fue colocado la primera vez. Aunado a lo anterior, en estos modelos se observa una considerable carga pictórica, si se le compara con los modelos anteriores, en el entendido de que es posible representar la situación haciendo uso de un simple triángulo rectángulo. Con el modelo tridimensional ocurre otro tanto:



Figura 40. Modelo tridimensional del problema 2

La tabla para este modelo se presenta a continuación:

PROBLEMA EL ÁRBOLCAÍDO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Acorde con la situación	Mayormente pictórico	Espacialidad Objetos Causalidad (viento)	Árbol partido, viento, longitud de 5m, ángulo	No útil

Tabla 17: Análisis de características en modelos situacionales

- “Un paseo turístico”

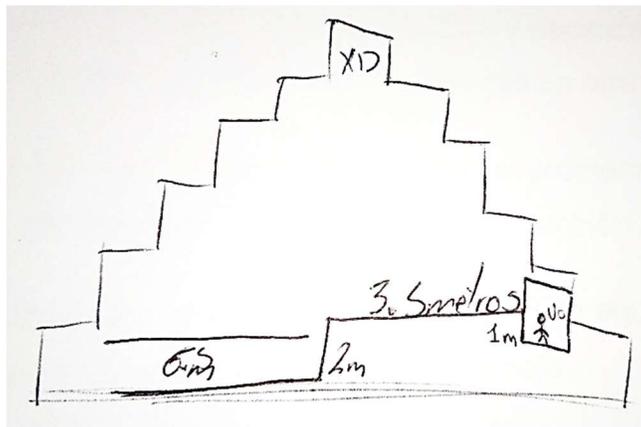


Figura 41. Modelo situacional esquemático correcto

Comparando este modelo con el que aparece en el pre-test, es de notar que una leve simplificación de los espacios representados. En el primer modelo, los pasadizos se trazaron bidimensionalmente, mientras que aquí, los mismos son reducidos a meras líneas rectas unidimensionales lo que parece “hablar bien” de un proceso, lento pero latente, hacia la esquematización. Incluso se realiza un segundo esquema en que el personaje desaparece para dejar aquellos elementos estrictamente necesarios. Dicho modelo da la impresión de que el Alumno A se da cuenta de la irrelevancia tanto de los objetos pictóricos como de algunas de las medidas incluidas en la situación (aquellas pertenecientes a las medidas horizontales). Complementando lo ya expuesto, se conserva la representación de la estructura piramidal como posible “elemento terrenal” que permite al alumno

mantenerse dentro de los confines de la situación concreta hasta el momento en que también es removida del dibujo. Este fenómeno se observa mejor en la siguiente imagen:

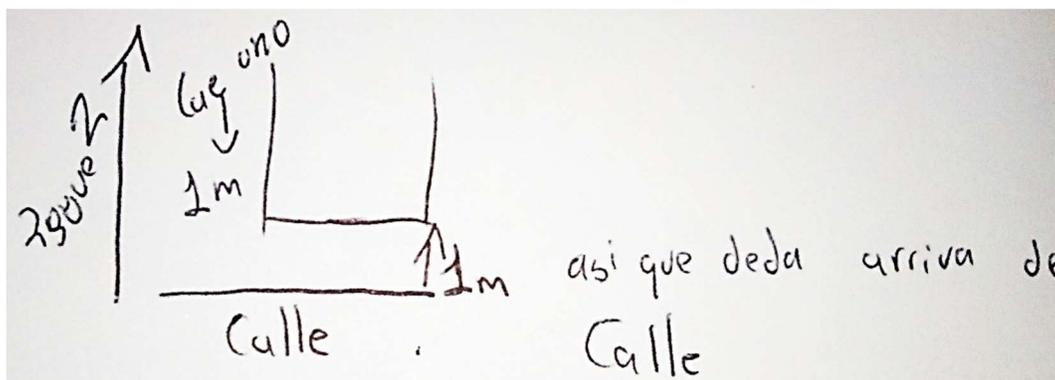


Figura 42. Modelo situacional esquemático correcto

A manera de cierre, conviene analizar el modelo construido en Minecraft:



Figura 43. Modelo tridimensional pictórico/esquemático correcto

Aquí se puede apreciar un modelo construido de manera intencionalmente detallada, con cada sección del recorrido resaltada en distintos colores, cada una de las cuales incluye una sección abierta en la que aparece el personaje “recorriendo” los pasadizos y letreros de longitudes que lo complementan. Es necesario mencionar que éste (y el elaborado por el mismo alumno en la situación 4) es precisamente el tipo de modelo al que se aspiraba al inicio de la investigación pues,

aunque en la imagen no se aprecia, es posible entrar y recorrer los pasillos construidos. La cuestión aquí es que, a pesar de lo detallado de la construcción, este modelo es esencialmente esquemático pues, como ya se explicó, los elementos pictóricos integrados vienen por defecto en el juego, de manera que el alumno no ha prestado mayor atención a estos que a su mera funcionalidad. No se ha centrado en colorear las secciones ni en construir a los personajes ni los letreros, sino que los usa como parte de su inventario de herramientas que, finalmente, aportan de forma natural el elemento situacional concreto con el que el alumno puede mantenerse en contacto con la realidad sin comprometer la interpretación matemática de la situación que intenta comprender. Por lo tanto, el siguiente recuadro resumirá los elementos de dicho modelo:

PROBLEMA UN PASEO TURÍSTICO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL MODELO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Acorde con la situación	Principalmente esquemático con complementos pictóricos funcionales	Espacialidad Protagonista/objetos Temporalidad	Pirámide Protagonista Longitudes (letreros)	Útil

Tabla 18: Análisis de características en modelos situacionales

7.1.2.2. Caso 2 Alumno B

- “El perro guardián”

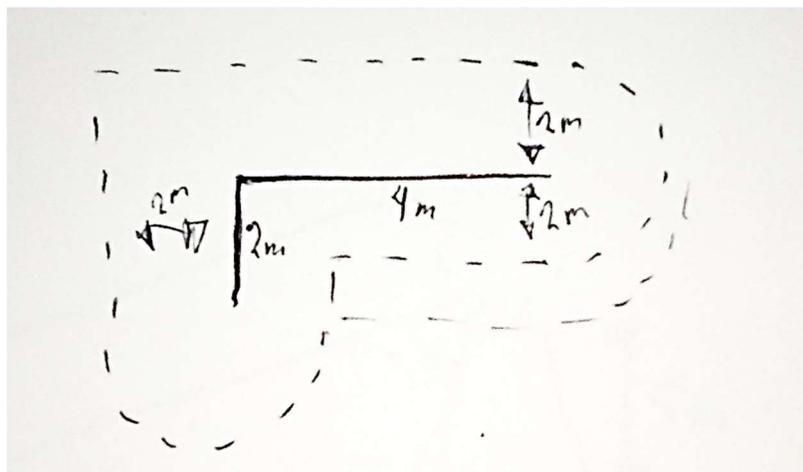


Figura 44. Modelo esquemático de problema 1

Este modelo luce completamente esquemático comparado con el que aparece en el pre-test. El perro es removido, así como el pasto. Se ha mejorado la presentación de las longitudes y el área por donde puede circular el personaje tiene un ligero error en la esquina superior izquierda, que debería ser redonda en vez de cuadrada. Por lo demás, este dibujo posee la misma estructura que el propuesto por el autor y lo mismo ocurre con el modelo elaborado en Minecraft.

