



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

La robótica pedagógica como herramienta para promover la planeación en adolescentes

TESIS PRESENTADA POR

Sandy Guadalupe Ortíz Gómez

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
Maestra en Psicología

COMITÉ TUTORAL

Ana María Méndez Puga (Tutora)

Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación

Fabiola González Betanzos

Doctora en Psicología

Joanna Koral Chávez López

Maestra en Educación

Karina Mariela Figueroa Mora

Doctora en Ciencias de la Computación

REVISORES

Erwin Rogelio Villuendas González

Doctor en Ciencia del Comportamiento

MORELIA, MICH., NOVIEMBRE DE 2018



Contenido

Resumen y abstract	6
Abstract	6
Introducción	8
Justificación	11
Capítulo 1. Robótica Pedagógica.....	16
Estudios previos	19
Capítulo 2. La planeación desde la Psicología Cognitiva	26
Autorregulación del aprendizaje.....	33
El papel del profesor	34
Características de un estudiante eficaz.....	35
Entrenar la metacognición y la autorregulación.....	36
Capítulo 3. Planeación.....	37
Instrumentos para medir la Planeación	44
⊕ Diseños de cubos	44
⊕ Laberintos.....	45
⊕ Torre de Hanoi.....	46
⊕ Torre de Toronto.....	46
⊕ Torre NEPSY	46
⊕ Torre de Londres (TOL, por sus siglas en inglés)	46
Eficiencia de la planeación.....	49
Estudios previos	51
Capítulo 4. Estrategias metodológicas.....	54
Preguntas de investigación	54
Hipótesis.....	54
Supuestos.....	54
Objetivos.....	55

⊕ Objetivo general	55
⊕ Objetivos específicos.....	55
Diseño de la investigación	55
⊕ Consideraciones éticas.....	57
⊕ Contexto	57
⊕ Participantes.....	59
⊕ Instrumentos.....	60
⊕ Materiales	61
⊕ Escenario	61
⊕ Procedimiento	61
Capítulo 5. Resultados.....	71
Capítulo 6. Discusión	88
Capítulo 7. Conclusiones	93
Limitaciones.....	95
Recomendaciones	95
Referencias bibliográficas	97
Apéndices	110
Apéndice 1. Entrevista al profesor al término del curso de robótica	110
Apéndice 2. Guía para grupo focal.....	111
Apéndice 3. Rúbricas.....	112
Apéndice 4. Consentimiento informado Profesor	130
Apéndice 5. Consentimiento informado Padre o tutor	132
Apéndice 6. Carta Compromiso	134
Apéndice 7. Sesiones del Grupo 1.....	135
Apéndice 8. Sesiones del Grupo 2.....	136
Apéndice 9. Devolución de resultados a Directores y profesores titulares	137
Apéndice 10. Devolución de resultados a participantes	141

Figuras

<i>Figura 1. Diseño de un robot "sellador" en jornadas de CERP Rivera (García, 2015).</i>	14
<i>Figura 2. Estrategias de aprendizaje (González y Tourón, 1992).</i>	32
<i>Figura 3. Procesos metacognitivos de la autorregulación. Basado en Ambrose et al. (2010).</i>	34
<i>Figura 4. Planeación secuencial. Elaboración propia a partir de Stelzer et al. (2016).</i>	41
<i>Figura 5. Cubos de Kohs.</i>	45
<i>Figura 6. Laberinto.</i>	45
<i>Figura 7. Torre de Hanoi.</i>	46
<i>Figura 8. Torre de Londres en la versión convencional y la informatizada.</i>	47
<i>Figura 9. Diseño de investigación integrado. Creswell & Plano Clarck (2007) y Arias-Galicia (2014). Elaboración propia.</i>	56
<i>Figura 10. Diferencias entre grupos en la variable Movimientos Correctos (MC) en la Fase I.</i>	73
<i>Figura 11. Comparación de la Medición 1 y Medición 2 del Grupo 1.</i>	74
<i>Figura 12. Comparación de la Medición 1, Medición 2 y Medición 3 del Grupo 2.</i>	75
<i>Figura 13. Diferencias entre grupos en la variable Movimientos Excedentes (ME) en la Fase I.</i>	76
<i>Figura 14. Diferencias entre grupos en la variable Violaciones de Tiempo (VT) en la Fase I.</i>	77
<i>Figura 15. Comparación de grupos en el resultado de las diferencias, pre y post, de los MC al término del curso de RP.</i>	78
<i>Figura 16. Comparación de grupos en el resultado de las diferencias, pre y post, de los ME al término del curso de RP.</i>	79
<i>Figura 17. Rúbrica de Proveedor de material.</i>	125
<i>Figura 18. Rúbrica de Verificador.</i>	126
<i>Figura 19. Rúbrica de Coordinador.</i>	127
<i>Figura 20. Rúbrica de Diseñador.</i>	128
<i>Figura 21. Rúbrica de Armador.</i>	129

Tablas

<i>Tabla 1. Pasos del proceso creativo.</i>	13
<i>Tabla 2. Etapas pedagógicas de la robótica.</i>	17
<i>Tabla 3. Habilidades asociadas a la robótica educativa observadas en estudiantes.</i>	20
<i>Tabla 4. Propuestas de autores sobre las etapas de la autorregulación.</i>	33
<i>Tabla 5. Definiciones del concepto.</i>	37
<i>Tabla 6. Comparación de Localidades.</i>	57

Tabla 7. <i>Descripción de la población muestra.</i>	59
Tabla 8. <i>Descripción de las sesiones. Elaboración propia.</i>	66
Tabla 9. <i>Tabla de decisión para identificar a los participantes que mostraron mejora en su proceso de planeación.</i>	81
Tabla 10. <i>Comportamiento del desempeño de los alumnos de ambos grupos en su paso por cada rol.</i>	84
Tabla 11. <i>Media de calificaciones interjueces.</i>	117
Tabla 12. <i>Agrupación de ítems por dimensiones.</i>	118
Tabla 13. <i>Indicadores y sus ítems/actividades de cada rol.</i>	118
Tabla 14. <i>Niveles de dominio.</i>	121
Tabla 15. <i>Puntajes mínimos y máximos por rúbrica.</i>	122
Tabla 16. <i>Tabla de conversión a puntuación estandarizada con 3 evaluadores.</i>	122
Tabla 17. <i>Tabla de conversión a puntuación estandarizada con 2 evaluadores.</i>	123

Resumen

La robótica actualmente se encuentra inmersa en la mayoría de las actividades humanas, desde sus principios mecánicos hasta los robots más sofisticados que utilizan fuentes de energía diversas, percibiendo el entorno a través de sensores, siendo manejados incluso de forma remota y realizando tareas que para el ser humano sería demasiado complicado, tedioso o arriesgado. Es una disciplina que a pesar de estar presente desde hace varias décadas, en México apenas está emergiendo en la educación pública en el nivel básico. Además, a pesar de que la propuesta de incorporar la robótica en el ámbito escolar es prometedora, son pocos los estudios científicos que existen sobre su práctica como herramienta potenciadora de las Funciones Ejecutivas. Considerando que la adolescencia es una etapa crucial en la vida del ser humano para aprender a autorregularse y a tomar decisiones de manera eficiente, el presente trabajo es un acercamiento de diseño mixto para conocer en qué aspectos la robótica pedagógica aporta a los estudiantes en los aspectos socio-emocionales, cognitivos y tecnológicos. Utilizando como instrumentos de medición la Torre de Londres Dx, cinco rúbricas analíticas para evaluar el desempeño de los alumnos en cada sesión y el análisis del discurso de profesores y alumnos con experiencia en la práctica de la robótica, se encontró que se mejoraron las habilidades socio-emocionales como comunicación, seguridad y la disposición para trabajar en equipo. En relación a las habilidades tecnológicas, los participantes expandieron su lenguaje al aprender los nombres de las piezas y comprender los mecanismos de la materia de física, de manera práctica. En la cuestión cognitiva, fue posible encontrar una mejora en la eficiencia de la planeación, influir en la autorregulación y la monitorización durante la toma de decisiones.

Abstract

Robotics is currently immersed in most human activities, from its mechanical principles to the most sophisticated robots that use diverse energy sources, perceiving the environment through sensors, being managed even remotely and performing tasks that for the Being human would be too complicated, tedious or risky. It is a discipline that despite being present for several decades, in Mexico is just emerging in public education at the basic level. In addition, despite the fact that the proposal to incorporate robotics in the school environment is promising, there are few scientific studies that exist about its practice as an enhancing tool for Executive Functions. Considering that adolescence is a crucial stage in the life of the human being to learn to self-regulate and make decisions efficiently, the present work is a mixed design approach to know in what aspects the pedagogical robotics contributes to the students in the aspects social-emotional, cognitive and technological. Using as tools of

measurement the Tower of London Dx, five analytical rubrics to evaluate the performance of the students in each session and the analysis of the speech of professors and students with experience in the practice of robotics, the results found that social-emotional skills such as communication, safety and willingness to work as a team were improved. In relation to the technological skills, the participants expanded their language by learning the names of the pieces and understanding the mechanisms of the subject of physics, in a practical way. In the cognitive issue, it was possible to find an improvement in planning efficiency, to influence in self-regulation and monitoring during decision making.

Palabras clave: Psicología, Funciones Ejecutivas, autorregulación, monitorización, toma de decisiones.

Introducción

Aquel tiempo en el que se soñaba con tener un robot en casa que ayudara con las tareas domésticas, cuando sólo en las películas los seres humanos convivían con esas máquinas de forma habitual y eran imprescindibles para facilitar la vida del ser humano, ya llegó. Esas ideas "futuristas" se han convertido en el presente, el entorno está compuesto de aparatos electrónicos y para la mayoría de las personas resulta complejo entender su funcionamiento, qué mecanismos utilizan o cómo están conformados.

Los robots son máquinas automáticas programables capaces de realizar operaciones de manera autónoma y han sido creados principalmente con la finalidad de facilitar las labores de los seres humanos, sobre todo cuando estas tareas son peligrosas, repetitivas o requieren precisión. Cuando se piensa en robots usualmente viene a la mente un humanoide, teniendo la movilidad -y realizando alguna tarea- propia de humanos; sin embargo, algunos de los robots que se utilizan con mayor cotidianeidad son las máquinas que llamamos electrodomésticos: licuadora, lavadora, tostador, horno de microondas, son algunos ejemplos.

La robótica ha llegado a todas las áreas de la actividad humana, no sólo a las que se enfocan directamente a la tecnología, por ello se expone la posibilidad de incorporar su enseñanza desde la educación básica. Esta es una alternativa atractiva y motivadora para que los estudiantes conozcan los mecanismos que hacen posible los movimientos de un robot, cuáles son los conceptos de tecnología física que los rodean y cómo aplicarlos a su vida cotidiana. Desde edades muy tempranas se pueden diseñar, construir y controlar robots (Rodríguez, 2007), razón por la cual incluso es tema de estudio de una subdivisión de la robótica: la robótica pedagógica (RP).

En México se tienen grandes desarrolladores de robots. Por citar un ejemplo, en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) desarrollaron un humanoide de nombre Mex-One que, desde 2010 que fue presentado por primera vez, ha estado evolucionando y en el Congreso Internacional IEEE/RAS Humanoids'2016 celebrado en noviembre en Guadalajara, Jalisco ("Se reúnen desarrolladores", 2016), presentó su nueva imagen renovada, con tecnología que posiciona a México a la cabeza en Latinoamérica en cuanto a investigación de nuevos sistemas y sensores.

En torneos, México también logra situarse en los primeros lugares en diferentes categorías de competencia de Ligas internacionales ("Niños en la NASA", 2014; "Adolescentes a Qatar", 2015a;

"Triunfan en Rumania", 2015b; "Impulsa gobierno", 2016), sin embargo, en muchas ocasiones estos talentos no tienen el apoyo suficiente para comercializar sus robots y quedan sólo en prototipos (Morales & Sucar, 2009)

La robótica pedagógica tuvo sus inicios en 1975 (Márquez & Ruiz, 2014) y ha ido ganando paulatinamente popularidad en muchos países, tanto en ambientes escolarizados como no escolarizados. Este tipo de robótica es sumamente atractiva para los pequeños porque aprenden "jugando", manipulando materiales atractivos, en colaboración con otros niños y desarrollando habilidades tecnológicas, cognitivas y socioemocionales de una forma diferente a como lo hiciera en la escuela con las asignaturas básicas. Pero no sólo los niños se sienten atraídos por este tipo de robótica, también los profesores y padres de familia. La definición de Ruíz-Velasco (2010) muestra lo que le aporta al niño, al considerar que la robótica es:

Una disciplina que permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología (...) se trata de crear las condiciones de apropiación de conocimiento y permitir su transferencia en diferentes áreas del conocimiento. La robótica pedagógica privilegia el aprendizaje inductivo y por descubrimiento guiado, las cuales se aseguran en la medida en que se diseñan y experimentan un conjunto de situaciones didácticas constructoristas (p. 2).

Ruíz-Velasco (1996) señala que el diseño y la construcción en la RP se lleva a cabo por etapas, comenzando con el hecho de que los niños aprendan que toda pieza robótica está constituida por principios básicos como las máquinas simples. Así, los niños primero deberán aprender a identificar las máquinas simples, conocer su funcionamiento y su aplicación en la vida cotidiana. Posteriormente el alumno conocerá y podrá construir máquinas complejas y entenderá que los robots funcionan con la combinación de varios de estos mecanismos que después podrán complementarse con circuitos eléctricos. En una etapa más avanzada, estos mecanismos podrán ser programados a través de interfaces que permitan su movimiento de una manera controlada y a distancia.

Ese proceso se apoya en una pedagogía constructivista en la que el alumno es el principal actor de su aprendizaje (González, 1995), priorizando el "hacer" para tener un aprendizaje significativo, en un ambiente diferente al que se maneja en las diferentes asignaturas de la educación básica (Santiváñez, 2004), a la par que se le proporciona una aproximación temprana al método científico (Ruíz-Velasco, García & Rosas, 2010).

En distintas investigaciones como las de Ruíz-Velasco et al. (2010), López y Andrade (2013), Acuña (2009), Kim et al., (2015), así como en libros como "Educatrónica" de Ruiz-Velasco (2007) y

"Metodologías del aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías" de Moreno et al. (2012), se han identificado algunas de las habilidades cognitivas y socio emocionales que se promueven en la robótica pedagógica: seguridad (autoconfianza), liderazgo, valores, análisis de datos, comunicación eficaz, creatividad, trabajo en equipo, solución de problemas, iniciativa, empatía, entre otras. Se puede afirmar que la incursión de la robótica en la escuela permite el desarrollo de habilidades y competencias productivas, innovadoras y comunicativas, que le permitirán al alumno contar con un mejor perfil para enfrentarse a los retos de la sociedad actual (Corchuelo, 2015).

Este fundamento pedagógico integral de la RP, por tanto, no sólo involucra materiales tecnológicos, sino también crea un ambiente de aprendizaje favorecedor para el desarrollo de distintas habilidades, entre ellas la mejora de la eficiencia del proceso de planeación, imprescindible al momento de tomar decisiones eficaces. Este proceso de planear se abordará desde diferentes perspectivas, que coinciden en que es una habilidad/capacidad/estrategia que puede mejorarse mediante la práctica, optimizando los recursos disponibles.

Cabe señalar que los estudios que se analizan en esta investigación se buscaron e identificaron utilizando como palabras clave "robótica educativa", "robótica pedagógica", "planeación", "planificación cognitiva", "adolescentes", "funciones ejecutivas" y las diferentes combinaciones entre estas, en bases de datos como Redalyc, Conricyt y Scielo principalmente. Se priorizaron para su análisis las investigaciones más recientes y con diseños metodológicos que pudieran aportar directamente a este proyecto.

Se aborda el concepto de planeación desde la mirada de la Psicología Cognitiva, la Neuropsicología y la Administración, para intentar esclarecer si un curso de robótica pedagógica logra tener impacto en la mejora de la eficiencia en la planeación. Esta propuesta está orientada a una toma de decisiones más consciente, eficiente y eficaz, facilitando la adquisición (o sofisticación) de estrategias cognitivas y metacognitivas que apoyen en el proceso de planeación para analizar las metas, revisar los propios recursos y alternativas de solución, anticiparse a las posibles dificultades, monitorear constantemente el propio actuar y evaluar si la estrategia implementada fue efectiva.

Esta investigación se desarrolló dentro de la línea de investigación en aprendizajes, práctica educativa y procesos sociales, del Programa de Maestría en Psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; y realizada con apoyo del programa de Becas Nacionales del CONACYT.

Justificación

La incursión de la robótica en la escuela permite el desarrollo de habilidades sociales, cognitivas y tecnológicas de una forma diferente a las asignaturas básicas. Este proyecto surge del interés por conocer cómo el uso de la robótica permite el desarrollo de esas habilidades, en especial la planeación, dada la relevancia de esta competencia en otras esferas de la vida, particularmente en la toma de decisiones (Ocampo & Téllez, 2015).

El desarrollo tecnológico no sólo es importante a nivel personal sino global, porque influye desde el punto de vista económico, ya que si un país no produce tecnología, está obligado a importarla (Morales Y Sucar, 2009). Una alternativa propositiva a este inconveniente es promover que la población tenga una educación acorde a las necesidades actuales, es decir, personas con alto nivel de competitividad y productividad (Márquez & Ruiz, 2014), siendo más que consumidores, creadores de tecnología; por ello es importante que el conocimiento en este campo se aprenda, se aprehenda y se difunda.

Las políticas educativas moldean los programas curriculares en función de las aptitudes y conocimientos que se consideran necesarios para la inserción a la cultura (Stelzer & Cervigni, 2011), es decir, el currículo académico incluye los aprendizajes que propician un mejor desenvolvimiento en la sociedad; por tanto, la adquisición de estos conocimientos y el desempeño académico se podrían considerar como indicadores que pronostican su productividad.

Es por ello que en muchos países los planes y programas se han ido fortaleciendo con asignaturas o talleres que le brinden al alumno, además de los conocimientos básicos, herramientas que le proporcionen mejores oportunidades para su futuro y el desarrollo de habilidades más especializadas. Ejemplo de ello ha sido la integración de uno o dos idiomas extranjeros, computación, ajedrez, robótica, educación financiera, entre otras, en escuelas públicas y privadas.

Diversos países como Colombia (Márquez & Ruiz, 2014), Costa Rica (Acuña, 2009), Panamá (Moreno et al., 2012), Uruguay (García, 2015), Chile, Perú, Guatemala, E.U.A., Finlandia, Corea y Japón, entre otros, han ido ganando terreno en el desarrollo no sólo de la robótica industrial sino en la RP, llegando a la población infantil e intentando incidir en el desarrollo del interés por la formación de profesionistas en áreas afines a la robótica. Esto constituye una iniciativa para que, incorporando la enseñanza de la tecnología en etapas tempranas de la escolarización (Ruíz-Velasco, 2007), los niños desarrollen un interés genuino por la ciencia.

Para lograr una aplicación eficaz de la RP y obtener los máximos beneficios, Acuña (2009) señala que "la robótica es un recurso ideal para facilitar el aprendizaje pero no es el fin en sí mismo", también se requieren docentes capacitados en la disciplina, así como recursos para que las instituciones consigan los materiales apropiados para su aplicación. Acuña ha desarrollado proyectos en Costa Rica, a través de la Fundación Dondé, que promueven un cambio cualitativo para conseguir el aval político y académico para incluir la robótica como parte de la oferta curricular cotidiana de todos los niveles educativos, algo similar a lo que ya se logró con la informática.

Por su parte, Ramos (2013, citado por Higuera, 2015) menciona que, a pesar de los aportes que se han evidenciado en educación, en Colombia la robótica no ha logrado consolidarse y considera que hay una falta de conocimiento e inclusión en las aulas para ser utilizada como herramienta tecnológica.

En México sucede algo similar, ya que la robótica se encuentra como una opción para ser incorporada en la modalidad de *club* como uno de los componentes de "Autonomía curricular" del Modelo Educativo 2016 (Secretaría de Educación Pública, 2016) a implementarse en el ciclo escolar 2018-2019. Cabe señalar que, a pesar de que el ciclo ya comenzó, aún no se cuenta con un plan ni programa de esta asignatura.

Otro de los obstáculos con los que se han encontrado las escuelas que desea ofrecer robótica en sus planteles es la falta de material para llevar a cabo las actividades. Se abrirá una convocatoria (Diario Oficial de la Federación, 2018) para que las instituciones educativas soliciten recurso para la compra de materiales, mientras tanto ha resultado una limitante para algunas escuelas el incluir la robótica por los altos costos de los materiales. Una alternativa de solución es que se utilice material de reciclaje, como lo hiciera Higuera (2015) en Colombia, quien investigó acerca de la creatividad, utilizando la robótica pedagógica como mediación para el aprendizaje.

Es importante diferenciar la robótica pedagógica de la robótica industrial, ya que en la segunda lo que se prioriza es el producto final, mientras que dentro de la RP la clave está en el proceso de desarrollo del robot. García y Castrillejo (s.f.) describen su concepción de la robótica en la escuela del tercer mundo como una forma diferente de aprender a aprender, asimismo, enmarcan las siguientes cuatro prácticas vinculadas con el proceso creativo en general (Tabla 1) y que consideran fundamental para el aprendizaje. Estas prácticas secuenciales también se adaptan al proceso de planeación dentro de la RP.

Tabla 1.

Pasos del proceso creativo. Basado en García y Castrillejo (s.f.).

1. Imaginar	2. Diseñar	3. Construir	4. Programar
Imaginan los dispositivos que podrían resolver problemas concretos o la tarea a realizar haciendo un consenso en equipo.	Realizan una vinculación entre lo que imaginaron previamente y el mundo físico, lo cual implica una reestructuración constante entre lo imaginario y lo concreto, esto implica además de investigar sobre la viabilidad del proyecto, recurrir a los conocimientos previos.	Conjugar a través del armado los saberes teóricos con las habilidades manuales.	Desarrollar el pensamiento lógico, la capacidad de autopercepción y el análisis espacial por medio de la programación a través de la computadora, de los mecanismos que se construyeron.

Es importante que el estudiante se habitúe a planear antes de tomar una decisión. Esto ayuda al estudiante a estructurar su pensamiento y, poco a poco la planeación se manifestará de una manera cada vez más sencilla, natural y sistemática. Un recurso efectivo para planear es tener evidencias gráficas, porque constituyen prueba del avance en cuanto a la comprensión de los conceptos y apoyo para futuras tareas. García (2015) en la Figura 1 muestra un ejemplo de una planeación que docentes y estudiantes de profesorado en el Centro Regional de Profesores del Norte elaboraron, para el armado de un robot sellador, definiendo para qué serviría, cómo funcionaría, qué elementos requeriría (fase mecánica) y en el costado derecho se muestra la idea final del proyecto, ya con un componente informatizado.

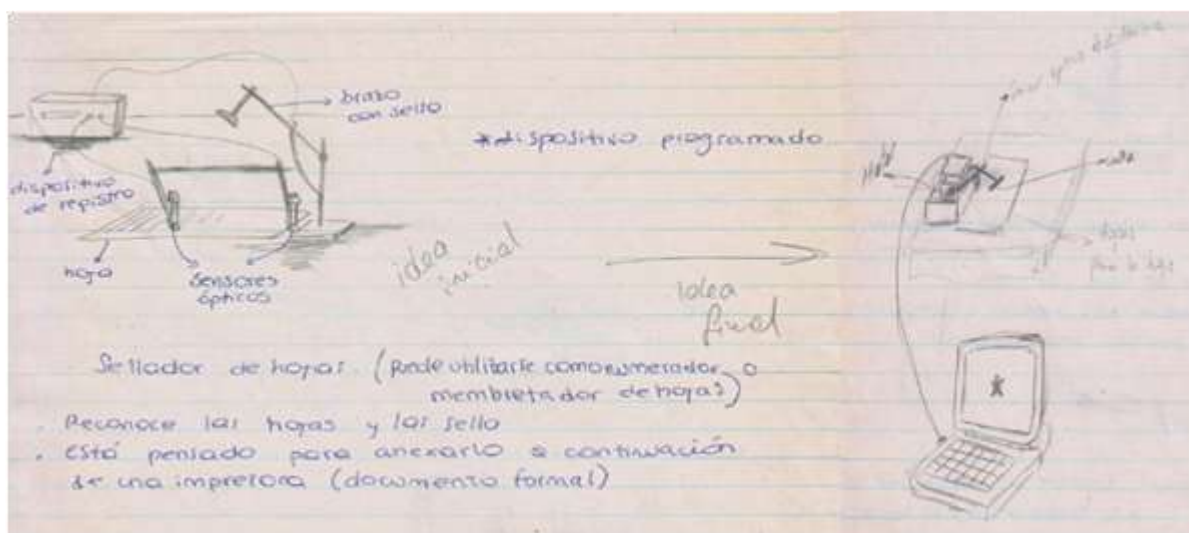


Figura 1. Diseño de un robot "sellador" en jornadas de CERP Rivera (García, 2015).

Este es un ejemplo del uso de la planeación gráfica como estrategia dentro de la RP; sin embargo, dentro de la revisión de investigaciones no se encontraron estudios que analicen la planeación o su evolución al participar en un entrenamiento con RP. La gran mayoría de los estudios se enfoca en utilizarla como herramienta para facilitar y motivar el aprendizaje en ciertas asignaturas de ciencias, así como para llevar ambientes de aprendizaje innovadores a comunidades rurales. Se encontró también, que en su mayoría están enfocados a describir estos fenómenos y probar la eficacia de sus talleres.

Por las características propias de la disciplina, diversas investigaciones que se analizarán en este proyecto aseguran que la RP apoya al proceso de aprendizaje e incluso a algunos elementos metacognitivos; sin embargo, no reportan explícitamente resultados concretos que apoyen esas teorías, además de ser pocos los estudios donde se aplican instrumentos estandarizados o donde se utilice un diseño experimental. Por ello se considera que para comprender la interacción de una herramienta pedagógica innovadora, con un proceso cognitivo tan importante como es la planeación, se requiere de una investigación más amplia y con diversas herramientas que brinden mayor riqueza de información. Aunado a lo anterior, las investigaciones sobre RP dentro de la psicología son escasas, por lo que se pretende que este estudio aporte en distintos niveles:

- © A nivel disciplinario: Este estudio pretende ser una propuesta que aporte al acervo de conocimientos, que sustentan cómo se pueden mejorar las Funciones Ejecutivas mediante entrenamientos con RP.

- ◎ A nivel educativo: Promoviendo el aprendizaje significativo a través de una herramienta pedagógica innovadora como es la robótica pedagógica y en el caso de este proyecto utilizando materiales *K'nex*, pero exhortando a que esta práctica se haga con materiales a los que se tenga acceso.
- ◎ A nivel social: Con esta metodología no sólo se pretende transmitir información, se le da una atención integral al alumnado, formando jóvenes que se enfrenten a la realidad, comunicándose de forma asertiva y aprendiendo a planear tanto individualmente como en colaboración.
- ◎ A nivel personal: Al participar del entrenamiento en robótica, los estudiantes vivirán una experiencia de un aprendizaje significativo en un ambiente diferente, por lo tanto, se espera mejorar la eficiencia en la forma de planear sus acciones y que sean capaces de trasladar los conocimientos adquiridos, a la toma de decisiones cotidianas.

Capítulo 1. Robótica Pedagógica

Partiendo de una base pedagógica constructivista, la robótica ha podido consolidarse como una herramienta innovadora que desarrolla no sólo aspectos tecnológicos, pues su función principal no se basa únicamente en los elementos técnicos, sino en preparar a los alumnos para responder a las demandas de la actualidad, con una formación integral. Esta disciplina pretende influir en el desarrollo de la autoconfianza, liderazgo, valores, análisis de datos, comunicación eficaz, creatividad, trabajo en equipo y solución de problemas, entre otras, que sobre la práctica irán surgiendo con naturalidad en un ambiente de aprendizaje atractivo y con mayor flexibilidad que el tradicional.

La robótica pedagógica parte de un principio propuesto por Jean Piaget (Ruíz-Velasco, 2007): para que se genere un aprendizaje, es necesaria la intervención del estudiante en la construcción del objeto de conocimiento, es decir, es el sujeto quien construye su propio conocimiento con el apoyo de materiales que propician estas condiciones (Papert, 1995).

Desde la teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas de Vigotsky (Bermejo-Sánchez, 2003 citado por Barrera, 2015), la robótica puede entenderse como un medio de acción por su carácter activo, participativo y cooperativo, en él se pasa de un punto de desarrollo cognitivo real a un punto de desarrollo potencial, por la interacción que se presenta tanto con sus compañeros, como con el profesor, y por consiguiente, superar sus zonas de desarrollo próximo.

Esta herramienta educativa cumple su función cuando se concibe como un medio para promover el aprendizaje y no como un fin en sí mismo, ya que lo que se busca no es convertir en expertos en robótica a los estudiantes, sino a través de ella, desarrollar diferentes actitudes, habilidades, capacidades y ofrecer la posibilidad de ampliar el repertorio de estrategias de aprendizaje. Para cumplir con estos propósitos, Ruíz-Velasco (1996) considera que el diseño y la construcción en este tipo de robótica se erige por etapas pedagógicas (Tabla 2), cada una con caracterizada por los conocimientos básicos que deberán adquirir los estudiantes para pasar a la siguiente etapa.

Estas fases o etapas sirven como referencia para que los estudiantes conozcan y se involucren con los mecanismos básicos que requiere cualquier robot, además de mostrarle cómo se complementan para poder construir un prototipo cada vez más elaborado, sofisticado y automatizado.

Tabla 2.

Etapas pedagógicas de la robótica. (Ruíz-Velasco, 1996).

Etapas de la RP	Fase 1 Mecánica	Fase 2 Eléctrica	Fase 3 Electrónica	Fase 4 Informática
Conocimientos básicos	Máquinas simples: palanca, polea, plano inclinado, ejes y ruedas, además de los conceptos relacionados con ellas: movilidad tracción, fricción, Ventaja Mecánica, etc.	Funcionamiento y fuente de energía: circuitos, motores de corriente continua, motores de corriente alterna, de paso, hidráulicos, etc.	La interacción de las máquinas con el entorno: sensores (analógicos, digitales, táctiles, etc.), luces, sonidos y acciones, por ejemplo.	La programación a través de interfaces que permitan el movimiento del robot a distancia.

Por otra parte, la implementación de la RP aporta elementos al mejoramiento de la calidad educativa, amplía los estilos de aprendizaje propios y, en algunos casos, es un aliciente para la proyección profesional de los estudiantes (Corchuelo, 2015). En términos vocacionales, el incursionar en la robótica podría ser un estímulo para que más estudiantes se interesen por carreras universitarias dirigidas al desarrollo de tecnología.

La literatura revisada y que más adelante se detalla, organiza en cuatro grandes áreas las habilidades y actitudes que desarrolla la RP: la psicológica, la cognitiva, la socioemocional y la tecnológica; los estudios que serán analizados en el siguiente apartado, en algún momento mencionan sus intenciones de investigar algún aspecto de alguna de estas áreas.

Barrera (2015) en su estudio cualitativo de participación activa sobre el uso de la robótica pedagógica como estrategia didáctica en el aula, realizó la categorización de la información y las unidades de sentido (deductivas e inductivas) y que a su vez coinciden con lo que se acaba de mencionar. El autor rescató tres grandes categorías con sus respectivas sub-categorías (unidades de sentido) para analizar las entrevistas y observaciones de su investigación: Psicológica (actitud, emoción y motivación), Intelectual (interpretar, argumentar y proponer), Sociológica (inclusión y

cooperación). Por su parte, aunque no las separa en categorías, Ruíz-Velasco (1998) también alude estas manifestaciones, nombrándolas "bondades cognoscitivas" que aporta la RP:

- ⊙ Integración de distintas áreas del conocimiento como informática, ciencias, ingenierías, física, programación, mecatrónica, entre otras.
- ⊙ Operación de objetos manipulables, favoreciendo el paso de lo concreto a lo abstracto.
- ⊙ Apropiación de distintos lenguajes (gráfico, icónico, matemático, natural...).
- ⊙ Operación y control de distintas variables de manera síncrona.
- ⊙ Desarrollo de pensamiento sistémico y sistemático.
- ⊙ Construcción y prueba de sus propias estrategias de adquisición del conocimiento.
- ⊙ Creación de entornos de aprendizaje.
- ⊙ Aprendizaje del proceso científico, representación y modelización matemática.
- ⊙ Creación de un ambiente de aprendizaje lúdico y heurístico.
- ⊙ Desde la perspectiva psicológica, además, se destaca la simultaneidad de la representación gráfica del fenómeno y la ocurrencia del fenómeno mismo, en tiempo real.

En este estudio se pone especial atención en el sexto punto, y se aborda partiendo de la psicología cognitiva y su concepto de *metacognición*, es decir, la capacidad del alumno para tomar conciencia sobre su propio aprendizaje y las dificultades que tienen en el proceso (Villalobos, Gallardo & Torres, 2010) con la finalidad de que posteriormente pueda controlarlo (autorregulación). Desde el ámbito educativo se puede afirmar que el hecho de que el estudiante tenga una comprensión metacognitiva y de autorregulación permitirá, según Villalobos, Gallardo y Torres (2010) lograr la competencia: *Aprende de manera autónoma*.

El objetivo primordial es formar a los profesionistas del mañana para que actúen de forma eficiente y eficaz, esto es, tener "flexibilidad cognoscitiva, pensamiento complejo cimentado en la reflexión, el juicio y el criterio propio, donde se espera que el conocimiento sea utilizado para tomar decisiones lo cual implica analizar, interpretar o realizar deducciones" (Eraut, 1994, citado por De la Cruz & Abreu, 2014, p. 3). Al respecto, Klink, Boon y Schlusmans (2007, citados por De la Cruz & Abreu, 2014) señalan que el trabajador del conocimiento es aquella persona capaz de autogestionarse, anticiparse y aprender, que tiene la capacidad y la motivación para mejorar y renovarse, en pocas palabras, sabe autorregularse: tiene el conocimiento, sabe cómo administrarlo y cómo aplicarlo.

A propósito del desarrollo de habilidades y su aplicación, Perkins (2006, citado por Acuña, 2009 p. 20) señala que "para que las habilidades se conviertan en parte de la conducta cotidiana deben cultivarse en un medio que las valore y apoye, de lo contrario, las habilidades de pensamiento de los

alumnos, tenderán a desaparecer en una cultura escolar que no estimule el pensamiento". A su vez, Cole (1999) menciona que "los artefactos y la acción humana individual mediada por artefactos son sólo un punto de partida para desarrollar las herramientas conceptuales necesarias". En términos de la RP esto implicaría que la conjunción de herramientas (materiales), acompañamiento (profesor), un ambiente de aprendizaje propicio y la motivación del alumno, es lo que facilitará que la RP participe como objeto mediador para el aprendizaje.

Continuando con esta idea, Moreno et al. (2012) sugieren que la RP se puede concebir como "objeto, medio y/o apoyo del mismo aprendizaje"; así, no sólo los alumnos se ven beneficiados de esta herramienta, sino también los profesores. Pero no sólo en el acierto se encuentra el aprendizaje, otra de las características distintivas que salta al momento de analizar la práctica de la robótica es la concepción del error, el cual permite al estudiante, según argumentan García (2015), Acuña (2009) y Márquez y Ruiz (2014), asimilar que cometer errores está bien porque esa situación se puede tomar como base y disparador de procesos de aprendizaje. De esta manera, su pensamiento está siendo favorecido con nuevas estrategias, a la vez que practica la tolerancia a la frustración en el aspecto socioemocional; una prueba más de que la RP no sólo apoya el aprendizaje académico sino una formación integral.