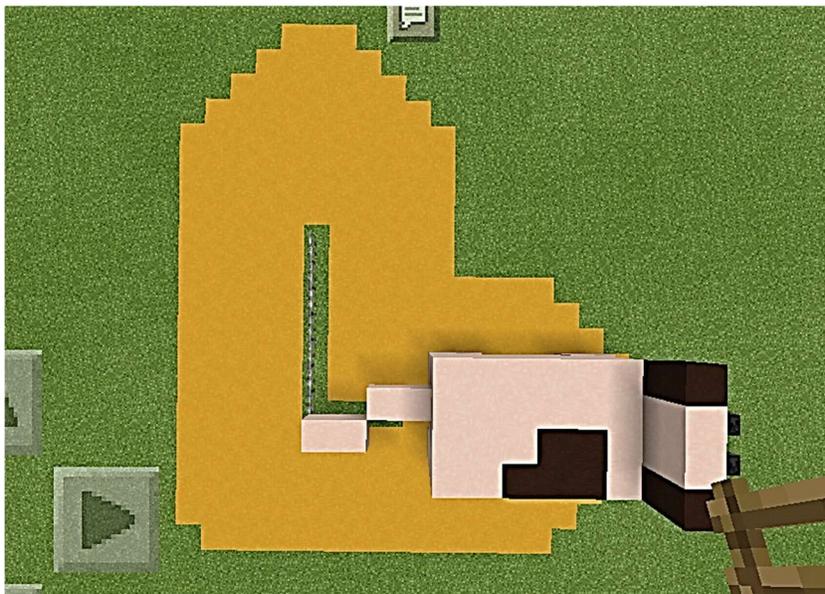


Figura 45. Modelo esquemático con elementos pictóricos

La tabla para este problema queda entonces así:

PROBLEMA EL PERRO GUARDIÁN				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Propuesto por el autor	Esquemático	Espacialidad	Esquema y distancias	Pobrementemente útil: se desapega de la realidad

Tabla 19: Análisis de características en modelos situacionales

- “El árbol caído”

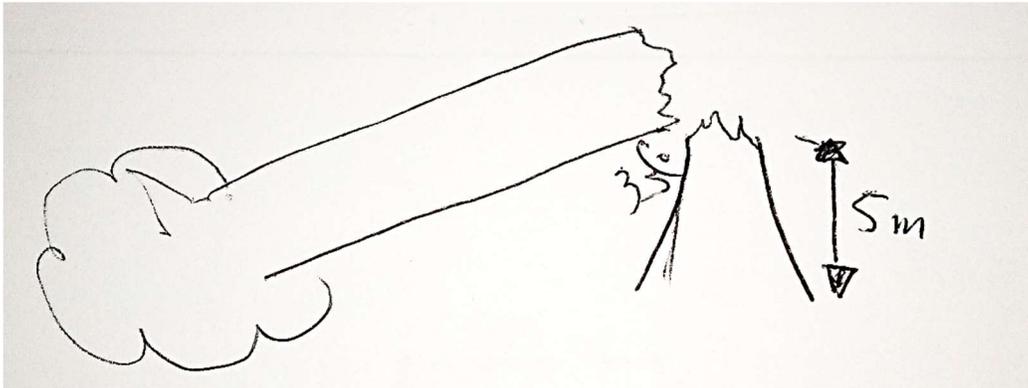


Figura 46. Modelos esquemáticos con elementos pictóricos

El nuevo modelo vuelve a un estado primeramente pictórico, sin comprometer la funcionalidad del mismo. Se ha eliminado la dimensión (en este caso irrelevante) de causalidad, representada por el viento provocado por un supuesto tornado o remolino y el triángulo rectángulo es modificado para mostrar al árbol partido, donde el ángulo de 35° se ha colocado correctamente en comparación con la longitud de 5 m, cuya posición es incorrecta. El modelo tridimensional no aporta más que el del dibujo, dado que son exactamente iguales, con la particularidad de que en este último no existen medidas de ningún tipo.



Figura 47. Modelo esquemático básico poco funcional

PROBLEMA EL ÁRBOLCAÍDO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Mayormente acorde con la situación	Mayormente pictórico	Espacialidad Objetos	Árbol partido y longitudes colocadas erróneamente	Medianamente útil: muestra fallos en la interpretación de la posición de datos numéricos

Tabla 20: Análisis de características en modelos situacionales

- “Un paseo turístico”

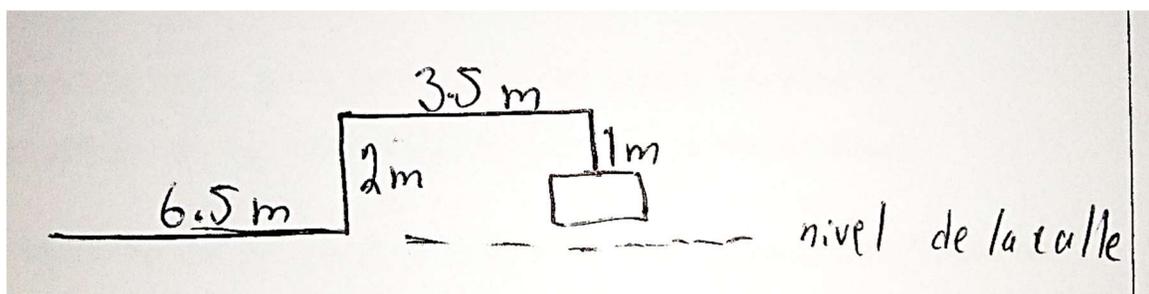


Figura 48. Modelo esquemático útil

De los tres problemas, es en éste donde se observa un cambio mucho más drástico en términos de diseño. Aquí el alumno abandona por completo la vista frontal de la pirámide para dar paso a una vista lateral y mucho más funcional, que le permite colocar las longitudes de forma que se pueda analizar mejor el recorrido del personaje. Dicho personaje, al igual que la pirámide misma, son eliminados debido a la irrelevancia que presentan, matemáticamente hablando, lo que convierte el modelo en uno completamente esquemático y funcional. Al final, el Alumno B resuelve de manera satisfactoria el problema. De igual manera, el nuevo modelo tridimensional es elaborado siguiendo la misma estructura que el dibujo y que el construido por el Alumno A. A pesar de no contar con la sofisticación de este último, en ambos casos es posible recorrer los pasillos y llegar a la cámara ubicada un metro por encima del nivel del suelo.