Estudios previos

Múltiples estudios han dado cuenta de las habilidades desarrolladas por la RP, en su mayoría reiterando lo que Márquez y Ruiz (2014) explican acerca de la importancia de la robótica pedagógica por cuanto acontece en el pensamiento del alumno:

El proceso de enseñanza-aprendizaje presente en el curso de robótica, se fortalece no sólo mediante la corriente constructivista implícita en el mismo, sino también, a través de la tecnología, que en este caso se toma literalmente como un juego, donde el alumno se apropia del conocimiento, cambiando su paradigma epistemológico de ver la ciencia y el entorno que le rodea, todo ello motivado por la imaginación, la inventiva y la creatividad, que convergen al método científico (p. 8).

En una de las investigaciones de enGauge® (2003, citado por Acuña, 2009) se propone que las habilidades necesarias para desarrollar y preparar exitosamente a los alumnos para la vida, el aprendizaje y el trabajo en una sociedad basada en el conocimiento, se engloban en 4 grandes categorías: alta productividad, mentalidad creativa, comunicación eficaz y conocimiento de la era digital. Acuña (2009) elaboró una tabla (Tabla 3) en la que encuadra en estas categorías las habilidades que se

observan en los estudiantes de RP, mismas que se han considerado como base para la elaboración de las rúbricas analíticas utilizadas en el presente estudio.

Tabla 3.

Habilidades asociadas a la robótica educativa observadas en estudiantes. Acuña, 2009, p. 21).

Alta productividad	Comunicación eficaz	Era digital	Mentalidad creativa
Planean, organizan y alcanzan eficiente y eficazmente las metas de un proyecto o la propuesta de solución al problema detectado.	Crean, planifican y desarrollan proyectos en grupo. Trabajan juntos para resolver problemas.	Programan y controlan sus producciones usando lenguajes de programación especializados para hacer robótica.	Modifican sus actitudes, conductas y comprensiones para adaptarse a lo requerido o planeado.
Priorizan área de trabajo, diseñan y crean sus prototipos de solución o sus simulaciones.	Comparten y enseñan a otros lo que saben, ayudan a resolver problemas que otros compañeros enfrentan.	Usan gran variedad de herramientas y recursos para crear sus producciones: escalas, seguetas, catines, lenguajes de programación y creación de WEBS.	Administran el tiempo, los recursos y los esfuerzos. Evalúan la calidad de sus productos.
Anticipan contingencias y critican sus producciones.	Están dispuestos a asumir diferentes roles en los grupos de trabajo, a fin de conseguir las metas.	Usan e identifican las máquinas compuestas y sus efectos en la transmitir el movimiento.	Están deseosos de conocer e indagar. Están dispuestos a cometer errores.
Valoran los resultados para dirigir o alinear las facetas del proyecto.	Muestran respeto, tolerancia y confianza entre ellos y con sus maestros.	Identifican y aprovechan distintas fuentes de información. Textos, personas, videos, sonidos.	Planean, piensan y toman en cuenta los planes que se han propuesto.
Usan recurso tecnológicos para hacer robótica, textos, fotos y video para agregar valor a sus productos.	Comparten sus conocimientos y recursos con otros miembros del grupo.	Evalúan el procesos y los productos de sus actividades.	Emprenden soluciones a situaciones que no resultan obvias.
Entienden y pueden valorar y criticar la utilidad de los productos creados.	Diseñan y rediseñan soluciones.	Aplican los principios del diseño tecnológico en sus productos.	Consideran hipótesis, hacen inferencias, y evalúan y mejoran sus producciones.

Al contemplar las competencias que la robótica promueve en los niños y jóvenes, algunos países han implementado programas gubernamentales con el objetivo de impartir cursos de robótica pedagógica en distintos niveles de educación pública. En Uruguay entre el 2007 y el 2009, a través del Plan Ceibal, se dotaron computadoras para cada alumno y docente en escuelas públicas de primaria. Este programa se extendió a la educación media en 2010 y terminó en el 2014; este equipamiento, aunado a las capacidades técnicas y la disminución de los precios para los desarrollos tecnológicos, propició el desarrollo de la RP en la educación pública en aquel país. Asimismo, a partir del 2011 mediante el proyecto denominado "Robótica Aplicada a la Enseñanza Secundaria" y el proyecto Butiá, se distribuyeron kits de bajo costo y en formato de hardware libre en diversos centros educativos (García, 2015), lo que permitió dar un salto en las prácticas de RP en todos niveles de educación pública.

A pesar de no tener la última tecnología en RP, en Latinoamérica se han realizado diversos estudios tanto en ámbitos escolarizados como no escolarizados, en zonas rurales y urbanas, con niños, adolescentes y adultos, obteniendo resultados que muestran cómo la población se está beneficiando de esta herramienta y cuáles son sus propuestas para futuros estudios. A continuación se presenta una revisión de los investigaciones que se consideraron relevantes por sus aportaciones a este estudio, además de mencionar la descripción general del estudio, se destacó el país donde fue realizada para poder ofrecer un poco más de contexto y poder vislumbrar la similitud con el propio.

Con el objetivo de fomentar la solución colaborativa de problemas en los estudiantes de grado octavo utilizando robótica educativa LEGO, González (2016) realizó un estudio de corte cualitativo en el que utilizó como herramientas unas rúbricas de observación, grabaciones de audio y registros de video para construir un diario de observación además de que aplicó una encuesta que después analizó con QDA Miner Lite V 1.4.5. Las conclusiones a las que llegó es que los jóvenes perciben la solución colaborativa de problemas como un vehículo de progreso que permite lograr mejores soluciones en menor tiempo, además de que permite generar vínculos grupales a nivel de ideas y de cooperación. Logró captar que el ambiente de aprendizaje que se generó estando en equipo y utilizando material de robótica, contribuyó a la motivación y persistencia en la finalización de las tareas, debido a que los estudiantes asociaron la robótica con adelantos tecnológicos que facilitan la vida del hombre, además, les dio una nueva perspectiva sobre las diferentes formas de resolver los problemas, para no sólo quedarse con las convencionales. Los jóvenes comprendieron también el alcance de la comunicación y que ésta es una estrategia para generar acuerdos, resaltando la importancia del trabajo en equipo y las habilidades sociales que promueve el uso de la robótica.

Márquez y Ruíz (2014) realizaron un estudio en Colombia impartiendo un curso de robótica básica a jóvenes estudiantes de secundaria entre 12 y 14 años de edad, el cual se llevó a cabo de manera presencial con apoyo de información virtual a través de la plataforma "Moodle", con un periodo de duración de dos y tres horas una vez por semana, durante dos meses y se lograron construir seis robots análogos de la categoría "robots autónomos seguidores de línea". Esta investigación tenía como objetivo medir el aprendizaje adquirido, así como el nivel de satisfacción del curso. Estos rubros fueron evaluados en formato de encuesta a través de la plataforma y los resultados arrojaron que, en su mayoría, los alumnos evaluaron el aprendizaje que adquirieron como "excelente", que el curso cubrió sus expectativas, que les gustaría compartir este conocimiento con sus compañeros y que estarían interesados en acudir a otra convocatoria para continuar con el curso de robótica.

En Panamá, Moreno et al. (2012) realizaron un estudio con el objetivo de demostrar cómo la robótica aplicada a la educación, facilita y motiva la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y la tecnología. Capacitaron a profesores y alumnos mediante un curso de 4 horas, un día por semana durante 12 semanas, en seis colegios de la Provincia de Chiriquí, dos de ellos de escuelas rurales y cuatro urbanas. Se formaron tres grupos, dos de estudiantes y uno de profesores. En cada equipo había un programador, un ingeniero y un periodista, roles que se rotaban en cada sesión para reforzar fortalezas y superar debilidades. Como material de bajo costo utilizaron seis kits de Mindstorms NXT de Lego (Lego Education) para construir los robots y seis computadoras para controlarlos. Al final del curso se llevó a cabo una evaluación mediante una encuesta según la escala Re-NXT a manera de autoevaluación tanto para alumnos como para profesores, y en ambos casos los resultados indicaron que se logró en los docentes un incremento en el conocimiento lógico-matemático y espacial, una mayor seguridad en su inteligencia emocional, interpersonal e intrapersonal, así como una notable mejoría en la gestión de la información y el conocimiento, e inteligencia lingüística. También figuró un incremento en la seguridad de hablar en público y un mayor grado de autoconfianza. Un aspecto relevante fue que el aprovechamiento de los estudiantes de zonas rurales fue más significativo que los de zonas urbanas.

En el marco de utilización de la robótica como herramienta metacognitiva, La Paglia, Rizzo y La Barbera (2011) llevaron a cabo en Italia un curso de diez sesiones de dos horas por semana con 30 participantes de entre 10 y 12 años de edad, y tenían como objetivo mejorar la actitud de los alumnos hacia las matemáticas, las actitudes hacia sí mismos y su propio aprendizaje, además de incrementar el nivel de sus componentes de control (predecir, planear, monitorear y evaluar). Con sus resultados pudieron concluir que con la robótica se puede desarrollar la conciencia de los estudiantes y sus habilidades metacognitivas, además de que los kits de robótica podrían ser utilizados como herramientas

de rehabilitación para mejorar la solución de problemas, la planeación y las capacidades de control, ser utilizadas como apoyo en la motivación, incluso en personas con alguna discapacidad.

En una investigación de corte cualitativo en que se utilizaron registros de observación, escalas de estimación y listas de cotejo, Peña (2007) llevó a cabo un estudio en Venezuela una población de 28 alumnos con edades entre los 8 y los 10 años que cursaban el 4to. grado, para describir los rasgos que caracterizan el aprendizaje construido por estos alumnos que participaron en el desarrollo de un programa centrado en la Robótica Pedagógica, utilizando como material el Lego Dacta, Robolab (software) y Robotix. Algunos de los resultados que consiguió fueron: lograr que los educandos construyeran un aprendizaje significativo, incrementar el desarrollo de las estrategias de aprendizaje, provocar al educando para crear nuevas estrategias cognoscitivas para desarrollar un pensamiento lógico y alcanzar mejores formas de comunicación.

Por su parte, Pinto, Barrera y Pérez (2010) realizaron jornadas de socialización y motivación en estudiantes de preescolar y primaria, a partir de la construcción de un robot Lego Mindstorms NXT *Hardware Developer Kit* y Amibot. Este estudio, realizado en la comunidad educativa del departamento de Boyacá en Colombia, que buscaba además, afianzar las funciones cognitivas superiores, aumentar su creatividad y capacidad de concentración, desarrollar habilidades sensoriales y motrices, así como aumentar su grado de motivación hacia los procesos educativos. Consideraron sus resultados satisfactorios de acuerdo a lo que pretendían, no obstante, reconocieron la necesidad de fortalecer el estado del arte de la robótica con referentes teóricos (relacionados con los diferentes modelos cognitivos y teorías del aprendizaje) para construir propuestas metodológicas que aporten a la sociedad contemporánea.

Ya se ha mencionado que uno de los propósitos de la RP es adquirir las habilidades que se requieren para hacer frente a las necesidades de la actualidad, además se observa cómo no sólo se adquieren habilidades tecnológicas y cognitivas, sino también se desarrollan habilidades socio-emocionales y esto se debe principalmente a la interacción con los integrantes de su equipo de trabajo.

Cabe mencionar que, si bien la robótica no hace explícito este aspecto, existen investigaciones para conocer si mediante la práctica de la RP se puede fomentar el trabajo colaborativo para la resolución de problemas, un ejemplo es el estudio realizado por González (2016), en el cual participaron 20 alumnos de octavo grado de la especialidad de Electricidad y Electrónica, sus edades oscilaban entre los 14 y 16 años. Este estudio cualitativo en el que utilizaron rúbricas de observación, grabaciones de audio y video para construir un diario de observación, se analizaron las interacciones verbales

para comprender si a través de un ambiente de aprendizaje mediado por una herramienta robótica de LEGO, se podía fomentar la solución colaborativa de problemas.

Los resultados encontrados a través del discurso de los jóvenes, giraron entorno a que estos perciben la solución colaborativa de problemas como un vehículo de progreso que permite lograr mejores soluciones en menor tiempo; asimismo, este ambiente de aprendizaje contribuyó a la motivación y persistencia en la finalización de las tareas. Otro resultado positivo fue que se percibió apertura hacia posibilidades diferentes de solución a las normales, además, los jóvenes comprendieron el alcance de la comunicación y comprendieron que es una estrategia para generar acuerdos. En cuanto a la programación, encontraron en ella un factor de motivación cuando las cosas funcionan bien y un factor de aprendizaje cuando se cometen errores.

En Costa Rica, Castro y Acuña (2012) llevaron a cabo una propuesta didáctica para niños, niñas y adolescentes en situación de pobreza y riesgo social, implementando un curso de robótica en el que los asistentes diseñaran, construyeran y programaran sus propios robots, utilizando bloques y operadores mecánicos LEGO y el software Robolab 2.9 para la programación. Los asistentes acudían a alguno de los 3 centros comunitarios donde se llevó a cabo el mismo taller de robótica y fueron evaluados (por un instructor y un funcionario de la Fundación que tuvo la iniciativa del proyecto) en cada sesión con una rúbrica analítica que incluyó los siguientes ejes: construcción, programación, trabajo en equipo, proyecto grupal y exposición del trabajo. Uno de los resultados importantes a considerar para el presente estudio, fue que estas investigadoras encontraron que a sus participantes no les resultó natural el proceso de planificación, su actuar se basaba en ensayo y error, lo que no les permitía anticipar los problemas que podrían encontrar; cabe señalar también que aunque lograban generar alternativas para la solución del problema que se les presentaba, no siempre lograban alcanzar la solución más adecuada.

Los estudios descritos hasta ahora tuvieron resultados favorables, sin embargo, hay estudios como el de Hussain, Lindh y Shukur (2006) que buscaban estudiar los efectos pedagógicos de una intervención con materiales de LEGO Dacta en algunas zonas de Suecia, para replicar un modelo piloto elaborado por Iturrizaga (2000, citado por Hussain, Lindh & Shukur, 2006) surgido en Perú, que no tuvo los resultados esperados. Mientras que en Perú los alumnos que participaron en el estudio incrementaron sus porcentajes en pruebas de matemáticas, tecnología, español y coordinación mano-ojo, en Suecia sólo dentro de los grupos de quinto grado hubo incremento en el puntaje de matemáticas, sin embargo, en las demás pruebas no obtuvieron diferencias significativas, ni intragrupal ni intergrupales. Lo anterior pudo deberse a la diferencia del contexto entre los países o quizá también, mencionan los autores, la influencia que tuvieron los profesores titulares con el manejo del

material, ya que aunque fueron capacitados previamente y se estableció una cantidad de horas semanales y mensuales que debían cubrir utilizando el material, no había un programa estandarizado con el cual trabajar, por lo que quedó a criterio del profesor tanto las actividades como el nivel de complejidad de su uso.

Si bien la RP ha sido utilizada por diversas instituciones académicas, la mayoría de las veces el propósito ha sido apoyar áreas específicas del conocimiento y desarrollar habilidades académicas; además, son pocos los estudios cuantitativos que se han realizado para demostrar de qué forma la RP tiene efectos sobre las Funciones Ejecutivas (FE). Uno de los estudios más recientes y relevantes en este tema es el de Di Lieto et al. (2017), en el que realizaron 3 mediciones (línea base, pre y post) con una batería donde evaluaron inhibición, memoria de trabajo y flexibilidad mental a 12 niños de preescolar con edades entre los 5 y 6 años. Realizaron un entrenamiento intensivo de robótica durante 13 sesiones de 75 minutos cada una (6 semanas), utilizando un robot Bee-bot® con forma de abeja con botones en la parte superior que sirven para programar su navegación a través de un tapete que simula una ciudad. La hipótesis de este estudio fue que mediante este entrenamiento los niños mejorarían su eficiencia en las FE mencionadas, la cual fue apoyada por los datos al encontrar diferencias significativas en la mayoría de las pruebas aplicadas. Los autores consideran que esta propuesta es prometedora, no sólo por la mínima cantidad de estudios que existen en la literatura de la RP como potenciador de las FE, sino porque el hecho de que la programación que requiere el robot para la navegación, la anticipación mental de la acción, la selección del comando apropiado y la constante actualización [monitorización] de la programación para lograr el objetivo, son "elementos fundamentales en la preparación escolar temprana y logros de hitos cognitivos" (p. 16).

Sin duda los estudios anteriores sustentan los postulados sobre las habilidades que promueve la RP, ya que aun utilizando distintas metodologías, los resultados son consistentes y coinciden en que sin importar si se lleva a cabo en un área rural o urbana, ya sea en la niñez o en la adolescencia, en su mayoría, los resultados serán positivos en mayor o en menor medida. Algo que también es importante señalar sobre estas investigaciones analizadas es que el común denominador es el tipo de material que utilizan, todos LEGO en sus diferentes programas o versiones, además de que casi todos se ubican en la última etapa pedagógica de la robótica, la programación. Esto es digno de puntualizarse debido a que la presente investigación, además de encontrarse en una etapa pedagógica diferente, el material que ha sido utilizado, a pesar de que también es comercial y distribuido en muchos países del mundo, hasta el momento no ha aparecido en estudios similares.

Capítulo 2. La planeación desde la Psicología Cognitiva

En la adolescencia comienza una fase de independencia cada vez mayor, donde se van tomando una mayor cantidad de decisiones y, a su vez, estas son más relevantes para el futuro. Debido a ello, se espera que la gestión de la planeación vaya evolucionando para que la estrategia se vaya construyendo y realizar planes cada vez a más largo plazo (Boyer, Geurts & Van der Oord, 2014). Incluso también los problemas se van tornando más difíciles y es importante saber cómo afrontarles con estrategias que optimicen recursos.

Todo proceso cognitivo puede ser abordado desde distintas teorías de la psicología, y dado que algunas son fundamentalmente diferentes e incluso llegan a ser contradictorias, resulta necesario especificar que en el presente estudio todos los conceptos relacionados con la planeación, como la metacognición y la autorregulación, se enfocarán desde la mirada de la Psicología Cognitiva, más específicamente desde el paradigma del Procesamiento de la Información.

La psicología cognitiva es entendida como un conjunto de perspectivas que estudian el comportamiento humano y que centra su atención en los aspectos mentales, es decir, los no observables, que median el estímulo y la respuesta (Villar, 2001). En este apartado no se describirá el desarrollo cognitivo en un sentido amplio, sino retomando sólo algunos de los aportes más significativos de dos enfoques de la psicología cognitiva: el procesamiento de la información y las representaciones.

Durante la crisis del conductismo en los años 50 con el surgimiento de otros enfoques que sostenían que no sólo era necesario estudiar el comportamiento del ser humano, sino que había que analizar lo que daba origen a ese comportamiento, aparecen líneas de investigación ligadas a la informática y la computación, como la máquina de Turing por ejemplo, los avances de la cibernética con Wiener y la teoría de la información donde destaca Shannon. Las aportaciones de esta novedosa perspectiva dieron lugar a revisar más a fondo el procesamiento de la información en la mente humana. Es aquí donde emergen dos de los conceptos donde se cimienta la psicología cognitiva: representación y procesamiento.

A través del entorno se recibe información a cada momento, esta información se representa internamente y puede ser manipulada para transformarse en información que va más allá de la que se recibió, es decir, le damos un sentido y un significado a lo que percibimos. Mandler (1998) define la representación como "información almacenada por un sistema mental y dispuesta a ser utilizada por este sistema", mientras que Dienes y Perner (1999) adoptan un sentido no sólo de ese almacena-

miento de la información, ya que señalan que para ellos el conocimiento es tener una actitud proposicional consciente respecto a la representación, es decir, con la incorporación de un aprendizaje se ponen en marcha estrategias cognitivas para representar lo aprendido, ya sea en códigos o formatos de representación mental, que permita ser recuperado de manera eficiente cuando la persona lo requiera.

Las representaciones también tienen la cualidad de estructurarse por niveles de abstracción y organización; habrá algunas que se queden en un nivel pequeño y elemental, como las ligadas a las entradas perceptivas, hasta las que requieren un alto nivel de elaboración. Estas estructuras en las que se almacenan las representaciones se denominan estructuras de conocimiento y dos de sus elementos principales son los conceptos y el esquema. Los conceptos son "estructuras representacionales complejas que nos permiten clasificar (y gracias a ello comprender) parcelas de la realidad que tienen cierto grado de similitud o pautas de correlación" (Villar, 2001, p. 318). El esquema se refiere a una "estructura de datos, una estructura de información residente en nuestra memoria que nos permite comprender ciertos eventos, objetos, episodios, etc. del mundo", definiciones compartidas por Villar (2001, p. 319).

Como otras teorías que tienen sus propias vertientes, la del procesamiento de la información no es la excepción y sus principales postulados a partir de Kail y Bisanz (1992) se describirán a continuación:

- ⊙ Los fenómenos cognitivos humanos son similares a los que realizan las computadoras. Estas semejanzas consisten en la transformación de la información recibida, en símbolos inteligibles para el sistema. Ambos ejecutan operaciones a partir de la interpretación de la información recibida, emitiendo respuestas a través de dispositivos destinados para cada situación.
- ⊙ Entre el estímulo y la respuesta median procesos y subprocesos en continua subdivisión, por lo que se consideraría que sólo un pequeño conjunto de procesos básicos subyacen toda la actividad cognitiva.
- ⊙ Los procesos individuales operan de manera organizada. Para elaborar una respuesta efectiva, es fundamental que se determinen los procesos necesarios, organizarlos para darles sentido y jerarquía para la resolución de la tarea, problema o situación.
- ⊙ El sistema procesador humano tiene limitaciones. La cantidad de unidades de información para atender o para procesar suele ser limitada, por lo que si el problema requiere una manipulación de información superior a la que se puede procesar simultáneamente, la complicación es mayor, por lo que disminuye la probabilidad de eficiencia y la eficacia en la tarea.

Antes de comenzar a detallar algunos de los constructos más importantes de este apartado, es necesario definir el conocimiento. Mayor, Suengas y González (1995, p. 13) lo definen como "el conjunto de representaciones de la realidad que tiene un sujeto, almacenadas en la memoria" para ser adquirido, manipulado y utilizado por el sistema cognitivo para procesar, transformar, combinar y construir esas representaciones del conocimiento. Jerry Fodor (1983, citado por De Vega, 1998) concibe estas representaciones mentales como la materia prima del procesamiento de información y las describe como expresiones simbólicas en el lenguaje de la mente o *mentalés*, un lenguaje universal y amodal configurado por medio de proposiciones que representen el significado abstracto de la información. Dicho de otro modo, las representaciones son el formato en el que se almacenan todos los conocimientos adquiridos.

Mayor, Suengas y González (1995) distinguieron tres tipos de conocimiento: el científico o disciplinar, el representacional y el construido; el representacional es considerado por Osses y Jaramillo (2008) un pilar de la psicología positiva, de la ciencia cognitiva y de la psicología de la instrucción; además, estas mismas autoras señalan que el conocimiento puede ser representado mediante varios sistemas: el sistema *proposicional*, el sistema *analógico*, el sistema *procedimental*, el sistema *distribuido y paralelo*, además de los *modelos mentales*.

Por ser el más afín a esta investigación, únicamente se describirá el sistema procedimental, que consiste en un conjunto de procesos cognitivos organizados para llevar a cabo una acción. Algunos autores (Newell, 1990; Brachman, Levesque & Reiter, 1992; citados por Osses & Jaramillo, 2008), consideran este sistema como el que se encuentra mayormente implicado con el conocimiento meta-cognitivo. Algunas de las características de estos procesos cognitivos son:

- ⊙ Poseen estructura jerárquica cuyo objetivo global se logra mediante el establecimiento de sub-objetivos.
- ⊙ Se ejecutan en cascada, los resultados intermedios dan paso a los posteriores.
- ⊙ La memoria activa controla datos exteriores y los procedentes de la memoria a largo plazo.
- ⊙ El criterio de ejecución es la correcta finalización de la tarea y no el término de uno de sus pasos.

Es indispensable resaltar la última característica, ya que será uno de los conceptos fundamentales que se abordarán más adelante, el tema de la eficacia. Villar (2001) agrega que este conocimiento procedimental se aprende de forma lenta y es producido a través del reforzamiento de cadenas asociativas a partir de la práctica.

Otra forma en la que ha sido clasificado el conocimiento, es en cuanto al grado de accesibilidad a la conciencia que tiene la información almacenada, algunos autores como Mandler (1998) señalan que esto tiene que ver con la forma en que la información fue procesada, es decir, la manera en que intervinieron los recursos atencionales con la conciencia (Villar, 2001). Esta categorización del conocimiento lo divide en implícito y explícito, el primero requiere muy poca atención, es poco elaborado conscientemente y se podría decir que es producto de un procesamiento automático, por lo que es de bajo consumo de esfuerzo mental y es fácilmente compatible con otros procesamiento simultáneos, por ejemplo manejar un auto e ir cantando o conversando con alguien al mismo tiempo.

Mientras que el conocimiento explícito es de fácil acceso desde la conciencia, pero requiere atención consciente y por lo tanto consume recursos cognitivos que limita el poder realizar otra tarea simultáneamente que también requiera este esfuerzo. Es importante recalcar que este tipo de conocimiento sí requiere un control consciente de sus operaciones. Desde esta diferenciación, Mandler (1998) sugiere que el conocimiento procedimental es por definición implícito, porque señala no se puede procesar conscientemente y no mejora con la práctica.

Continuando con el tema de los procedimientos automáticos y los más "pensados", Pozo (1996) y Monereo (1994) distinguen dos tipos de procedimientos: aquellos que requieren una secuencia automatizada de acciones (técnicas, destrezas, hábitos, habilidades) y aquellos que implican también una secuencia de acciones pero en este caso de manera planificada, y señalan que sólo a estas últimas se les denomina "estrategias". Por lo tanto, se le llamará estrategia (en general) sólo a las secuencias de acciones que se realicen de forma consciente, planeada y deliberada para lograr una meta; mientras que, al situarse en un panorama educativo, se les denominará estrategias de aprendizaje a los "procesos o mecanismos que ayudan a la gestión eficaz de la información dentro del sistema cognitivo" (González & Tourón, 1992, p. 388).

Desde los argumentos presentados, un experto en cualquier tema ¿qué tipo de secuencias de acciones realiza, las automatizadas o las consideradas estratégicas? Se suele llamar experto a toda aquella persona que es hábil o cuenta con la experiencia y conocimientos suficientes para dominar alguna tarea. Desde esta perspectiva, un experto realiza las tareas que domina de forma fácil e incluso hasta mecanizada o en automático, puesto que las actividades con las que se encuentra en su quehacer cotidiano no le representan un reto. Mientras tanto, a una persona novata le tomaría más tiempo pensar en las alternativas de solución para resolver una tarea o lograr la meta de una forma adecuada.

En un primer momento podría pensarse que el experto, por tener mayor conocimiento sobre el tema y dominarlo, es quien lleva a cabo una metacognición sobre su labor; no obstante, si sus actividades las realiza de forma automática y mecanizada, en realidad no está siendo ni siquiera consciente de ellas. En contraste, el novato, a quien una tarea nueva sí le representa un reto, tiene que echar mano de la metacognición: analizando la meta y las alternativas de solución, los recursos que tiene y hasta poder anticiparse a los posibles obstáculos con los que se podría encontrar y cómo los podría sortear.

Pozo (2006) destaca algunas características del conocimiento experto:

- ⊙ Posee mayor cantidad de conocimientos acerca de la tarea.
- ⊙ Su conocimiento está mejor organizado que el de un novato.
- ⊙ Su experticia es resultado de la experiencia y la práctica intensa.
- ⊙ Su maestría está limitada a dominios específicos del conocimiento.

Con lo anterior se concluye que el novato tiene que echar mano de la metacognición en los momentos en que se enfrenta a una tarea con la que no está familiarizado, es decir, antes de comenzar a intentar resolverla, una vez que logra encontrar la estrategia apropiada para dominarla y se apropia de ella a través de estrategias cognitivas y/o metacognitivas, y de la práctica, se convierte en experto de esa tarea y está listo (con nuevas y mejores herramientas) para enfrentarse a tareas diferentes a ésta, o con mayor grado de dificultad. Por lo que, no es que sólo el novato utilice estrategias metacognitivas para realizar una tarea y el experto no, es que antes de ser experto tuvo que utilizar diversas estrategias para poder hacer de su dominio el problema, para de esta forma obtener maestría y en un futuro optimizar recursos cuando muestre su experiencia en la tarea.

Se ha visto entonces que se requiere de un ejercicio metacognitivo y de práctica para poder identificar los propios recursos y saber cómo utilizarlos pero esto no se da de forma natural o espontánea. Se han propuesto mecanismos para conseguir hacer más eficiente el procesamiento de la información: por una parte, un aprendizaje autónomo de estrategias cada vez más sofisticadas y por otra, tener la guía de un experto que enseñe las estrategias básicas y que promueva que el estudiante logre mejorarlas e incluso crear unas más eficientes, más adelante se mostrará el papel del profesor en esta transmisión de habilidades.

Desde la perspectiva del procesamiento de la información, el rendimiento cognitivo se refiere a la sofisticación del tipo de estrategias que los estudiantes utilizan para operar la información (Villar, 2001). Hasta ahora se ha hablado de estrategias en general y estrategias de aprendizaje, un poco más adelante se abordarán otro tipo de estrategias aún más específicas y refinadas. Antes es nece-

sario resaltar algunos detalles de las aportaciones que ha hecho la investigación en este tema y que viene a sumar fuertemente a la psicología cognitiva:

Desde muy temprana edad (dos años) se comienzan a utilizar estrategias de comportamiento rudimentarias, por ejemplo subirse en algún objeto para alcanzar algún juguete que se encuentra en lo alto, aunque ese objeto no sea lo suficientemente alto o firme para serle funcional. Los niños poseen una gama de estrategias, unas más eficientes que otras para cada tarea, y entre ellas compiten para ser utilizadas (Siegler, 1987).

Las estrategias no siempre están en un continuo perfeccionamiento, existe una fase llamada "deficiencia de utilización" en la que las estrategias entorpecen ciertos procesos al utilizarlas de forma espontánea (Miller, 1990; Miller & Seier, 1994; Bjoklund, Miller, Coyle & Slawinski, 1997; citados por Villar, 2001), pero se considera que esta es una fase típica previa a la consolidación de la estrategia como contribuyente eficaz al rendimiento cognitivo.

El uso de estrategias no siempre es consciente, incluso la teoría de la "huella difusa" (Brainerd & Reyna, 1990, 1995) plantea que la representación de la información almacenada es una huella que captura la esencia de la información literal, para que al intentar recuperarla implique menos inversión de recursos cognitivos.

Como se ha venido exponiendo, algunos mecanismos para el procesamiento de la información requieren más recursos que otros, unos son implícitos y otros explícitos, unos conscientes y otros más automáticos; sin embargo, para que estas herramientas sean realmente efectivas es necesario saber utilizarlas y a veces las estrategias básicas no son lo suficientemente robustas para poder resolver ciertas tareas, por lo que se tiene que echar mano de otro tipo de recursos más refinados como las estrategias metacognitivas (ver Figura 2).

Estas estrategias están orientadas a "conocer las propias operaciones y procesos mentales (qué), saber utilizarlas (cómo)" y a saber modificarlas, de acuerdo con las metas propuestas (Osses, 2007, citada por Osses & Jaramillo, 2008). Éstas se utilizan para planear, supervisar y evaluar la aplicación de las estrategias cognitivas. En resumen, las estrategias cognitivas tienen como fin aumentar y mejorar los productos de la actividad cognitiva para favorecer la codificación y el almacenamiento de la información, para después recuperarla y utilizarla; las estrategias metacognitivas, por su parte, sirven para planificar, supervisar y evaluar la aplicación de las estrategias cognitivas.

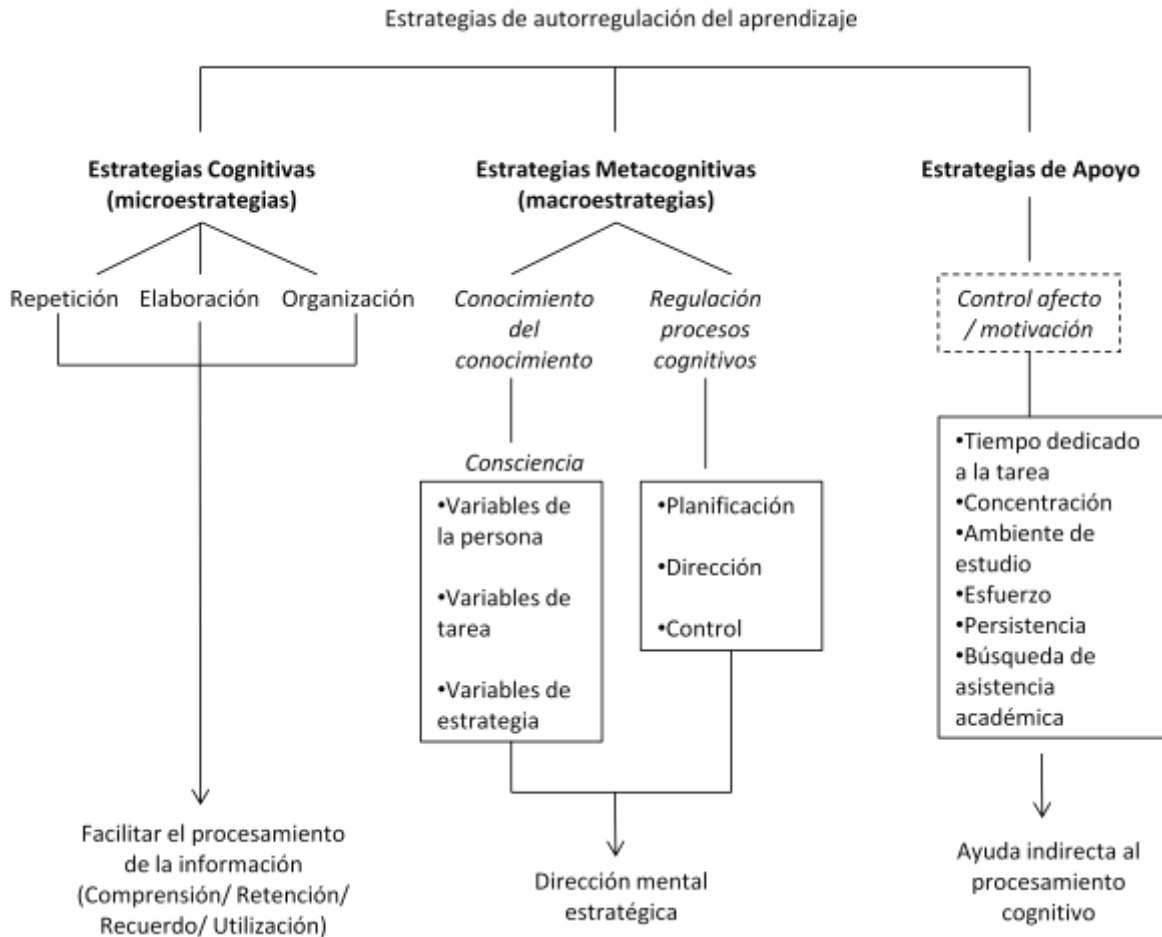


Figura 2. Estrategias de aprendizaje (González y Tour3n, 1992).

Dentro del proceso metacognitivo Flavell (1971) seala dos aspectos principales a tomar en cuenta, porque adem3s de estar relacionados con la memoria, tambi3n lo est3n con la metacognici3n: el conocimiento sobre los procesos cognitivos y la regulaci3n de los mismos. El conocimiento de los procesos cognitivos, refiri3ndose a la conciencia del propio estado actual en cuanto a recursos, los conocimientos sobre un tema, la propia actitud y la energ3a.