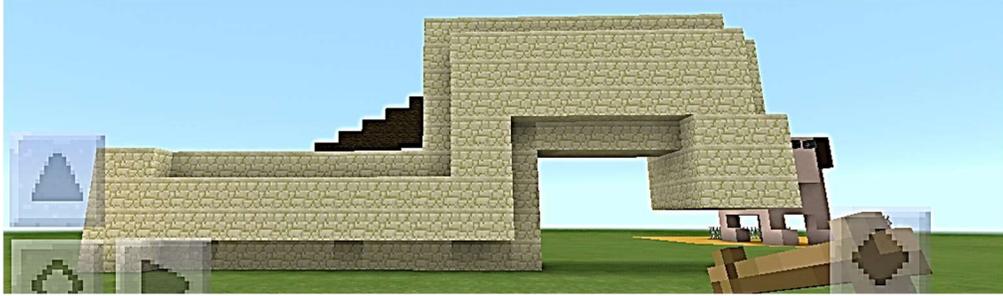


Figura 49. Modelos esquemático funcional

La tabla muestra entonces las siguientes características:

PROBLEMA UN PASEO TURÍSTICO				
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	TIPO DE MODELO SEGÚN HEGARTY Y KOZHEVNIKOV	ELEMENTOS DIMENSIONALES IDENTIFICADOS, SEGÚN ZWAAN Y RADVANSKY	ELEMENTOS EN EL DIBUJO	NIVEL DE FUNCIONALIDAD
Acorde con la situación	Esquemático	Espacialidad Temporalidad (intrínseco)	Esquema de pasadizos longitudes	Útil: permite comprender la situación

Tabla 21: Análisis de características en modelos situacionales

7.2. WISC-IV

Nuevamente se muestra la **Tabla 11** para analizar los resultados obtenidos en la evaluación del *Índice de Razonamiento Perceptual*:

Rango de puntuaciones estándar	Descripción del desempeño
130 y más	Muy superior
120 a 129	Superior
110 a 119	Promedio alto
90 a 109	Promedio
80 a 89	Promedio bajo
70 a 79	Límite
69 y menos	Extremadamente bajo

Tabla 11. Tomado de *Escala Wechsler de Inteligencia para niños-IV, 2007*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el WISC-IV para cada uno de los participantes.

7.2.1.1. Caso 1, alumno A

Sus resultados aparecen en los siguientes cuadros:

Subprueba	Puntuación natural	Puntuación escalar
<i>Diseño con cubos</i>	55	13
<i>Conceptos con dibujos</i>	23	14
<i>Matrices</i>	27	11

Suma de puntuaciones escalares	Puntuación media	Índice compuesto	Rango percentil	Intervalo de confianza
38	12.6	117	87	95

Tablas 22 y 23. Puntuaciones del *Índice de Razonamiento Perceptual*

Los resultados obtenidos en estas subpruebas, comparados con los obtenidos en el re-test, muestran una ligera mejoría. Incluso los tiempos en general disminuyen un poco, el alumno continúa sin cometer errores en la Subprueba de diseño con cubos y, por último, su puntaje correspondiente al *Índice de Razonamiento Perceptual* se mantiene por encima de la media.

7.2.1.2. Caso 2, alumno B

Sus resultados se muestran a continuación:

Subprueba	Puntuación natural	Puntuación escalar
<i>Diseño con cubos</i>	51	11
<i>Conceptos con dibujos</i>	18	9
<i>Matrices</i>	26	11

Suma de puntuaciones escalares	Puntuación media	Índice compuesto	Rango percentil	Intervalo de confianza
31	10.3	102	55	95

Tablas 24 y 25. Puntuaciones del *Índice de Razonamiento Perceptual*

En la prueba con cubos el Alumno B colocó el último diseño en un ángulo distinto del correcto, por lo demás era la construcción correcta. De haber logrado este último su puntuación se hubiese mantenido inalterada, en lugar de haber disminuido. Estos resultados contrastan claramente con el desempeño mejorado que mostró durante la construcción de modelos en el post-test, no obstante, este fenómeno no se le puede atribuir tan fácilmente al trabajo con la secuencia didáctica, dado el número de elementos que intervienen en todo momento en el día a día del alumno. Una suposición aventurada apunta a que la razón de tal mejora se deba a la madurez natural del alumno, producto de un año aproximado que se interpone de lapso entre el pre y el post-test. Lo mismo pudo haber ocurrido con el Alumno A. Además, es posible que el uso constante del videojuego en sí jugase parte en el proceso descrito, pues ambos alumnos comentaron seguir jugándolo antes y después de realizadas las pruebas, principalmente el A, puesto que el B mencionó haber dejado de jugarlo un tiempo antes y dedicar su tiempo a otros juegos.

CAPÍTULO 8

DISCUSIÓN (CONCLUSIONES)

En este último apartado se discutirán algunas de las observaciones obtenidas como producto de los esfuerzos realizados durante la producción de la presente investigación.

- A pesar de que uno de los propósitos al usar Minecraft era que los alumnos no se distrajeran con elementos irrelevantes del problema puesto que los mismos ya vienen hasta cierto punto incluidos en el juego (colores, escenario, personajes, etc.), aún prefieren construir a los protagonistas y los objetos como realmente son en lugar de simplemente representarlos de maneras más simples (usando un simple cubo para el protagonista o los animales predeterminados, por mencionar algunos ejemplos). Esto tiende en algunos casos a chocar con la tendencia opuesta que tienen de simplificar los mismos modelos en sus dibujos y dependiendo del tipo de situación que se encuentren analizando. Por ejemplo, en el problema del árbol, tienden a dibujar detalladamente este objeto en lugar de simplemente la forma triangular que se plantea en el texto. Algo similar ocurre con los problemas del avión y el clavadista. Por el contrario, en los problemas del cable, el perro guardián y la pirámide, las representaciones tienden a simplificarse hasta resultar por completo esquemáticas.

- Al eliminar la pregunta para dejar solamente la situación, se orilla al alumno a centrarse en la situación misma, de manera que casi por completo ignora que la misma contiene elementos matemáticos, lo cual puede ser contraproducente si lo que se desea es que se razone en términos de resolución del problema. Así ha quedado de manifiesto al analizar la mayor parte de los modelos realizados durante la aplicación de la secuencia didáctica. Tanto los dibujos como las construcciones tridimensionales terminaron siendo mayormente pictóricas, con algunos datos numéricos indicados por flechas y letreros, y otros tantos siendo ignorados o malinterpretados. Al final, resulta interesante observar un mejor rendimiento en cuanto a diseño de modelos situacionales y la funcionalidad de estos en los pre y post-test que en aquellos pertenecientes a la secuencia didáctica.