Por otro lado, la regulaci3n de los procesos cognitivos se refiere a un aspecto m3s procedimental, a un encadenamiento de acciones para alcanzar una meta (Mart3, 2002) en la que se involucra la regulaci3n de las actividades por parte del profesor y la progresiva autorregulaci3n del alumno, lo cual constituye una interacci3n din3mica que no puede reducirse a una explicitaci3n verbal o a un acto imperativo de los procedimientos adecuados, es decir, no es suficiente con que el profesor le indique al alumno que planee, sino que debe indicarle c3mo hacerlo si a3n no lo tiene claro.

El mismo Flavell en 1987 ha distinguido tres categorías de conocimientos metacognitivos que la persona utilizará como herramientas para llevar a cabo una tarea: los conocimientos sobre las personas, sobre las tareas y sobre las estrategias. En esta última categoría se ha puesto foco en el presente estudio, porque la idea central es analizar cómo se llega a estas estrategias que el sujeto construye para llevar a cabo una tarea de manera exitosa.

Como se puede suponer, no basta con conocer las estrategias (conocimiento metacognitivo), sino (sobre todo) saber aplicarlas en el momento apropiado; a esto se le llama control metacognitivo o aprendizaje autorregulado (Osses & Jaramillo, 2008), donde se concibe al estudiante como competente, intencional y activo, con la capacidad para iniciar y dirigir su propio proceso de aprendizaje.

Autorregulación del aprendizaje

La autorregulación se refiere a un cúmulo de procesos y habilidades dirigidas a monitorizar y modular los pensamientos, emociones y conductas para poder lograr un objetivo o adaptarse a las demandas cognitivas y sociales de situaciones específicas (Berger, Kofman, Livneh & Henik, 2007, citados por Huaire, Elgier & Maldonado, 2015). Esto sugiere que los conceptos de monitorización y control se encuentran en el núcleo del constructo de autorregulación.

Como se ha venido comentando, la autorregulación es un proceso; sin embargo, no existe unanimidad entre la cantidad, ni en los términos empleados para definir las sub-etapas de este proceso (González, 2001). En la Tabla 4 se muestra una compilación de las propuestas de varios autores.

Tabla 4.

Propuestas de distintos autores sobre las etapas de la autorregulación. Elaboración propia.

Etapas de la autorregulación	Markus y Wurf (1987)	Karoly (1993)	Ertmer & Newby (1996)	Brown (1987)
Formulación de metas	*	*	*	*
Planificación	*		*	*
Observación/Supervisión	*	*	*	*
Mantenimiento del esfuerzo		*		
Reacción	*	*		
Revisión y evaluación de resultados	*	*	*	*

Se han hecho distintas propuestas sobre los elementos que constituyen el proceso de regular los procesos cognitivos y en particular los necesarios en la resolución de problemas, que de acuerdo al convenio de distintos autores, serían: la planificación, el control en línea y la evaluación (en el capítulo de Planeación se abordarán con más detalle a qué se refiere cada uno). Algunos de los autores contemporáneos que han contribuido a la explicación de la metacognición y en particular de la autorregulación han sido Ambrose, Bridges, DiPietro, Lovett y Norman (2010), quienes sugieren que ésta se sustenta en procesos metacognitivos y puede ser presentada como un ciclo (Figura 3) que guarda mucha similitud con el proceso que se lleva a cabo en la planeación secuencial (Figura 4).

Estos procesos metacognitivos han de ser desarrollados paulatinamente y cabe señalar que la planeación secuencial se aprende de manera lenta y no se logra un completo desempeño durante la adolescencia sino hasta la juventud. Sin embargo, numerosos estudios muestran que, aunque este desarrollo se va dando de manera paralela al desarrollo neuroanatómico, si los niños y jóvenes reciben un entrenamiento especializado para mejorar la estrategia de planeación, logran un mejor desempeño en las pruebas psicológicas que miden este dominio (véase Capítulo de Planeación).

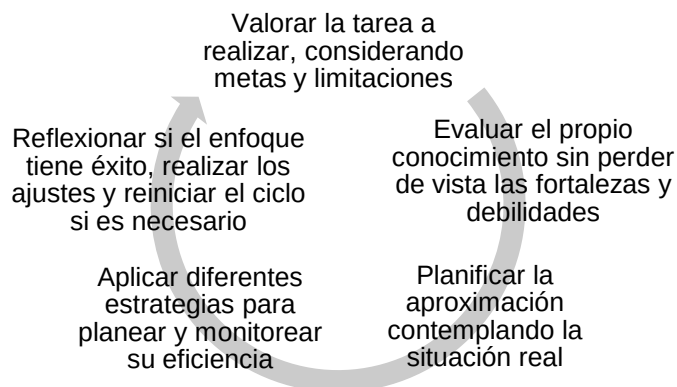


Figura 3. Procesos metacognitivos de la autorregulación. Basado en Ambrose et al. (2010).

El papel del profesor

Los profesores tienen un papel fundamental en la formación de estudiantes metacognitivos, ya que deberán ser los primeros en demostrar que conocen las estrategias, saben aplicarlas y además transmitirles a sus alumnos, por lo tanto, algunas de las acciones que deben manifestar es "adecuar sus prácticas pedagógicas en el aula, siendo conscientes de sus potencialidades y limitaciones, planificando, controlando y evaluando" sus acciones docentes (Osses & Jaramillo, 2008, p. 196); de esta

forma estarían acercándose al objetivo de "enseñar a aprender" y orientando a sus estudiantes hacia una autonomía que los conduzca a "aprender a aprender", fomentando que este aprendizaje sea transferido a su vida cotidiana.

Algunas de las ventajas que podría obtener el profesor de estudiantes metacognitivos son:

- ⊙ Sus alumnos comprenderían más rápido y más fácilmente los conceptos de las clases.
- ⊙ Los alumnos conocerían sus estrategias de aprendizaje y podrían aplicarlas de forma efectiva.
- ⊙ Disminuirían la necesidad de repases porque los alumnos estarían buscando en cada ocasión tener un aprendizaje significativo.
- ⊙ Los alumnos serían más autónomos y analíticos al momento de aprender, por lo que el rol del profesor se encaminaría a ser únicamente un acompañante del proceso de aprendizaje.

Características de un estudiante eficaz

La investigación en el área de la psicología cognitiva ha identificado algunos de los rasgos que distinguen a los estudiantes que son eficaces al momento de aprender, de aquellos que tienen dificultades en el proceso. Algunas de estas características se enlistan a continuación (Osses & Jaramillo, 2008):

- ⊙ Autorregulan sus procesos mentales.
- ⊙ Saben dirigir su pensamiento hacia la meta.
- ⊙ Saben qué estrategias utilizar para mejorar la adquisición del conocimiento.
- ⊙ Saben cómo emplear esas estrategias.
- ⊙ Son participantes intencionales y activos, capaces de iniciar y dirigir su propio aprendizaje (Gaeta, Teruel & Orejudo, 2012).

Zimmerman (1990) señala que en términos metacognitivos, los estudiantes eficaces planean, establecen metas, organizan, se monitorean y autoevalúan durante el proceso de aprendizaje; en términos motivacionales, perciben la adquisición de conocimientos como algo controlable; y en términos de procesos conductuales, seleccionan estructuran y crean ambientes que optimizan el aprendizaje, se auto instruyen y se auto refuerzan.

Lamas (2008) describe al alumno eficaz por: el uso de estrategias cognitivas coordinadas entre sí como parte de un pensamiento complejo, la aplicación adecuada de dichas estrategias (conocimiento específico de dónde y cuándo utilizarlas, y tener la capacidad de pensar sobre lo que se hace

para corregir si fuera necesario); además de la coordinación entre el conocimiento de estrategias y otros tiempos de conocimiento que posee, y por último, disponer de condiciones motivacionales y afectivas, ya que las considera la base para coordinar las estrategias con el conocimiento metacognitivo y el resto del conocimiento.

Con base en las características que Pozo (2006) señala sobre el conocimiento experto, se deduce que el estudiante eficaz (a diferencia del novato o del estudiante que no es eficaz) no sólo tiene más conocimientos, sino que sabe cómo estructurarlo; además estos alumnos codifican y relacionan mejor los aprendizajes previos con los nuevos; reconocen de forma más rápida y eficiente la información relevante y procesan esta información con mayor velocidad; tienen mayor probabilidad de generar estrategias que continúen mejorando su eficiencia.

Entrenar la metacognición y la autorregulación

Uno de los principales objetivos que se ha planteado la educación en la actualidad es formar estudiantes autónomos y eficaces (Gaeta, Teruel & Orejudo 2012), que sean más conscientes de los procesos cognitivos, que sepan autorregularse para autodirigir su aprendizaje y trasladarlo a otros ámbitos de su vida, es decir, que participen activamente en construir un aprendizaje de mejor calidad que "trascienda más allá de las aulas y les permita resolver situaciones cotidianas" (Osses & Jaramillo, 2008, p. 188). Dicho de otra forma, el objetivo es ayudar a los estudiantes para que adquieran información y sepan utilizarla; esta capacidad puede ser mejorada entrenándolos en estrategias de procesamiento de información (González & Tourón, 1992).

Las intervenciones educativas que estén orientadas a promover el aprendizaje autorregulado deben favorecer la integración de aspectos como la voluntad (*will*) y la capacitación (*skill*), es decir, promover que los estudiantes tengan un autoconcepto positivo (González & Tourón, 1992) para asumirse como competentes y eficaces, y al mismo tiempo, proporcionarles un entrenamiento específico en los procesos que permiten la autorregulación del aprendizaje. Además, estos entrenamientos que promueven la alta autorregulación durante la infancia, pueden traer beneficios durante el desarrollo y tener impacto incluso en la edad adulta (Ludwing & Phillips, 2008).

Habiendo expuesto algunos de los postulados y conceptos más importantes sobre los que se construyó la presente investigación desde la parte cognitiva, se procederá a entrar de lleno a explicar el tema fundamental de este estudio, y sobre lo que se pretendió tener un impacto positivo a través del entrenamiento con robótica pedagógica.

Capítulo 3. Planeación

La planeación ha sido definida desde perspectivas diferentes y por lo tanto ha recibido distintas denominaciones, pero todas ellas derivadas de palabra "plan". Algunas de las denominaciones que se encontraron durante las búsquedas fueron: "planeación" (Dávila, Velasco & Restrepo, 2009; Flores & Ostrosky-Solís, 2008), "planeamiento" (Aciego, García & Betancort, 2016), "planificación" (Arán-Filippetti & Richaud, 2011; Gravini & Iriarte, 2008; Higuera, 2015; Matute, et al., 2008; Portella et al., 2003; Rojas, 2006; Stelzer, Andrés, Canet-Juric & Introzzi, 2016; Díaz et al., 2012), "planificar" (Cepeda, Hickman, Arroyo, Moreno & Plancarte, 2015) y en un contexto administrativo como "planificación estratégica" (Rodríguez & González, 2008). No siendo el mismo caso en inglés que únicamente se ha encontrado el término como "planning", aunque con sus especificaciones como: "cognitive planning", "planning skills", "planning behaviour" son algunos ejemplos. En la Tabla 5 se muestran algunas definiciones del concepto desde distintas vertientes.

Tabla 5.

Definiciones del concepto. Elaboración propia.

Autor	Término	Definición
Lezak, Howieson, Bigler y Tranel (2012).	Planificación	El proceso de planificación implica la posibilidad de anticipar consecuencias, generar y seleccionar alternativas, tomar decisiones y sostener la atención.
Castellaro y Roselli (2012).	Planificación	Anticipación y regulación cognitiva de las diferentes estrategias de acción realizadas para alcanzar el objetivo.
Soprano (2003).	Planificar	Capacidad de generar y organizar una secuencia de pasos necesarios para realizar una tarea a partir de una meta propuesta.
Tsukiura, Fujii y Takashi (2001).	Planeación	Capacidad para integrar, secuenciar y desarrollar pasos intermedios para lograr metas a corto, mediano o largo plazo.
Gravini e Iriarte (2008).	Planificación	La proyección de la tarea que se debe resolver para alcanzar el objetivo que permite autorregular y controlar la conducta.
Papazian, Alfonso y Luzondo (2006).	Planeamiento	Proceso mental que depende de la edad con la capacidad limitada para prever o anticipar el resultado de la respuesta a fin de solucionar un problema.

La planeación también ha sido abordada como estrategia, como capacidad (Stelzer, Andrés, Canet-Juric & Introzzi, 2016), como habilidad, como proceso cognitivo independiente y también como sub-proceso cognitivo que depende de un sistema de supervisión de la atención. Analizando estas diferencias en torno a este concepto, en esta investigación se utilizará el término "planeación", entendido como proceso y estrategia, tomando como base los estudios revisados desde las neurociencias al ser considerada por algunos autores como una de las principales funciones ejecutivas (FE).

Las FE se vinculan con las capacidades involucradas en la formulación de las metas, la planeación de las actividades necesarias para realizarlas y ejecutar conductas de manera eficaz (Navas-Collado & Muñoz-García, 2004). Soprano (2003) señala de forma más detallada, que dentro del concepto de FE se:

"Incluyen habilidades vinculadas a la capacidad de organizar y planificar una tarea, seleccionar apropiadamente los objetivos, iniciar un plan y sostenerlo en la mente mientras se ejecuta, inhibir las distracciones, cambiar las estrategias de modo flexible si el caso lo requiere, autorregular y controlar el curso de la acción para asegurarse que la meta propuesta esté en vías de lograrse" (p. 44).

La planeación como función ejecutiva, es considerada una de las más importantes ya que converge con otras redes como la flexibilidad mental, control inhibitorio, fluidez verbal, memoria de trabajo, entre otras (Welsh, Pennington y Grossier, 1991) y esta interacción es lo que se traduce en una forma para resolver problemas de una forma más eficiente y eficaz (Soprano, 2003).

Flores-Lázaro, Castillo-Preciado y Jiménez-Miramonte (2014) realizaron una revisión de la literatura sobre lo más relevante a nivel internacional que apoya la comprobación de la hipótesis que Anderson, Anderson, Northam, Jacobs & Catroppa presentaron en el 2001, la cual plantea que las FE se desarrollan de forma secuencial y curvilínea, es decir, inician con un progreso constante y acelerado durante la infancia, para después mostrar una desaceleración durante la adolescencia.

Se considera que para poder explicar el proceso de planeación y los mecanismos utilizados para llegar a ella, es necesario describir las FE que están directamente involucradas con la planeación, a un nivel de los procesos cognitivos básicos de control utilizados, por lo que se definirán brevemente de acuerdo a su aparición dentro del desarrollo etario, además, se enmarcará el periodo que le toma llegar a su máximo desempeño.

El *control inhibitorio* es la primera de las FE que se interrelaciona con la planeación, y es la única que tiene un desarrollo temprano (4 años) y se refiere a dominar las acciones automáticas, para dar tiempo de realizar un análisis y seleccionar la mejor respuesta posible, o el procedimiento más

adecuado para realizar una tarea, es decir, inhibir las respuestas inapropiadas para determinadas circunstancias (Tirapu-Ustároz & Luna-Lario, 2008). Una manera de medir esta capacidad es a través de pruebas de tipo Stroop adaptadas, en las cuales se les muestran dos estímulos y se pide que discriminen uno que no es congruente con el otro, por ejemplo, para los más pequeños se les pide que denominen objetos con colores distintos a los estereotipados (un perro color azul); para los niños que saben leer se les pide que nombren el color de la palabra en lugar de leerla (decir "verde" cuando la palabra dice "blanco" pero está escrita con tinta verde); entre los 9 y los 10 años se alcanza el máximo desempeño de esta tarea, sin embargo, en cuanto a la clasificación por analogías el desarrollo más importante se logra entre los 8 y los 14 años, debido al desarrollo simultáneo del control atencional.

En el denominado desarrollo intermedio (7 años), comienza a desarrollarse la *memoria de trabajo* que consiste en la capacidad de recuperar los conocimientos y habilidades previamente adquiridas para aplicarlas, a su vez que retiene la información nueva que se va generando y actualizando para la realización de la tarea. Algunas de las tareas que evalúan esta FE está la retención de dígitos en orden progresivo, que entre los 7 y los 13 años el incremento no es significativo, sin embargo, la retención de dígitos en orden inverso se duplica en este mismo rango de edad. La capacidad de *memoria de trabajo viso-espacial* alcanza su máximo desempeño a los 12 años, sin embargo, si esta información sólo es mantenida (no manipulada en orden secuencial), el máximo desempeño se logra desde los 9 años de edad y se mantiene sin diferencias significativas hasta los 20 años (Luciana, Conklin, Hooper & Yarger, 2005 citados por Flores-Lázaro et al., 2014).

Posteriormente aparece la *flexibilidad mental*, la cual se encuentra estrechamente ligada al control inhibitorio, ya que en ese lapso que precede a la detención de la acción y se procede al análisis, la flexibilidad mental permite la generación de alternativas de solución o mejoramiento del desempeño (Flores-Lázaro et al., 2014), haciendo posible el enfrentarse de manera eficiente a la solución de problemas, sobre todo los que se presentan de forma imprevista. Esta capacidad se desarrolla desde la infancia de manera gradual y alcanza su máximo desempeño a los 12 años aproximadamente.

Para este punto del desarrollo ya se tienen las bases para poder llevar a cabo una *planeación viso-espacial* que es utilizada para la resolución de laberintos, y tiene un desarrollo marcado y acelerado durante la infancia, alcanzando su clímax de desempeño a los 12 años (Krikorian, Bartok & Gay, 1994).

Existe una discusión en relación de la edad en la que el desarrollo de la planeación llega a su punto máximo, ya que algunos autores como Flores-Lázaro, Castillo-Preciado y Jiménez-Miramonte

(2014), Huizinga, Dolan y van der Molen (2006), Krikorian, Bartok y Gay (1994), Matute et al. (2008) y Díaz et al. (2012) coinciden en que se alcanza alrededor de los 15 años, ya que este proceso está asociado a la maduración de los lóbulos frontales, por lo que anatómicamente esa sería la edad en la que alcanzaría su punto más alto e incluso señalan Cepeda, Hickman, Arroyo, Moreno y Plancarte (2015) que adolescentes de 12 o 14 años ya presenten un desempeño en la prueba Torre de Londres equiparable al de un adulto. Los resultados de estos estudios podrían apoyar la idea de que en la adolescencia se produce un efecto meseta (o techo) en la planeación, sin embargo, esto no es concluyente debido a que, según Blanco, Burgos y Navarro (2015), no existe un acervo amplio de investigaciones empíricas sobre adolescentes y adultos en relación a la planificación cognitiva, que lleve a asegurar que en la adolescencia se produce un efecto meseta, y sugieren que una probabilidad es que se trate de una deficiencia en la sensibilidad de los instrumentos y procesos de medición utilizados, con lo que Romine y Reynolds (2005) concuerdan.