- Inicialmente no se consideraron las vistas y cortes que pueden hacerse a los modelos con miras a obtener una mejor perspectiva de los mismos. Sería bueno que en futuras investigaciones se contemple este aspecto. Este punto se hizo evidente posterior a la aplicación de la secuencia didáctica. Ejemplos de ello son los modelos elaborados para el problema del clavadista y el del cable más barato posible. En el primero, los modelos tridimensionales (y algunos de los dibujos) el factor de funcionalidad se vio comprometido debido a que la profundidad de la piscina no era perfectamente visible, lo que ocasionó algunos errores de interpretación entre algunos de los alumnos descartados quienes, es importante mencionar, tuvieron puntajes más bajos que aquellos que completaron las actividades. En el caso de estos últimos, el Alumno A cae en el mismo error, mientras el B logra hacer un modelo en que no aparece el fondo de la piscina. Tal suceso no se presenta en los otros problemas, excepto el del avión, donde la profundidad de la cámara es un obstáculo a la hora de representarlo. Tales cuestiones parecen tener un efecto en la opinión que los alumnos tienen acerca de la elección de los medios que prefieren para representar los modelos. En las preguntas propuestas en el cuadernillo que se refieren a qué herramienta prefirieron al construir los modelos, las votaciones por Minecraft se inclinaron hacia los problemas del avión y del cable, mientras que para el resto de los problemas se prefirió al dibujo siendo que los primeros involucran ya sea espacios cerrados cuya inclusión de medidas los hace más difíciles de manipular y, por lo tanto, de analizar.

- Es posible que exista una tendencia natural por anular lo que se propone en textos y superponer reinterpretaciones propias basadas en experiencias propias. Tal suposición no es un secreto, sin embargo, las evidencias encontradas durante las sesiones de construcción de modelos muestran una marcada inclinación hacia la suspensión de la realidad. Así parecen indicarlo ciertas inconsistencias entre los modelos elaborados por los alumnos en comparación con las situaciones descritas en los textos mostrados. Como ejemplo más destacado encontramos el cambio que el Alumno A hace del tipo ideal de trampolín en la situación del clavadista, trampolín que no usaría un clavadista. Aunado a ello, ambos alumnos cambian el diseño de la lámpara de pared por una de mesa, en el entendido de que ese tipo de lámparas no suelen colgarse en las paredes. Estos pueden ser ejemplos muy sutiles, pero también son constantes. Al igual que en las investigaciones de Juárez

et al. (2014), la “barra flotante”, perteneciente al problema del perro guardián, vuelve a hacer su aparición.

- El hecho de que las representaciones 100 % esquemáticas aparezcan en los recuadros etiquetados como "solución" en los formatos de los pre y post-test, parece indicar que es precisamente el elemento de "problema", esto es, la pregunta que orilla al alumno a prestar atención a los elementos matemáticos del texto, lo que propicia la activación de un pensamiento más esquemático. Detalle que se hace presente en la mayoría de los dibujos elaborados principalmente en el pre-test, incluso de los alumnos descartados. Lo curioso del caso es que este fenómeno no se hace presente en el caso de los modelos realizados en Minecraft. Lo más cerca a que se llegó en este rubro fueron los modelos de los problemas del árbol y la pirámide realizados por el Alumno A durante la aplicación del post-test que, como ya se describió en el correspondiente apartado, equilibran perfectamente los elementos esquemáticos con los pictóricos, dándole a estos últimos un rol de funcionalidad que será descrito a continuación.

- La presente investigación se comenzó con el supuesto intrínseco de que lo ideal para el alumno es que termine por habituarse a pensar en términos de construcción de modelos situacionales puramente esquemáticos, sin embargo, el análisis de evidencias recabadas parece indicar que esto no es forzosamente indispensable. Los alumnos van y vienen entre ambos tipos de elementos (pictóricos y esquemáticos) debido, posiblemente, a que existe en ellos una necesidad, también intrínseca, de mantener cierto contacto con la realidad en orden de no perderse dentro de la información matemática que se encuentran manipulando. Esta es presumiblemente una de las razones por las que existe un apego bastante profundo hacia los videojuegos. En estos no existe ningún desapego de la realidad (nos referimos, por supuesto, a la realidad propuesta por el juego), sino que viene por defecto. Estando el jugador inmerso en ella, se hace a un lado la necesidad de “seguirle el paso” y el usuario puede entonces concentrarse en los retos (problemas) que se le presentan. Este es el caso de juegos como *Resident Evil* (al menos los primeros cuatro juegos), *Silent Hill* o varias novelas gráficas, por citar algunos escasos ejemplos, cuyas estructuras de juegos se encuentran fuertemente cargadas de acertijos o consisten en planear estrategias de supervivencia, dada la cantidad limitada de recursos. Si bien este tipo de juegos no figuran dentro del estudio, es

fácil hacer un análisis comparativo inicial al respecto. En Minecraft, por ejemplo, el modo de juego “supervivencia” obliga al usuario a planear de igual manera el manejo de recursos y protección de su personaje a través de la construcción de guaridas y otros elementos de defensa (armas y armaduras, sistemas de ataque como cañones, fosas y demás).

Resulta evidente a estas alturas que los objetivos que cimentan la presente investigación no se cumplieron en su totalidad, sin embargo, ello no significa que los resultados obtenidos hayan sido infructuosos. No obstante, es menester llevar a cabo una revisión de dónde hemos quedado en torno a tales objetivos.

- *Dado que el dibujo se trabaja en un formato bidimensional, el uso de una herramienta distinta cuya interfaz sea tridimensional podría mejorar ciertos aspectos relacionados con la representación del modelo situacional (coherencia, veracidad, colocación de datos matemáticos, etcétera).*

Para el primer supuesto, se observó que el factor de tridimensional como herramienta de representación depende en buena parte del tipo de situación que se busque analizar. Las características que se mencionan a manera de ejemplo, pueden verse mejoradas o comprometidas según la facilidad que se tenga al construir con Minecraft. Lo mismo aplica para el grado de dificultad que represente para el alumno el plasmar aquellas estructuras que en dibujo le resulten complejas (este es el caso de habitaciones y otras construcciones paralelepipedales en las que se vean involucrados datos matemáticos, lo que, como ya se vio, excluye al problema del árbol partido, por poner un ejemplo).

- *El uso de dicha herramienta de interfaz tridimensional podría tener un efecto positivo en el nivel cognitivo de espacialidad del alumno, lo que mejoraría su capacidad para construir modelos situacionales y, a su vez, facilitaría la comprensión del problema que se le presentase.*

Este punto permaneció bastante inconsistente, en parte por la cantidad tan limitada de los sujetos de estudio sometidos a las pruebas y por otra, porque como ya se mencionó, existen elementos externos al estudio que pudieron tener una fuerte influencia en cuanto a mejora de desempeño cognitivo en materia de razonamiento perceptual.

Tales observaciones prácticamente abarcan el espectro establecido por los objetivos:

- *Analizar el impacto de una secuencia de actividades relacionadas con el uso de Minecraft, en la construcción y manipulación de modelos situacionales, durante la comprensión de problemas verbales matemáticos.*
- *Analizar el impacto de una secuencia de actividades relacionadas con el uso de Minecraft, en el nivel de habilidad espacial de un grupo de alumnos.*

Finalmente, sólo puede concluirse, aunado a todo lo ya mencionado, que el impacto que la secuencia didáctica diseñada pudo tener en el desempeño de los alumnos al construir modelos situacionales a partir de problemas verbales matemáticos, posee un mayor grado de influencia en cuanto al primer objetivo, en lugar del segundo. No hay que olvidar, por supuesto, que la que se propuso fue sólo el primer intento de integrar a un videojuego como Minecraft en el campo de estudio de los modelos situacionales. Justo es esperar que los próximos intentos busquen perfeccionar lo que en principio ha sido propuesto, corrigiendo los errores encontrados y afinando aquellos aspectos que quedaron, por decirlo de una manera, en mayor o menor medida “al aire”.

BIBLIOGRAFÍA

Ainsworth, S., Prain, V. y Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*. 333(1), 1096-1097.

Chávez, O., Escalera, A., Hubard, I. (2003). *Matemáticas 1*. México, D.F.: Santillana.

Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*. 61 (1), 103-131.

Edens, K. y Potter, E. (2007). The relationship of drawing and mathematical problem solving: Draw for math tasks. *Studies in Art Education*. 48(3), 282-298.

Emmer, E. y Millett, G. (1970). *Docencia con laboratorio experimental*. Buenos Aires: Prentice-Hall.

Fernández, J., Elortegui, N., Rodríguez, J. y Moreno, T. (1999). *¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?* España: Diada Editora.

Gee, J. P. (2008). Learning and games. En K. Salen (Ed). *The ecology of games. Connecting youth, games, and learning*, 21-40. Arizona State University: Literary studies.

Glenberg, A. Gutierrez, T., Levin, J., Japuntich, S. y Kaschak, M. (2004). Activity and imagined activity can enhance young children's reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*. 96 (3), 424-436.

Hegarty, M. y Kozhevnikov, M. (1999). Types of visual-spatial representations and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*. 91 (4), 684-689.

Ito, M. (2010). Education v. Entertainment: A Cultural History of Children's Software. En K. Salen (Ed). *The ecology of games. Connecting youth, games, and learning*, 89-116. Arizona State University: Literary studies.

Juárez, J. A., Mejía, A., González, A., y Slisko, J. (2014). La construcción del modelo situacional de un problema matemático: El análisis basado en el Marco del Experimentador Inmerso. *Números. Revista de didáctica de las matemáticas*. 87(1), 81-99.

Juárez, J., Slisko, J., Hernández, L. y Monroy, M. (2015). Differences in the situation model construction for a textbook problem: The broken tree or the broken bamboo? En *Proceedings of the ninth Congress of the Europe Society for Research in Mathematics Education*. <https://cerme9.webnode.cz/>.

Kosslyn, S. M. (1995). Mental imagery. En S. M. Kosslyn & D. N. Osherson (Eds), *Visual cognition: An invitation to cognitive science* (Vol 2, pp. 267-296). Cambridge, MA: MIT press.

Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. Chicago: University of Chicago Press.

Machón, A. (2013). *Los dibujos de los niños*. Madrid: Ediciones Cátedra.

Mancera, E. (2008). *Matemáticas 3*. México, D.F.: Santillana.

Palm, T. (2009). Theory of authentic tasks situations. En L. Verschaffel, B. Greer, W. Van Dooren y S. Mukhopadhyay (Eds.). *Words and worlds: Modelling verbal descriptions of situations*. (pp. 3-19). Rotterdam: Sense Publishers.

Presmeg, N. C. (1986a). Visualization for high school mathematics. *For the learning of mathematics*, 63, 42-46.

Presmeg, N. C. (1986b). Visualization and mathematical giftedness. *Educational Studies in Mathematics*, 63, 42-46.

Popham, W. y Baker, E. (1986). *Planeamiento de la enseñanza*. México: Editorial Paidós Mexicana.

Polya, G. (1978). Divisiones principales, preguntas principales. *Cómo plantear y resolver problemas*. 28-41. México: Trillas.

Salen, K. (2008). Toward an ecology of gaming. En K. Salen (Ed). *The ecology of games. Connecting youth, games, and learning*, 1-17. Arizona State University: Literary studies.

Selter, C. (2009). Stimulating reflection on word problems by means of students' own productions. En L. Verschaffel, B. Greer, W. Van Dooren y S. Mukhopadhyay (Eds). *Words and worlds: Modelling verbal descriptions of situations*. 315-331. Rotterdam: Sense Publishers.

SEP. (2011). *Plan de estudios 2011. Educación Básica*. México: SEP.

Short, D. (2012). Teaching scientific concepts using a virtual world – Minecraft. *Teaching Science*. 58 (3). 55-58.

Tapiero, I. (2007). Theoretical and empirical evidence for two main levels of representation: referential and causal coherence. *Situation models and levels of coherence*. 3-31. New York: Lawrence Erlbaum Associates.

van Dijk, T. A. y Kintsch, W. (1983). The cognitive model, en T. A. van Dijk y W. Kintsch (Eds.). *Strategies in discourse comprehension*, 333-385. New York: Academic Press.

Verschaffel, L., Greer, B. y De Corte, E. (2000). *Making sense of Word problems*. Lisse, The Netherlands: Swets & Zeitlinger.

Vomvoridi, E. y Razfar, A. (2013). In the shoes of English Language Learners: Using baseball to help pre-service teachers understand some complexities of language in mathematics instruction. *Teaching for excellence and equity in mathematics*. 5(1), 7-15.

Wechsler, D. (2007). Pautas generales de evaluación, aplicación y calificación. *Escala Wechsler de Inteligencia para Niños-IV*. 19-56. México: Manual Moderno.

Zarzar, C., (2015). *Planeación didáctica por competencias*. México: Grupo Editorial Patria.

Zwaan, R. y Radvansky, G. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological bulletin*. 123 (2), 162-185.