En oposición a lo comentado, otros investigadores señalan que debido a que el proceso de planeación se apoya en otras funciones ejecutivas para poder consolidarse -y a que además sirve como apoyo para la realización de funciones metacognitivas y ejecutivas como la atención o el procesamiento simultáneo o secuencial (Blanco, Burgos & Navarro, 2015)- su culmen se extiende hasta la juventud e incluso puede seguir mejorando con entrenamientos especializados (Albert & Steinberg, 2011; Di Lieto et al., 2017; Mayoral, Roca, Timoneda & Serra, 2015; Unterrainer, Rahm, Leonhart, Ruff & Halsband, 2003).

De Luca y Leventer (2010), argumentan que la planificación para la solución de problemas alcanza su máximo esplendor entre los 20 y los 29 años de edad y que entre los 30 y los 49 años inicia un declive en el que llegan a tener un desempeño similar al de adolescentes y niños. Rognoni et al. (2013) no encontraron diferencias significativas en el desempeño de la Torre de Londres entre los participantes de 18 años y los de 49 años, respecto a la edad en el número de movimientos, el número de soluciones correctas, tiempo de latencia, ejecución y total, por lo que se presume que es posterior a los 49 años cuando inicie el descenso que mencionan De Luca y Leventer (2010).

Hasta aquí se ha descrito el desarrollo de las funciones ejecutivas, sin embargo, es importante señalar que en ocasiones este proceso se encuentra interrumpido o dañado por ciertas situaciones como lesiones cerebrales, localizadas en regiones específicas. Sánchez-Carpintero, Narbona y Artieda (2000) encontraron que sujetos con lesiones frontales o en estructuras gangliobasales, tanto congénitas como adquiridas, únicamente presentaron dificultades en las pruebas de atención sostenida, pero con un comportamiento normal ante el resto de tareas para medir funciones ejecutivas. Entre otros autores, Junqué (1997, citado por Soprano, 2003) sostiene que los adultos con lesiones

frontales suelen presentarse problemas en la planeación y ejecución de conductas complejas, pero no necesariamente verse afectados otros procesos perceptivos, motores o nemónicos básicos. Por lo tanto, se puede apreciar que aún con ciertas condiciones de daño cerebral, algunas funciones ejecutivas se mantienen mientras que otras se ven afectadas de forma directa.

Continuando con el tema de la alteración de las FE y más específicamente en la planeación, aún no hay un consenso respecto a si existen alteraciones en esta función en adolescentes con Trastorno por Déficit de Atención (TDA); esto se debe a que existen pocos estudios en este tema donde incluyan como factor los subtipos de TDA, por lo que no se sabe si las discordancias entre los resultados se deban a la exclusión de este factor en los análisis o a que en las investigaciones que existen los instrumentos utilizados no logran resultados más precisos (Boyer, Geurts & Van der Oord, 2014).

Por otro lado, ya que la planeación secuencial (Flores-Lázaro, Castillo-Preciado & Jiménez-Miramonte, 2014) es un proceso, se pueden identificar los pasos que proponen Stelzer et al. (2016) en la Figura 4.

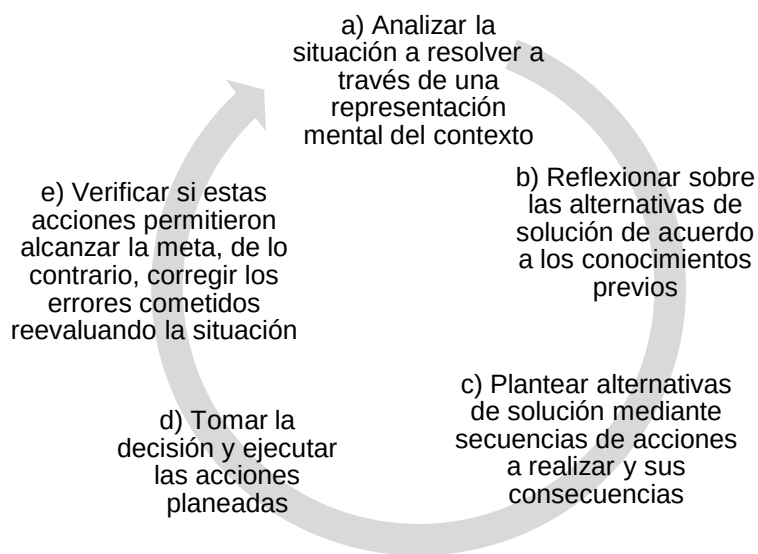


Figura 4. Planeación secuencial. Elaboración propia a partir de Stelzer et al. (2016).

En un ejercicio similar, Lezak (1982) utiliza esta misma configuración de "tareas" para describir los componentes esenciales en las funciones ejecutivas:

- ⊙ *Formulación de metas*: capacidad de generar y seleccionar estados deseables en el futuro.
- ⊙ *Planeación*: seleccionar las acciones, elementos y secuencias para alcanzar la meta.

- ⊗ *Desarrollo*: habilidad para comenzar, detener, mantener y cambiar entre las acciones planeadas.
- ⊗ *Ejecución*: capacidad para monitorear y hacer correcciones a las actividades.

En estudios más recientes y con tecnología más avanzada se ha podido constatar por medio de estudios de neuroimagen funcional como los de Baker, Rogers y Owen (1996), además de Morris, Ahmed, Syed y Toone (1996, citados por Flores & Ostrosky-Solís, 2008) quienes señalan que las áreas involucradas en el proceso de planeación secuencial son las porciones dorsolaterales de la corteza prefrontal.

Desde la perspectiva de la psicología cognitiva y partiendo de la regulación de los procesos cognitivos, Silva (2006) identifica tres: la planificación, que es la actividad previa a la ejecución de la tarea y que incluye una predicción del posible rumbo de las acciones y estrategias a seguir; el control, establecido a partir de la ejecución de las acciones y que encierra actividades de verificación, rectificación y revisión de la estrategia que se empleó; y la evaluación, que contrasta las expectativas con los resultados obtenidos, analizando si las estrategias empleadas fueron eficaces.

Por su parte, Zimmerman y Moylan (2009, citados por Sáiz-Manzanares & Pérez, 2016) proponen estos mismos procesos a manera de fases a las cuales llamaron: fase de anticipación, fase de desarrollo y fase de reflexión, además sugieren que la autorregulación metacognitiva "potencia la generalización y la transferencia de lo aprendido e incrementa la motivación" (p. 17).

Como se ha venido mencionando, tanto la planeación como la robótica, mantienen una fuerte relación con la creatividad. Algunos investigadores cognitivos (Gardner, 2011) describen las formas en las que los individuos creativos identifican los problemas y cómo buscan soluciones prometedoras, buscando aproximaciones y pistas, evaluando soluciones alternativas, desplegando recursos de tiempo y energía para avanzar de modo eficaz, decidir cuándo seguir investigando y cuándo parar, y en general analizando sus propios procesos creadores; así es como una persona resuelve problemas de forma eficiente, eficaz y que además sea considerada creativa.

Por otro lado, uno de los principales sustentos de la tendencia a utilizar un modelo por competencias en el área educativa para preparar a los futuros profesionistas, implica no sólo la adquisición de información o el desarrollo de habilidades procedimentales, involucra también habilidades de autorregulación, interpersonales y reflexivas (Stephenson & Yorke, 1998, citados por De la Cruz & Abreu, 2014), ya que como se ha mencionado, son parte de las habilidades que deberá dominar para potenciar sus fortalezas al momento de enfrentarse al mundo laboral.

El proceso de planeación es más complejo de lo que aparenta, ya que no está ligado únicamente a las acciones que está por realizar, sino a una representación adelantada a la acción para anticipar una realidad ausente (Buckner, 2010), por lo que Das, Kar y Parrila (1998) sostienen que la planeación se encuentra relacionada con la metacognición en el sentido de que "La planificación consciente implica que el individuo es consciente de sus procesos cognitivos y tiene la capacidad para regularlos. En este sentido, la metacognición es un requisito previo para la planeación" (p. 47).

A la sombra del constructivismo y del uso de estrategias metacognitivas, es posible considerar al estudiante entonces como un activo gestor de su propio aprendizaje, que asume su papel protagónico de manera consciente, capaz de cuestionar su conocimiento, manipular su memoria para evocar recuerdos y administrar sus recursos para regular sus formas de aprendizaje.

Esta concepción del estudiante como un activo solucionador de problemas y procesador de información, provoca por consiguiente, que se dirija la atención a procesos mentales como la reflexión y el control de procesos cognitivos, así como a identificar problemas de aprendizaje y deficiencias en el proceso cognitivo, lo que sugiere que existe la posibilidad de que al promover en el estudiante la metacognición, se pueda mejorar su aprendizaje y ejecución (Iglesias & Suárez, 2003).

Como se mencionó en la introducción, la planeación se puede abordar desde diferentes disciplinas, entre ellas, el campo de estudio de la Administración, aquí este término es utilizado como base para explicar la administración estratégica de las empresas, tan fundamental en esta área. Münch define planeación como:

"La previsión de escenarios futuros y la determinación de los resultados que se pretenden obtener, mediante el análisis del entorno para minimizar riesgos, con la finalidad de optimizar los recursos y definir las estrategias que se requieren para lograr el propósito de la organización con una mayor probabilidad de éxito" (2008 p. 11).

La relevancia de recuperar esta definición se debe a que este concepto está relacionado con el término *eficiencia* que se describirá más adelante y que también pertenece al área administrativa. Continuando con la descripción de la planeación desde un entorno administrativo, Münch (2008) expone algunas de las ventajas que tiene el planear dentro de una organización y que, desde la psicología, podríamos compartir:

- ⊙ Aprovechar mejor los esfuerzos y los recursos.
- ⊙ Reduce la incertidumbre, al visualizar previamente escenarios y poder anticipar riesgos.
- ⊙ Establecer un sistema racional en la toma de decisiones.

- ⊙ Minimiza los riesgos y maximiza las oportunidades.
- ⊙ Elimina la improvisación, por lo tanto, promueve la eficiencia.
- ⊙ Optimiza el aprovechamiento del tiempo y los recursos.

Haciendo una recapitulación de cómo se ha contextualizado desde distintos escenarios y cómo se ha definido la planeación, se puede observar que ha sido considerada como:

- ⊙ Parte de la *capacidad* de adaptación del individuo.
- ⊙ Como una *herramienta* para crear estrategias y planes de acción.
- ⊙ Elemento fundamental de las *funciones ejecutivas*.
- ⊙ A su vez, como una *habilidad* asociada a la inhibición, es decir, la capacidad del individuo para autorregularse y hacer una pausa para elegir la mejor forma de actuar.
- ⊙ Y por último, como una *estrategia* para optimizar tiempo y recursos.

La planeación ha sido medida con instrumentos que, aún intentando medir el mismo constructo, poseen mayor popularidad y que son preferidos por algunos investigadores, ya sea por su practicidad de aplicación, su confiabilidad o su reputación. Algunas de los instrumentos para medir FE contienen algunas sub-escalas que evalúan planeación y organización. En el siguiente apartado nos enfocaremos en describir los más utilizados para medir la planeación como único constructo.

Instrumentos para medir la Planeación

Comúnmente se utilizan dos formas de analizar la planeación, tanto en los estudios cognitivos como los neuropsicológicos (Rojas, 2006), la primera es mediante tareas procedimentales que permiten un mapeo (a través de las acciones) de cómo la persona se anticipa y organiza un plan de acción para cumplir el objetivo, este tipo de tareas son utilizadas con mayor frecuencia porque proporcionan información cuantitativa que ofrece una mayor precisión en la evaluación del proceso de planeación; la segunda es a través de tareas declarativas, que parten de la verbalización de los pasos seleccionados para llevar a cabo la tarea, por lo que ofrecen una evidencia más detallada sobre la transformación (evolución) del proceso de planeación.

⊕ Diseños de cubos

El diseño de cubos del WISC (Figura 5) es uno de los más conocidos, por lo que es relativamente fácil encontrar esta sub-prueba, la cual consiste en que el evaluado deberá construir con los cubos una configuración proporcionada en una libreta de estímulos, para lo cual cuenta con cierto

tiempo para cada reactivo. Consta de 14 reactivos de dificultad creciente, de los cuales se registrará si se logró hacer la construcción correctamente, si no hubo rotación en la figura elaborada y si no sobrepasó el límite de tiempo (Wechsler, 2007), ya que estos lineamientos están involucrados en la puntuación final.



Figura 5. Cubos de Kohs.

⊕ *Laberintos*

Los laberintos para la evaluación psicológica (Figura 6) comenzaron a usarse en 1913 (Soprano, 2003) con el test de laberintos de Porteus, que al igual que Binet, se concibieron principalmente para establecer un diagnóstico de deficiencia mental, pero se encontró que también funcionaban para medir la capacidad de planificación y adaptación social. Los laberintos de Porteus están constituidos por 12 laberintos de dificultad creciente y es aplicable desde los 3 años hasta la edad adulta, la puntuación está basada en el número de intentos que realiza para completarlos correctamente (Navas-Collado & Muñoz-García, 2004).

El WISC tiene una sub-escala de 10 laberintos que se resuelven trazando una línea desde el centro de cada laberinto hasta la salida, con las limitantes de que no se debe levantar el lápiz del papel, entrar en pasajes bloqueados ni cruzar paredes. La capacidad de planificación, el control de la impulsividad y una buena coordinación visomotora, serán manifestaciones de un adecuado desempeño en la prueba.

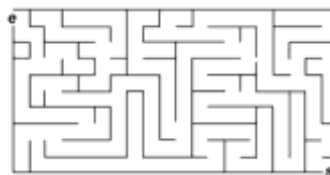


Figura 6. Laberinto.

⊕ *Torre de Hanoi*

Es un instrumento utilizado para medir planeación, organización y programación visoespacial, por lo que la memoria de trabajo u operativa (Navas-Collado & Muñoz-García, 2004) juega un papel importante en la ejecución del mismo (Soprano, 2003). Consta de una estructura con tres ejes verticales y discos de diferente tamaño, existen dos versiones, una con 3 anillos y otra con 5 anillos (ver Figura 7) . Básicamente consiste en acomodar los discos en forma piramidal en el primer eje, el objetivo es replicar una configuración dada en otro modelo presentado de forma visual, tiene una serie de restricciones: sólo se puede mover un disco a la vez, se tiene un máximo de movimientos por configuración para lograr el puntaje del reactivo y, quizá la más importante, no se debe colocar un disco más grande sobre otro más pequeño.



Figura 7. Torre de Hanoi.

⊕ *Torre de Toronto*

La base está constituida por tres estacas de igual tamaño pero anillo de diferentes medidas y de colores: blanco, amarillo, rojo y negro, ese cuarto bloque es el grado de dificultad que se le agrega a esta prueba (Soprano, 2003).

⊕ *Torre NEPSY*

En una estructura similar a la torre anterior, esta sub-prueba incluida en la batería NEPSY tiene un procedimiento igual al de las demás torres, con la tarea de reproducir las configuraciones dadas con esferas de colores rojo, azul y amarillo, en tres clavijas. Es utilizada para edades entre los 5 y los 12 años (Soprano, 2003).

⊕ *Torre de Londres (TOL, por sus siglas en inglés)*

La primer versión de esta prueba fue realizada por Shallice en 1982 para evaluar a pacientes adultos con lesiones en lóbulos frontales, posteriormente Culbertson y Zillmer (1998) le hicieron algunas reconfiguraciones en la administración y la puntuación, principalmente para optimizar su utilidad

clínica, la aplicabilidad y la estandarización de la prueba, misma que puede ser aplicada en personas de 7 a 80 años de edad.

La Torre de Londres utiliza una estructura de madera con tres clavijas en las que se colocarán esferas de colores rojo, azul y verde (ver Figura 8), de acuerdo a una configuración dada, ya sea por un dispositivo de iguales características o en láminas impresas, el evaluado tendrá que reproducir cada uno de los 10 problemas (configuraciones), los cuales tienen una dificultad progresiva y se tienen que realizar en un máximo de movimientos determinado y un máximo de tiempo para poder obtener el puntaje. Existe una versión electrónica en donde no son esferas sino fichas, pero en funcionamiento esencial es el mismo.

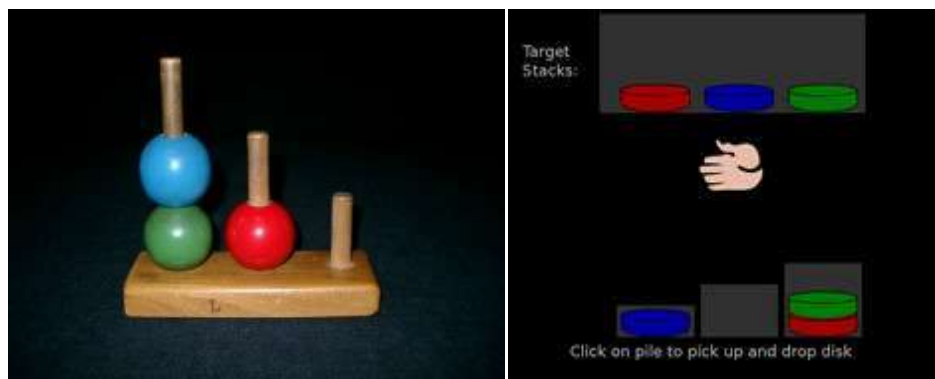


Figura 8. Torre de Londres en la versión convencional y la informatizada.