ANEXOS

FORMATOS PARA PRE-TEST Y POST-TEST



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas



Nombre:		Edad:
Grado:	Grupo:	Fecha:

➤ POR FAVOR SIGUE LAS INDICACIONES EN LA MANERA QUE SE PIDE:

- Lee con calma cada problema
- Imagina la situación que se está describiendo
- Usa solamente lapicero
- Usa el primer espacio vacío para dibujar la situación como la imaginaste
- No taches nada. Si te equivocas en tu dibujo y necesitas volver a hacerlo solo escribe "este no" debajo del mismo y comienza en otra parte de la hoja
- Usa el segundo espacio vacío para resolver el problema. Escribe el procedimiento que usaste. Si hay operaciones, también anótalas aquí
- Tampoco taches nada de tus procedimientos. Si te equivocas anota "este no" debajo del error y continúa en otra parte de la hoja



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas



1 - Un perro está atado a una cadena que le permite un alcance máximo de 2 m unida por una argolla que se desplaza en una barra en forma de ángulo recto cuyos lados miden 2 m y 4 m. ¿cuál es el área de la región por la que se puede desplazar el perro?

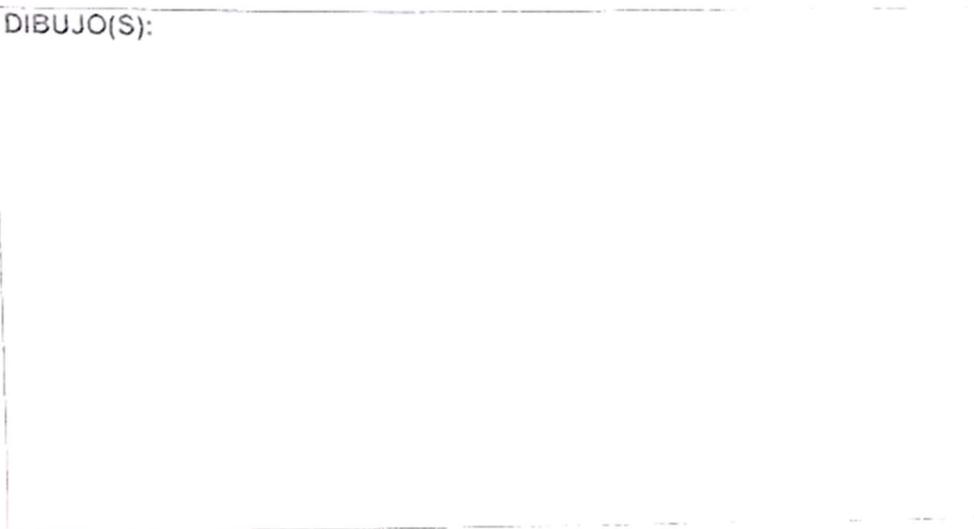
DIBUJO(S):

SOLUCIÓN:



2.- Un árbol ha sido roto por el viento de tal manera que sus dos partes forman con la Tierra un triángulo rectángulo. La parte superior forma un ángulo de 35° con el piso, y la distancia, medida sobre el piso, desde el tronco hasta la cúspide caída es de 5 m. Halla la altura que tenía el árbol

DIBUJO(S):



SOLUCIÓN:





3.- Santiago entra en una pirámide y camina 6.5 m al centro de ella por un túnel que está en el nivel de la calle. A partir de ahí el túnel sube 2 metros y se mantiene horizontal durante 3.5 metros, en ese punto el túnel tiene una caída de 1 metro y llega a un pequeño cuarto.

¿El cuarto está abajo o arriba del nivel de la calle?

2 - ¿Cuántos metros?

DIBUJO(S):

SOLUCIÓN:

FORMATOS PARA WISC-IV

WISC-IV

Escala Wechsler de Inteligencia para Niños-IV

Nombre del niño: _____

Examinador: _____

Estimación de la edad del niño

	Año	Mes	Día
Fecha de evaluación			
Fecha de nacimiento			
Edad a la evaluación			

Conversiones de puntuación natural total a puntuación escalar

Subprueba	Puntuación natural	Puntuaciones escalares	
Diseño con cubos			
Semejanzas			
Retención de dígitos			
Conceptos con dibujos			
Cifras			
Vocabulario			
Secuencia de números y letras			
Matrices			
Comprensión			
Búsqueda de símbolos			
(Figuras incompletas)		()	
(Registros)			()
(Información)		()	
(Aritmética)			()
Palabras en contexto (Pistas)		()	

* Las puntuaciones escalares de subpruebas, más bien (-) o menos (+) que las

	Suma de las 10 subpruebas	de Comprensión verbal	de Razonamiento perceptual
Suma de puntuaciones escalares			
Número de subpruebas	- 10	- 3	- 3
Puntuación media			

* La media total se calcula a partir de las 10 subpruebas esenciales

Cálculo de puntuaciones índice

Escala	Suma de puntuaciones escalares	Índice compuesto	Rango percentil	Intervalo de confianza de _____ %
Comprensión verbal				
Razonamiento perceptual				
Memoria de trabajo				
Velocidad de procesamiento				
Escala Total				

Protocolo de registro

Perfil de puntuaciones escalares de subprueba

	Comprensión verbal					Razonamiento perceptual				Memoria de trabajo			Velocidad de procesamiento		
	SE	VB	CM	(IN)	(PC)	DC	CD	MT	(R)	RD	ML	(AR)	CL	ES	PR
19	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
17	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
16	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
15	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
14	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
13	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
11	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Perfil de puntuaciones compuestas

	ICV	IRP	IMT	IVP	CIT
160	•	•	•	•	•
150	•	•	•	•	•
140	•	•	•	•	•
130	•	•	•	•	•
120	•	•	•	•	•
110	•	•	•	•	•
100	•	•	•	•	•
90	•	•	•	•	•
80	•	•	•	•	•
70	•	•	•	•	•
60	•	•	•	•	•
50	•	•	•	•	•
40	•	•	•	•	•

Traducido y adaptado con permiso. Copyright © NCS por The Psychological Corporation, U.S.A. Traducido con el permiso copyright © 2003 por The Psychological Corporation, U.S.A. Hechos y derechos reservados en España. Copyright © 2003 por Editorial Manual Moderno, S.A. de C.V. México. Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema alguno de recuperación o transmitida por otros medios electrónicos, mecánicos, fotográficos, grabados, etcétera, sin permiso previo por escrito de la Editorial.

manual moderno
D.R. © 2003 (2ª edición actualizada 2003)
Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.
Calle Sumera 206, Col. Hipólito B. 06100
México D.F.

Diseño con cubos

(límite de tiempo: véase reactivo)

Inicio
Edades 6-7: reactivo 1
Edades 8-14: reactivo 3

Inversión
Edades 8-14: puntuación de 0 a 1 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos anteriores en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas

Discontinuación
Después de 3 puntuaciones consecutivas de 0

Puntuación
 Reactivos 1-3: puntuación de 0, 1 o 2 puntos
 Reactivos 4-8: puntuación de 0 a 4 puntos
 Reactivos 9-14: puntuación de 0 a la puntuación apropiada de bonificación por tiempo
DCSB
 Reactivos 1-3: puntuación de 0, 1 o 2 puntos
 Reactivos 4-14: puntuación de 0 a 4 puntos

Reactivo	Diseño	Método de presentación	Límite de tiempo	Tiempo de terminación	Diseño correcto		Diseño construido		Puntuación	
					S	N	Ensayo 1	Ensayo 2	Temp	DCSB
1		Modelo	30"			S	N	Ensayo 1	Ensayo 2	0 1 2
2		Modelo	45"			S	N	Ensayo 1	Ensayo 2	0 1 2
3		Modelo y dibujo	45"			S	N	Ensayo 1	Ensayo 2	0 1 2
4		Dibujo	45"			S	N			0 4
5		Dibujo	45"			S	N			0 4
6		Dibujo	75"			S	N			0 4
7		Dibujo	75"			S	N			0 4
8		Dibujo	75"			S	N			0 4
9		Dibujo	75"			S	N			0 4 5 6 7
10		Dibujo	75"			S	N			0 4 5 6 7
11		Dibujo	120"			S	N			0 4 5 6 7
12		Dibujo	120"			S	N			0 4 5 6 7
13		Dibujo	120"			S	N			0 4 5 6 7
14		Dibujo	120"			S	N			0 4 5 6 7

Puntuación natural total
(Máxima = 68) _____

Diseño con cubos sin bonificación por tiempo (DCSB)
Puntuación natural total
(Máxima = 50) _____

Conceptos con dibujos

Inicio
Edades 6-8: reactivos muestra A y B, luego reactivo 1
Edades 9-11: reactivos muestra A y B, luego reactivo 5
Edades 12-16: reactivos muestra A y B, luego reactivo 7

Inversión
Edades 9-16: puntuación de 0 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos anteriores en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas

Discontinuos
Después de 5 puntuaciones consecutivas de 0

Puntuación
Puntuación de 0 a 1 punto. Las respuestas correctas están tipo de letra distinta

Reactivo	Respuesta	Puntuación
A	1 2 3 4	NS
B	1 2 3 4	NS
1	1 2 3 4	NS 0 1
2	1 2 3 4	NS 0 1
3	1 2 3 4	NS 0 1
4	1 2 3 4	NS 0 1
5	1 2 3 4 5 6 NS	0 1
6	1 2 3 4 5 6 NS	0 1
7	1 2 3 4 5 6 NS	0 1
8	1 2 3 4	NS 0 1
9	1 2 3 4 5 6 NS	0 1
10	1 2 3 4 5 6 NS	0 1
11	1 2 3 4 5 6 NS	0 1
12	1 2 3 4 5 6 NS	0 1

Reactivo	Respuesta	Puntuación
13	1 2 3 4 5 6 7 8 9	NS 0
14	1 2 3 4 5 6 7 8 9	NS 0
15	1 2 3 4 5 6 7 8 9	NS 0 1
16	1 2 3 4 5 6 7 8 9	NS 0 1
17	1 2 3 4 5 6 7 8 9	NS 0 1
18	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 NS	0 1
19	1 2 3 4 5 6 7 8 9	NS 0 1
20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 NS	0 1
21	1 2 3 4 5 6 7 8 9	NS 0 1
22	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 NS	0 1
23	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 NS	0 1
24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 NS	0 1
25	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 NS	0 1
26	1 2 3 4 5 6 7 8 9	NS 0 1
27	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 NS	0 1
28	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 NS	0 1

Puntuación natural total (Máximo = 28)

5. Claves

1 (límite de tiempo: 120")

Inicio
Edades 6-7: reactivos muestra de Claves A, luego reactivos de prueba
Edades 8-16: reactivos muestra de Claves B, luego reactivos de prueba

Discontinuos
Después de 120 segundos

Puntuación
Utilice la plantilla de calificación para verificar las respuestas del niño
1 punto para cada respuesta correcta

Forma	Límite de tiempo	Tiempo de terminación	Puntuación natural total
A	120"		Máximo = 65
B	120"		Máximo = 119

Puntuaciones con bonificación por tiempo en ejecución perfecta para Claves A						
Tiempo en segundos	116-120	111-115	106-110	101-105	96-100	86-95
Puntuación	59	60	61	62	63	64 65

Inicio
Edades 6-8: reactivos muestra A-C, luego reactivo 4
Edades 9-11: reactivos muestra A-C, luego reactivo 7
Edades 12-16: reactivos muestra A-C, luego reactivo 11

Inversión
Edades 6-16: puntuación de 0 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas

Discriminación
Después de 4 puntuaciones consecutivas de 0 a 4 puntuaciones de 0 en cinco reactivos consecutivos

Puntuación
Puntuación de 0 a 4
Las respuestas correctas en un tipo de letra

Reactivo	Respuesta	Puntuación
A	1 2 3 4 5 NS	
B	1 2 3 4 5 NS	
C	1 2 3 4 5 NS	
1.	1 2 3 4 5 NS	0 1
2.	1 2 3 4 5 NS	0 1
3.	1 2 3 4 5 NS	0 1
4.	1 2 3 4 5 NS	0 1
5.	1 2 3 4 5 NS	0 1
6.	1 2 3 4 5 NS	0 1
7.	1 2 3 4 5 NS	0 1
8.	1 2 3 4 5 NS	0 1
9.	1 2 3 4 5 NS	0 1
10.	1 2 3 4 5 NS	0 1
11.	1 2 3 4 5 NS	0 1

Reactivo	Respuesta	Puntuación
12.	1 2 3 4 5 NS	0 1
13.	1 2 3 4 5 NS	0 1
14.	1 2 3 4 5 NS	0 1
15.	1 2 3 4 5 NS	0 1
16.	1 2 3 4 5 NS	0 1
17.	1 2 3 4 5 NS	0 1
18.	1 2 3 4 5 NS	0 1
19.	1 2 3 4 5 NS	0 1
20.	1 2 3 4 5 NS	0 1
21.	1 2 3 4 5 NS	0 1
22.	1 2 3 4 5 NS	0 1
23.	1 2 3 4 5 NS	0 1
24.	1 2 3 4 5 NS	0 1
25.	1 2 3 4 5 NS	0 1

Reactivo	Respuesta	Puntuación
26.	1 2 3 4 5 NS	0 1
27.	1 2 3 4 5 NS	0 1
28.	1 2 3 4 5 NS	0 1
29.	1 2 3 4 5 NS	0 1
30.	1 2 3 4 5 NS	0 1
31.	1 2 3 4 5 NS	0 1
32.	1 2 3 4 5 NS	0 1
33.	1 2 3 4 5 NS	0 1
34.	1 2 3 4 5 NS	0 1
35.	1 2 3 4 5 NS	0 1

Puntuación total (Máxima = 35)

9. Comprensión

Inicio
Edades 6-8: reactivo 1
Edades 9-11: reactivo 3
Edades 12-16: reactivo 5

Inversión
Edades 9-16: puntuación de 0 a 1 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas

Discriminación
Después de 3 puntuaciones consecutivas de 0

Puntuación
Puntuación de 0, 1 o 2 puntos
Verve el Manual de aplicación para reactivos muestra.