Esta prueba es utilizada por su sensibilidad para la evaluación de funciones neuropsicológicas (Culbertson & Zillmer, 2005) como:

- ⊙ Resolución ejecutiva de problemas y planeación.
- ⊙ Inhibición de la conducta y control de impulsos.
- ⊙ Control atencional.
- ⊙ Flexibilidad cognitiva.
- ⊙ Razonamiento conceptual-abstracto.
- ⊙ Adherencia a regla del comportamiento.

Los materiales que requiere para su aplicación son: 2 tableros con la estructura de las torres, en la primera caben las tres esferas, en la segunda sólo caben dos esferas y en la tercera sólo cabe una esfera; 2 juegos de esferas de madera, protocolo de registro y un cronómetro.

Las instrucciones que se le dan a la persona a evaluar consisten en explicarle que tendrá que reproducir las configuraciones que aparezcan en el tablero del evaluador, siguiendo algunas reglas que deberá respetar para que su puntuación no se vea afectada. Estas restricciones son las siguientes:

1. Sólo se puede mover una esfera a la vez.
2. No se puede tener más de una esfera fuera del tablero.
3. Podrá colocar en las estacas sólo la cantidad de esferas que quepan en cada una.

Cualquier violación a estas reglas se registra y posteriormente se penaliza en la puntuación. Para la resolución de cada problema el evaluado cuenta con 1 minuto, si al término de ese minuto no ha logrado completarlo se le da un minuto más pero se registra una violación de tiempo. Además del registro de este último tipo de violación, también se anotan otras 3 mediciones de tiempo, la primera se refiere al *tiempo de inicio* (latencia) que es el tiempo que transcurre entre la presentación de la configuración y que el evaluado realiza el primer movimiento de esferas, cabe señalar que esta medición es la que (algunos investigadores señalan) aporta información acerca de la planeación que realiza el individuo, ya que se presume que ese tiempo de latencia es el utilizado para organizar su pensamiento y planear los movimientos (Mitchell & Poston, 2001; Ocampo & Téllez, 2015). Otro puntaje es el *tiempo de ejecución* que es el tiempo que le lleva la resolución del problema o la suspensión del mismo por haber excedido el tiempo máximo permitido. Y por último el *tiempo total* que es la suma entre el tiempo inicial y el de ejecución.

El tiempo es un indicador que debe analizarse con sumo cuidado, Rognoni et al. (2013) señalan que, mientras que tiempos más largos pueden interpretarse como un procesamiento cognitivo lento, también podría indicar mayor control cognitivo, puesto que se inhiben las respuestas impulsivas, y si este uso de mayor tiempo se articula con un mayor número de aciertos, se estaría hablando de una mayor sofisticación en la planificación cognitiva (Blanco, Burgos & Navarro, 2015).

En cuanto a los tres indicadores de tiempo que manejan las tareas de Torre de Londres, el que más se interpreta por los investigadores es el tiempo de latencia, que si bien es un indicio de que el sujeto utiliza ese tiempo para planear, Bull, Espy y Senn (2004) sugieren considerar no sólo este tiempo en los análisis estadísticos, sino también el tiempo total para poder evaluar manifestaciones de la planificación y la aplicación de estrategias en línea (Matute et al., 2008).

Phillips, Wynn, McPherson y Gilhooly (2001) comentan que la planeación previa (tiempo de latencia) no es el mejor indicador de eficacia en la resolución de la TOL, puesto que la utilización de un mayor tiempo de latencia no siempre va a ir relacionado con menores tiempos de ejecución y una

menor cantidad de movimientos. Ellos sugieren que una causa podría ser la capacidad limitada de memoria de trabajo para retener la estrategia de los movimientos a ejecutar y que una planeación en línea también es una forma eficaz de resolver problemas porque el plan se va actualizando conforme se realiza la tarea. Esta forma de realizar la tarea es una estrategia que estaría apoyada más en la flexibilidad mental del evaluado que en la memoria de trabajo. Con lo anterior, Matute et al. (2008) con base en estas reflexiones, concluyen que el tiempo de ejecución constituye un indicador más preciso de la efectividad de las estrategias implementadas, aun cuando esta medida no sea tomada tanto en cuenta en este tipo de evaluaciones de FE.

Además del registro del tiempo, el conteo de movimientos que se realizan en cada problema también es relevante porque cada uno está diseñado para resolverse en una cantidad mínima de movimientos que son los deseables, por lo cual se infiere que si hubo una planeación eficiente se espera que el tiempo de latencia se prolongue un poco, pero que cuando comience a realizar la tarea los movimientos sean los menos y dentro del tiempo límite.

Es importante mencionar que la persona que está siendo evaluada no podrá saber que existe una cantidad de movimientos mínimos en los que se resuelve cada problema, ni el tiempo del que dispone para realizar las configuraciones.

Hasta el momento se abordó el concepto de planeación desde distintos autores y se pusieron en la mesa algunos instrumentos que se especializan en medirla, ya sea por sí solos o que formen parte de alguna batería. Ahora toca el turno de profundizar más en el principal objetivo de esta investigación, analizar el proceso de planeación, cómo se puede mejorar y porqué es importante estudiar cómo ocurre este proceso durante la adolescencia.

Eficiencia de la planeación

Algunos de los términos asociados con la planeación y, constantemente confundidos, son la eficacia y la eficiencia, la administración nuevamente vuelve a dar luz sobre estos términos, definiendo la eficacia como el "logro de objetivos y metas programados, con los recursos disponibles, en un tiempo y lugar determinados" y la eficiencia como el "uso racional de los medios con que se cuenta para alcanzar un objetivo predeterminado (...) Capacidad de alcanzar los objetivos y las metas programadas con el mínimo de recursos y tiempo disponible, logrando su optimización" (Hernández, 2006 p. 135). Asimismo, Koonzs, Weihrich y Cannice (2012) y Gutiérrez y De la Vara (2009) coinciden en que la eficiencia es el logro de los fines con la menor cantidad de recursos.

Al remitirse a un contexto administrativo gubernamental, se consultó un Glosario de términos administrativos de la Coordinación General de Estudios Administrativos de la Presidencia de la República (Mexicana), donde se define la eficacia como la "capacidad de cumplir en el lugar, tiempo, calidad y cantidad las metas y objetivos establecidos"; mientras que la eficiencia es definida como "el uso más racional de los medios con que se cuenta para alcanzar un objetivo predeterminado (...) Virtud y facultad de lograr un efecto determinado en un periodo de tiempo relativamente corto y con economía de recursos" (Instituto Nacional de Administración Pública, 1982).

Reflexionando sobre estos dos conceptos, se puede observar que, mientras que la eficacia está enfocada únicamente en el logro de la meta sin importar cómo se llegó a ella, la eficiencia está orientada a que durante el proceso que se lleva a cabo para llegar a la meta, los recursos que se utilicen sean aprovechados al máximo, lo que implicaría un ahorro en tiempo y esfuerzo, ya que el riesgo de fracasar se puede tener bajo control, dado que previamente hubo un análisis detallado de las estrategias a utilizar, así como las ventajas y consecuencias que tendría cada una de ellas.

Dicho lo anterior, se puede afirmar que al realizar una tarea se puede ser eficaz, es decir, completarla de la forma apropiada, pero eso no significa que se llevó a cabo de forma eficiente, porque pudo haber fuga de recursos o quizá actuar por ensayo y error, así, eventualmente se concluiría la tarea. Pero también pudo haber sido un proceso donde se optimizaron los recursos y, sin embargo, no haber completado la tarea satisfactoriamente, por lo tanto, esta persona fue eficiente pero no fue eficaz.

Soprano (2003) menciona que las funciones ejecutivas como la planeación, inhibición, memoria de trabajo, flexibilidad, autorregulación y control de la conducta son fundamentales para la resolución de problemas de forma eficiente y eficaz. Lezak (1982) en su momento, señaló acerca de estas funciones, que apoyan a tener una conducta eficaz, creativa y aceptable socialmente, puesto que también denota inteligencia, Gardner (2011) le llama utilizar un pensamiento divergente y poco convencional al responder de forma creativa ante un estímulo o problema.

A partir del momento en que se decidió que en este proyecto de investigación la planeación sería concebida como un *proceso de organización del pensamiento*, se pudo esclarecer que lo más adecuado sería *mejorar* ese proceso, por lo tanto, lo más correcto para denominar el objetivo del mismo sería: mejorar el proceso mediante la optimización de tiempo y recursos; por lo tanto, se espera que no sólo sean eficaces, es decir, que no sólo se centren en el logro de la meta, sino que durante el camino hacia ella, lleven a cabo una autorregulación de su pensamiento, utilizando de la

mejor forma sus recursos (aprendizajes previos, habilidades, destrezas...) y de esta forma reducir el riesgo al fracaso en la tarea.

Estudios previos

Como ya se ha mencionado, la planeación puede ser abordada desde diversas perspectivas y existen múltiples estudios que han intentado predecirla a partir de otras variables, así como explorarla por medio de instrumentos diferentes. Algunas de las investigaciones que se consideraron de mayor relevancia para este proyecto, se describen a continuación.

Partiendo de la relevancia de la planeación en la vida diaria, Stelzer et al. (2016) realizaron una investigación para identificar si la Voluntad de Control (VC), el Control Inhibitorio (CI) perceptual, la Memoria de Trabajo (MT) y la Inteligencia Fluida (IF), predicen la capacidad de planear en niños de 6 y 7 años. Como instrumentos para evaluar la planeación recurrieron a una Tarea Torre de Londres (Krikorian, Bartok & Gay, 1994), con un aparato semejante al propuesto por Shallice (1982) y Krikorian et al. (1994), con la diferencia de que usaron cubos de color azul, verde y amarillo, en lugar de usar las esferas verde, azul y roja.

Con una muestra de 289 participantes (145 varones), los resultados obtenidos fueron que la IF explicó el desempeño de la planeación en el Paso 1 de la regresión lineal ($B=.26$, $p<.001$, $F(1,277) = 19.67$, $p < .001$, $R^2 = .07$); y en el Paso 2 la MT también entró como predictor significativo ($B=.14$, $p<.05$; IF: $B=.22$, $p<.001$, $F(1, 276) = 12.54$, $p < .001$, $R^2 = .08$), sin embargo, las demás variables no explicaron la variable dependiente.

A partir de estos resultados, es interesante analizar que, a pesar de que algunos autores afirman que las FE están ligadas entre sí, otros autores sostienen que son procesos independientes, por ejemplo Zelazo, Muller, Frye y Marcovitch (2003) y Diamond, Prevorsek, Callender y Druin (1997, citados por Stelzer & Cervigni, 2011); estos últimos postulan que la memoria de trabajo y el control inhibitorio son componentes dissociables con trayectorias de desarrollo independientes. Por otro lado, es importante mencionar que en ese estudio no se consideró el tiempo de latencia (tiempo que transcurre a partir de que se le presenta el estímulo al participante y éste comienza la tarea), lo que puede constituir un indicador que refleje la capacidad de inhibir el impulso de iniciar a resolver el problema sin antes analizarlo. Stelzer et al. (2016) comentan que "es posible que el CI y la VC expliquen este primer aspecto de la planificación, mientras que la MT y la IF expliquen los aspectos de la planificación implicados en la organización mental, monitorización y ajuste de la conducta".

Desde otra perspectiva, en un estudio cualitativo en el que se utilizó la Torre de Hanoi como herramienta para comprender cómo planean alumnos de 10 y 11 años de edad, Dávila, Velasco y Restrepo (2009) utilizaron informes verbales y no verbales (dibujo) donde los niños plasmaran su proceso inicial de planeación para identificar la anticipación de actividades, los pasos a seguir y la previsión de resultados. Después de terminada la tarea, esta información fue analizada con la estrategia de autoconfrontación cruzada, interrogando a los niños sobre cómo enfocó el problema, si detectó posibles errores, además de preguntas para correlacionar lo planeado y lo ejecutado. Posteriormente se realizaron escenificaciones en las que el niño debía enseñar a otro cómo llevar a cabo la actividad, con la consigna de que no sólo diera las instrucciones pertinentes sino además le proporcionara posibles dificultades o sugerencias para resolver el problema.

A partir de las 4 categorías emergentes obtenidas, los autores concluyeron que existen varios elementos que juegan un papel importante en la resolución de un problema, uno de ellos es el reconocimiento de la meta con todos sus vértices, que identifique las características de la tarea y las restricciones o condiciones que exige. Otra de las resoluciones a las que llegaron es que no se puede hablar de la habilidad de planear, sino de formas de planear, entendiendo la planeación no sólo como una actividad previa (anticipatoria) a la realización de la tarea, sino como una comprensión holística de la tarea para poder realizar un despliegue de los procesos cognitivos de planeación y monitorización constante, presente en todos los momentos de desarrollo de la tarea. Esta propuesta supone la necesidad de un pensamiento flexible que permita generar procesos de reorientación, reorganización y reestructuración de los planes de trabajo.

Otra investigación interesante y que contrasta con las teorías de algunos autores que sugieren que el desarrollo de la planeación como FE logra su máximo desempeño durante la adolescencia para continuar en meseta hasta la edad adulta, es el estudio realizado por Albert y Steinberg (2011), en el cual, mediante un muestra de 890 participantes de entre 8 y 30 años de edad, examinaron las diferencias de edad de la planeación estratégica en su desempeño en la TOL. Su hipótesis se basó en que este desempeño estaba relacionado con la edad y estaba mediado por la mejora en el desarrollo de las habilidades visoespaciales, la capacidad de la memoria de trabajo, la manipulación de información de la memoria de trabajo (actualización) y la respuesta inhibitoria.

En ese estudio utilizaron como covariables las características demográficas de la población que recabaron mediante un cuestionario y, entre otros instrumentos, la versión computarizada de la TOL para medir la planeación y resolución de problemas. Se confirmó la hipótesis de que la edad cronológica aumenta el desempeño en la TOL y es consecuente con las demás escalas, pero el resultado más revelador fue que el tiempo de latencia en la TOL fue un fuerte predictor para la mejor resolución

de las tareas, es decir, entre más tiempo esperaba el participante para realizar su primer movimiento (inhibición), aumentaba su rendimiento en los ejercicios.

Lo interesante fue que, si bien alrededor de los 15 años se logra una competencia como adulto en las capacidades cognitivas básicas, esta capacidad de implementar un plan y llevarlo a cabo con el mejor desempeño se encontró con los participantes de entre 22 y 25 años, lo que sugiere que se requiere más tiempo para la consolidación de las ganancias en los dominios de autorregulación como muestra de madurez para planear de manera más eficiente.

Esta noción de que las FE continúan desarrollándose después de la adolescencia es secundada por el estudio de De Luca et al. (2003), quienes evaluaron la capacidad de responder correctamente la TOL, el rango de edad de los participantes osciló entre los 8 y los 64 años. Se encontró que ni el grupo de 8 a 10 años, ni el de 11 a 14 tuvo tantas soluciones perfectas (ensayos correctos en el menor número de movimientos), como el grupo de 15 a 29 años, por lo que concluyen que este rango de edad es en el que se encuentra la mayor eficiencia en la organización y planeación.

Estos resultados pueden deberse a lo que hace referencia Anderson, Anderson, Northam, Jacobs y Catroppa (2001) sobre un fenómeno que se presenta entre los 12 y los 13 años de edad, cuando a pesar de que tienen un repertorio más amplio de estrategias, hay una regresión y vuelven a pasar de las estrategias conceptuales a las estrategias graduales (fragmentadas), por lo que se inclinan más por la precaución y el uso de estrategias conservadoras.

Finalmente, es importante señalar que aunque la planeación sea parte de un proceso de desarrollo neuroanatómico, esta habilidad puede fortalecerse y continuar su desarrollo hasta la juventud, además de que podrá utilizarse como una estrategia eficiente que contribuya a un estilo de vida independiente (Nurmi, 1991), donde la toma de decisiones sea más consciente y por lo tanto aumente la probabilidad de tener éxito en el objetivo.

Capítulo 4. Estrategias metodológicas

Preguntas de investigación

- ⊙ ¿Cómo impacta un entrenamiento de robótica en el desarrollo de las habilidades cognitivas, socio-emocionales y tecnológicas en adolescentes?
- ⊙ ¿En qué habilidades cognitivas, socio-emocionales y/o tecnológicas perciben los profesores titulares, una mejora en los participantes al término del curso de robótica?
- ⊙ ¿Cómo vinculan los adolescentes con experiencia, la robótica pedagógica y la planeación?

Hipótesis

Hi₁: Al término de un curso con robótica pedagógica, el proceso de planeación de los adolescentes será más eficiente, en comparación con la medición previa al curso.

Hi₂: Los participantes de ambos Grupos mostrarán un mejor desempeño en cada ocasión que ejecuten el mismo rol.

Supuestos

- ⊙ El curso de robótica proporcionará un ambiente de aprendizaje apropiado para facilitar la apropiación de conceptos y principios básicos de la robótica.
- ⊙ La robótica funcionará como herramienta efectiva para mejorar la eficiencia de la planeación en los participantes.
- ⊙ Los profesores titulares lograrán percibir mejoras en actitudes y aptitudes en sus alumnos, que obtuvieron a raíz de su participación en el curso de robótica.
- ⊙ Los adolescentes con experiencia en robótica pedagógica podrán describir las bondades que esta disciplina ha aportado a su vida social y académica, así como la conexión que tiene con la planeación.

Objetivos

⊕ Objetivo general

Analizar el proceso de planeación con adolescentes de secundaria que participan de un programa de robótica pedagógica.

⊕ Objetivos específicos

- ⊙ Determinar la efectividad de un entrenamiento con robótica pedagógica para el mejoramiento de la eficiencia de la planeación en adolescentes.
- ⊙ Facilitar la apropiación de conceptos y principios básicos de la robótica.
- ⊙ Determinar si existen evidencias de una mejora en la eficiencia de la planeación al participar activamente de un curso de robótica pedagógica.
- ⊙ Comprobar mediante rúbricas analíticas, si el desempeño de los participantes mejoró en cada ocasión que ocupó el mismo rol.
- ⊙ Describir por voz de los adolescentes las habilidades cognitivas, sociales, emocionales y tecnológicas que adquieren a través del entrenamiento con robótica pedagógica.