Reactivo	Respuesta	Puntuación
1. Dientes		0 1 2
2. Verduras		0 1 2
3. Cinturones de seguridad		0 1 2
*4. Policías		0 1 2
5. Cartera		0 1 2
6. Humo		0 1 2

† Si el niño no proporciona una respuesta de 2 puntos, dé la respuesta señalada en el Manual de aplicación
* Si el niño contesta con sólo una idea general, pida una segunda respuesta como se indica en el Manual de aplicación

FORMATOS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

Nombre:	
Fecha	Edad:

¡A DIBUJAR!

- **POR FAVOR SIGUE LAS INDICACIONES EN LA MANERA QUE SE PIDE:**

- Lee con calma cada situación.
- Imagina la situación que se está describiendo.
- Usa solamente lapicero
- Usa el espacio vacío para dibujar la situación como la imaginaste
- No taches nada. Si te equivocas en tu dibujo y necesitas volver a hacerlo sólo escribe **“este no”** debajo del mismo y comienza en otra parte de la hoja.
- Si necesitas más hojas, solicítalas con el aplicador.

¡A CONSTRUIR!

- **POR FAVOR SIGUE LAS INDICACIONES EN LA MANERA QUE SE PIDE:**

- Utiliza Minecraft para realizar la construcción de la **primera** situación que dibujaste.

- Usa el modo CREATIVO, **NO** el modo SUPERVIVENCIA.

- Puedes utilizar cualquier objeto o herramienta que necesites.

- Una vez que termines tu construcción, pasa a la siguiente hoja de este cuadernillo y responde las preguntas que aparecen en la sección:

“Ronda de preguntas”.

- Cuando termines de responder esa ronda, comienza a construir la **segunda** situación y cuando la termines contesta la correspondiente

“Ronda de preguntas”.

- Repite los pasos para las últimas dos construcciones.

¡DETENTE! COMIENZA A CONSTRUIR LA PRIMERA SITUACIÓN

Cuando acabes pasa a la...

RONDA DE PREGUNTAS :)

- Vuelve a leer la situación junto con la **Pregunta Problema** resaltada en color **azul** y responde lo que se te pide.

SITUACIÓN 1.- EL CLAVADISTA

Pablo se tira un clavado desde un trampolín. Primero se eleva un metro en el aire, luego baja cinco metros y finalmente sube dos metros para llegar a la superficie del agua.

¿A qué altura sobre la superficie del agua está el trampolín?

1.- ¿Cuál de los dos objetos consideras que te sería de mayor ayuda para responder la pregunta, el **Dibujo** o la **construcción en Minecraft**? ¿Por qué?

2.- ¿Qué le cambiarías, agregarías o quitarías al objeto que te ayudaría **menos**? ¿Por qué?

¡DETENTE! COMIENZA A CONSTRUIR LA SEGUNDA SITUACIÓN

(Cuando acabes pasa a la siguiente página).

- Vuelve a leer la situación junto con la **Pregunta Problema** resaltada en color azul y responde lo que se te pide.

SITUACIÓN 2.- A LA CAZA DEL RATÓN

Un ratón se encuentra buscando comida a una distancia de 25 m de su agujero en la cocina de cierta casa. En un momento dado aparece una persona que observa al ratón a una distancia de 45 m. los dos comienzan a correr, el ratón a 3.6 por segundo para meterse en el agujero y la persona a una velocidad de 6 metros por segundo para cazar al ratón.

¿Logrará la persona dar caza al ratón, o conseguirá éste meterse antes en el agujero?

- 1.- ¿Cuál de los dos objetos consideras que te sería de mayor ayuda para responder la pregunta, el **Dibujo** o la **construcción en Minecraft**? ¿Por qué?

¡DETENTE!
COMIENZA A CONSTRUIR LA TERCERA SITUACIÓN

(Cuando acabes pasa a la siguiente página).

- Vuelve a leer la situación junto con la **Pregunta Problema** resaltada en color azul y responde lo que se te pide.

SITUACIÓN 3.- EL AVIÓN

Un avión de 12 metros de largo fue fotografiado desde el suelo durante su vuelo en el momento de pasar por la vertical de aparato. La cámara fotográfica tiene 12 centímetros de profundidad. En la foto, el avión presenta un largo de 8 milímetros.

¿A qué altura volaba el avión en el momento de ser fotografiado?

- 1.- ¿Cuál de los dos objetos consideras que te sería de mayor ayuda para responder la pregunta, el **Dibujo** o la **construcción en Minecraft**? ¿Por qué?

¡DETENTE!
COMIENZA A CONSTRUIR LA CUARTA SITUACIÓN

(Cuando acabes pasa a la siguiente página).

- 2.- ¿Qué le cambiarías, agregarías o quitarías al objeto que te ayudaría **menos**? ¿Por qué?

- Vuelve a leer la situación junto con la **Pregunta Problema** resaltada en color azul y responde lo que se te pide.

SITUACIÓN 4.- LA EXTENSIÓN DE CABLE MÁS BARATA POSIBLE

Una habitación tiene 10 m de largo, 4 m de ancho y otros 4 m de alto. En el punto A, en el medio de la pared del fondo y a medio metro del suelo, hay un enchufe. Se necesita colocar un cable para conectar el enchufe A con una lámpara situada en el punto medio B de la pared de enfrente, a medio metro del techo.

Por evidentes razones de seguridad, el cable debe ir pegado a las paredes. Suelo o techo, pero nunca quedar colgando por el aire.

Calcula la longitud de cable mínima que se necesita para conectar la lámpara al enchufe.

1.- ¿Cuál de los dos objetos consideras que te sería de mayor ayuda para responder la pregunta, el **Dibujo** o la **construcción en Minecraft**? ¿Por qué?

2.- ¿Qué le cambiarías, agregarías o quitarías al objeto que te ayudaría **menos**? ¿Por qué?

FIN

**¡ESPERAMOS QUE TE HAYAS
DIVERTIDO!**