Diseño de la investigación

Este estudio se llevó a cabo integrando dos diseños de investigación, un modelo global de método mixto propuesto por Creswell y Plano Clark (2007) de tipo descriptivo secuencial, que consiste en una recolección de datos cuantitativos y, posteriormente, una recolección de información cualitativa, para posteriormente vincular ambos aspectos y brindar resultados que contengan las dos visiones. Un segundo diseño a utilizar es el de Grupos naturales con medición previa y posterior y contraprueba simple de Arias-Galicia (2014), que será utilizado para la parte cuantitativa, este modelo a su vez consta de dos fases que se describirán más adelante (ver Figura 9).

En la primera etapa (cuantitativa) la recolección de datos se utilizó el diseño aplicado de "Grupos naturales con medición previa y posterior y contraprueba simple". Este diseño que propone Arias-Galicia (2014) consta de 2 tiempos (que en lo sucesivo cuando se refiera a éstas se les llamará Fase I y Fase II), en el primero se aplican mediciones (M_1 y M_2) tanto al grupo experimental como al grupo control ("testigo"), posteriormente se lleva a cabo una intervención en el grupo experimental de 16

sesiones (T_1) y al término de éste, se realiza nuevamente una evaluación a ambos grupos (M_3 y M_4); T_2 se refiere al lapso de tiempo sin ninguna intervención. En un segundo tiempo, al grupo testigo se le ofrece una intervención también de 16 sesiones (T_1) y una tercera evaluación (M_5), con lo que se convierte en un nuevo grupo experimental.

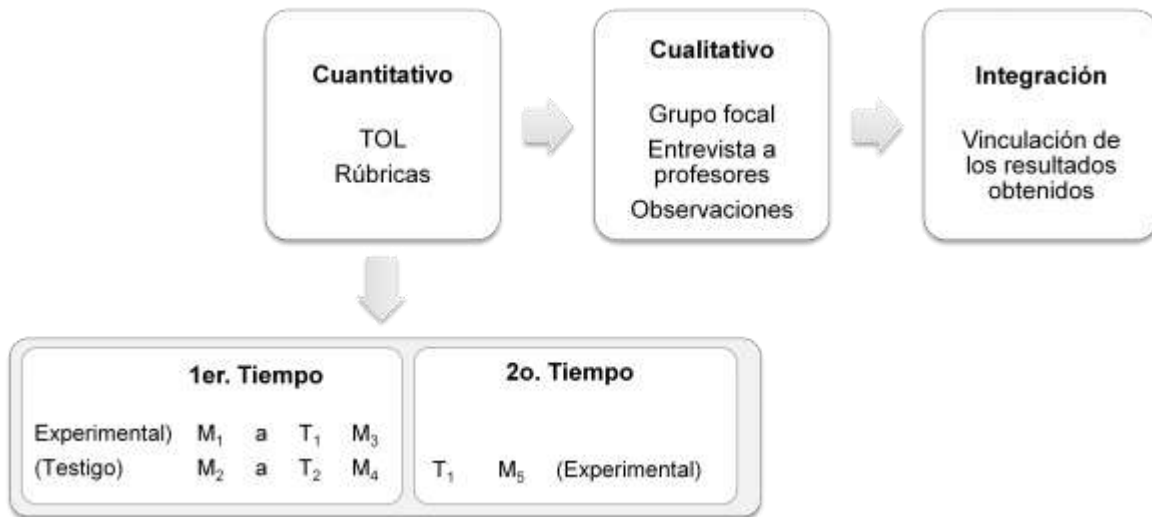


Figura 9. Diseño de investigación integrado. Creswell & Plano Clarck (2007) y Arias-Galicia (2014). Elaboración propia.

Nota: $M_1, 2, 3, 4, 5$: Mediciones; a: la asignación de los grupos para el tratamiento fue aleatoria; T_1 : Curso de robótica; T_2 : Tiempo que transcurre.

Esta etapa cuantitativa está integrada por la prueba Torre de Londres Dx (Culbertson & Zillmer, 2005), que proporciona la información relacionada con la planeación de los alumnos, para examinar si después de la intervención, se mejora la eficiencia del proceso de planeación; también en esta fase y durante toda la intervención se evaluará a los alumnos con rúbricas analíticas, en su desempeño de cada rol, aunque cabe destacar que de esta evaluación se obtiene información tanto cualitativa como cuantitativa.

Con la utilización de este diseño es posible comparar los resultados del antes y el después del grupo control con el experimental, correspondientes al primer tiempo; en el segundo tiempo, se comparan los resultados del grupo experimental con la tercera medición del grupo "testigo" (ahora experimental), lo que daría mayor sustento (de ser así) a la comprobación de la(s) hipótesis.

Al término de la etapa cuantitativa se dará comienzo a la etapa cualitativa, la cual pretende explicar y nutrir la información obtenida de los resultados cuantitativos, explorando la experiencia con la robótica y los beneficios que se han obtenido de ella, a través de una entrevista a los profesores titulares de los grupos que recibieron el curso de robótica (Apéndice 1. Entrevista al profesor al término del curso de robótica), así como un análisis con un grupo focal con adolescentes que integran el equipo de robótica de una Casa Hogar (Apéndice 2. Guía para grupo focal).

La intención de utilizar este diseño de investigación es por varios motivos:

- ⊗ Debido a la escasa literatura que existe en la utilización de este método, para estudiar el impacto que tiene la RP en la planeación.
- ⊗ Es un intento por comprender mejor los resultados que se obtengan.
- ⊗ Proponer una estrategia del análisis de estas variables que sirva como antecedente para futuras investigaciones.

⊗ *Consideraciones éticas*

La investigación estuvo regida de acuerdo con los principios establecidos en el Código Ético del Psicólogo de la Sociedad Mexicana de Psicología (2009) durante todo el procedimiento, resguardando así la integridad, seguridad y confidencialidad de los participantes. Por lo que toda información de la escuela, los profesores y los alumnos fue únicamente del dominio de la investigadora y de las personas directamente involucradas con el estudio, quienes también se comprometieron a que la información fuera utilizada únicamente para los fines que en este documento se detallan.

⊗ *Contexto*

El estudio se llevó a cabo en 2 localidades pertenecientes al Municipio de Charo, en el Estado de Michoacán de Ocampo (ver Tabla 6), las cuales fueron seleccionadas por sus características similares y las facilidades que fueron brindadas por parte de las autoridades escolares.

Tabla 6.

Comparación de Localidades. Elaboración propia con base en SEGOB (2013).

	Localidad 1	Localidad 2
Distancia desde Morelia	25km	26km
Grado de Marginación	Alto	Alto
Clima predominante	4.5°C - 36.4°C	6°C - 35°C

Continuación Tabla 6

	Localidad 1			Localidad 2		
Principal fuente de ingresos	Agricultura y ganadería			Agricultura y renta de cabañas turísticas		
Población 2010	345:	hombres	172	454:	hombres	210
		mujeres	173		mujeres	244
Índice de fecundidad	3.14 hijos			2.65 hijos		
Población analfabeta	9.28%:	hombres	7.56%	6.39% :	hombres	4.29%
		mujeres	10.98%		mujeres	8.2%
Grado de escolaridad (años)	6.55:	hombres	6.43	6.55:	hombres	5.99
		mujeres	6.66		mujeres	6.55
Instituciones educativas	1 Preescolar	Matutino		Preescolar	Matutino	
	1 Primaria	Matutino		Primaria	Matutino	
	1 Telesecundaria	Matutino		Telesecundaria	Matutino	

La Telesecundaria de la Localidad 1 cuenta con 3 profesores (uno para cada grado) que atienden a una matrícula en promedio de 12 alumnos por grado. Las instalaciones de la escuela constan de un aula para cada grado, con una televisión, un reproductor de DVD, butacas para cada alumno, un pequeño librero y un escritorio para el profesor. Dentro de una de las aulas se tiene habilitado un espacio pequeño con 5 computadoras de escritorio para que los alumnos reciban clase de computación. Dentro del plantel hay también una biblioteca en construcción, que tendría hasta el momento un acervo de aproximadamente 200 libros entre novelas, ciencia ficción, orientación vocacional, superación personal y literatura universal. Las instalaciones cuentan con 3 unidades sanitarias. En coordinación y apoyo con la Brigada de Educación para el Desarrollo Rural No. 104 están construyendo un pequeño invernadero con material reciclado, para cultivar algunas flores y hortalizas como parte de la formación de los estudiantes hacia el cuidado del medio ambiente. Está en proyecto una cancha de futbol para los estudiantes, por lo que están en trámite las gestiones pertinentes para llevarla a cabo.

Las instalaciones de la Telesecundaria de la Localidad 2 son muy similares, a excepción de que además cuentan con una pequeña oficina para el director, una cancha de básquetbol completa y re-

des para voleibol; en cuanto a los baños, hay uno para mujeres y otro para hombres, cada uno con 3 cubículos.

⊕ Participantes

La muestra se obtuvo por conveniencia y por las facilidades que brindaron los directivos de las Telesecundarias con las que se trabajó. Los participantes de ambos grupos son estudiantes activos de 2° grado de las Telesecundarias de las localidades descritas anteriormente, con edades que oscilan entre los 12 y los 15 años. Al inicio del estudio los grupos estuvieron integrados como se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7.

Descripción de la población muestra.

Participantes	12 años		13 años		14 años		15 años		TOTAL
	M	H	M	H	M	H	M	H	
Grupo 1	0	2	1	4	0	2	0	1	10
Grupo 2	2	1	2	4	0	1	0	0	10

Nota 1: Esta tabla muestra el total de la población con la que se trabajó, originalmente eran 14 participantes en el Grupo 1 y 11 en el Grupo 2, pero quedaron fuera al aplicar los criterios de eliminación.

Nota 2: (H) Hombres (M) Mujeres.

Se tomó la determinación de utilizar sólo la población de 2° grado debido a que llevan la materia de Física, la cual se encuentra estrechamente relacionada con los contenidos del taller de robótica, por lo tanto, podría facilitar su aprendizaje en los conceptos de máquinas simples. Además se prefirieron estos grupos para poder tener un mejor control del grupo por parte de los facilitadores y de la investigadora, ya que por la cantidad de alumnos resultaba ser más conveniente.

Criterios de eliminación

- ⊙ Asistencia menor al 80% del curso de robótica.
- ⊙ No tener el consentimiento informado o carta compromiso firmados.
- ⊙ No contar con alguna de las evaluaciones psicométricas (pre o post).

El único criterio de exclusión para este proyecto fue que el alumno hubiera previamente llevado robótica como asignatura, por considerarse que podrían contar con características ya desarrolladas del objeto de estudio, aunque no se presentó el caso en ninguno de los grupos.

Para la parte cualitativa se realizó un grupo focal con 5 adolescentes, 3 hombres y 2 mujeres, con edades similares a los participantes de la fase cuantitativa. Estos participantes fueron convocados por parte del departamento psicológico de una Casa Hogar porque pertenecieron o actualmente forman parte del equipo de robótica; todos ellos tuvieron una duración de al menos un año en el equipo y el integrante que menos experiencia tiene son 3 meses pero ya participó en un torneo recientemente, donde ocuparon el podio. La intención con ellos es indagar sobre cuánto tiempo llevan estudiando robótica, en qué consideran que les ha ayudado, qué se les ha dificultado, qué logros han tenido, entre otras, para utilizarlo como elemento descriptivo y revisar si estos resultados se relacionan con los obtenidos con las rúbricas y la Torre de Londres Dx.

⊕ *Instrumentos*

Las evaluaciones psicométricas se llevaron a cabo en los momentos señalados en el apartado de Diseño, con la prueba Torre de Londres Drexel University (TOL Dx) de Culbertson & Zillmer (2005). Esta versión de la prueba fue elegida por las características psicométricas señaladas anteriormente y por la practicidad en su aplicación. Se optó por la versión convencional sobre la informatizada debido cuestiones técnicas.

Como instrumento de medición constante, durante los cursos se utilizaron 5 rúbricas analíticas elaboradas expresamente para el presente estudio y consta de 5 rúbricas analíticas, una para cada rol a ocupar dentro de los equipos del curso de robótica, por lo que, no sólo servirá para que el evaluador determine una calificación al alumno, sino que el propio joven podrá advertir cuáles son las actividades, responsabilidades o actitudes que se esperan de él en cualquiera de los roles asignados.

La justificación teórica para utilizar este instrumento, así como el proceso de construcción se encuentra en el Apéndice 3. Rúbricas. Su intención es facilitar la valoración en los aspectos que podrían considerarse como de apreciación, subjetivos o imprecisos, mediante indicadores que cualifican el progreso de logros y competencias (Díaz-Barriga, 2006) desde un nivel principiante hasta un nivel experto, y podrían adaptarse para ser utilizadas en alumnos de otro tipo de edades y niveles educativos, diferente al que aquí van dirigidas. Con los datos obtenidos del jueceo y el pilotaje, la prueba logró un $\alpha=.855$ que se presume podría mejorar al incorporar más ítems.

Para la fase cualitativa del diseño de investigación, los instrumentos utilizados fueron: una guía para entrevistar a los profesores de elaboración propia (Apéndice 1. Entrevista al profesor al término del curso de robótica) para aplicar al término del curso de robótica, con el objetivo de recibir una retroalimentación enfocada a los posibles cambios que pudieran observar en sus alumnos. También se elaboró una guía de grupo focal (Apéndice 2. Guía para grupo focal) para conocer algunos aspectos de cómo les ha servido la robótica a niños que ya tienen experiencia en esta disciplina, y qué tan importante consideran que es la planeación, tanto en la robótica como en sus vidas.

Como pieza cualitativa, destacan también las videograbaciones de las sesiones para recuperar elementos de observación, tanto para tener evidencia, como para poder recurrir a ellas y analizarlas en caso de ser necesario ya sea responder a los objetivos planteados y/o como herramienta para sustentar las conclusiones a las que se lleguen.

⊕ *Materiales*

Las piezas K'nex con el que se realizaron las prácticas fue proporcionado en comodato por un distribuidor de material educativo de robótica, de este modo no se tuvo que hacer ninguna inversión para llevar a cabo el estudio.

Los materiales extra que se necesitaron como plastilina, carritos de juguete, hilo de algodón, cámara de video y las hojas para las rúbricas, fueron adquiridos por parte de la investigadora.

Se requirió también de un pintarrón en las aulas y plumones.

Cada participante debía llevar su propio cuaderno si deseaba tomar apuntes y un lápiz o pluma para contestar las rúbricas.

⊕ *Escenario*

Las sesiones de robótica así como sus evaluaciones se realizaron dentro de las instalaciones de ambas instituciones educativas, que contaron con los requerimientos mínimos que se les solicitaron: espacio mínimo de 16m², mesas de 1m² por equipo de trabajo, silla para cada alumno y pintarrón.

⊕ *Procedimiento*

Mediante una revisión sobre los planteles de telesecundaria ubicados en zonas aledañas a la Ciudad de Morelia, se buscó que los centros educativos mantuvieran características similares entre sí para procurar homogeneidad en los grupos. Una vez elegidas las escuelas con las que se deseaba

trabajar, se tuvo un primer contacto con los Directores de cada institución y se autorizó de forma verbal el que la investigación fuera llevada a cabo en sus planteles, por lo que se procedió a elaborar algunos convenios primordiales previos a la realización del estudio:

1. Se formalizó la autorización mediante un consentimiento informado firmado por los Directores (Apéndice 4. Consentimiento informado Profesor), para realizar el estudio utilizando la información y evidencias necesarias para su análisis y posterior publicación.
2. Mediante una plática informativa en cada localidad, a donde asistieron los alumnos de 2° de secundaria y sus padres o tutores, se les comunicó cuáles eran los objetivos de esta investigación, quiénes seríamos los involucrados, cómo sería la forma de trabajo, los beneficios que podrían obtener, asegurarles que el entrenamiento sería sin fines de lucro y que ellos no tendrían ningún compromiso ni beneficio monetario; también se les hizo la aclaración de que no tenía carácter de obligatorio y que su participación en el proyecto no tendría implicaciones ni positivas ni negativas en las calificaciones. Esta información también se les dio por escrito en un consentimiento informado (Apéndice 5. Consentimiento informado) para que lo firmaran, autorizando la participación de cada alumno, este documento a su vez, mostraba el compromiso de ofrecerles una retroalimentación después del curso de robótica y asegurarles que los datos sensibles que puedan llegar a identificar a los alumnos y/o las instituciones y poner en riesgo la integridad o seguridad de los mismos, serían únicamente del dominio de los involucrados en el estudio.
3. Los alumnos que desearon participar y que sus padres o tutores hubieran autorizado, tendrían que firmar un documento (Apéndice 6. Carta Compromiso) en el que se comprometen a participar en el proyecto, acudir a las evaluaciones psicológicas y a cuidar el material de trabajo.
4. Se solicitó apoyo a la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas para que facilitara la colaboración de 2 estudiantes que impartieran los cursos de Robótica, esto permitiría que, tanto los estudiantes de Ciencias practicasen sus habilidades didácticas, así como ofrecer a los participantes de la investigación un curso de calidad con exposiciones planeadas y con más experiencia en la materia. Resultando positiva la solicitud, se unieron al proyecto un estudiante de 3er. semestre (Emmanuel García Torres) y una recién egresada (Luz Vanessa Pacheco Gordillo), quienes fueron los facilitadores de los cursos ofrecidos.

Las sesiones de robótica se programaron en un primer momento para que se realizaran una vez por semana con duración de 75 minutos a lo largo de 15 sesiones prácticas más una sesión denominada "0" que sería utilizada como encuadre, sin embargo, por suspensiones oficiales no fue posible

llevar el programa como se tenía previsto, por lo que se optó por impartir 2 sesiones por semana para poder completar los cursos antes de que comenzaran los periodos vacacionales que coincidían con ambos grupos (con el Grupo 1 las fiestas decembrinas, mientras que con el Grupo 2 las vacaciones de Semana Santa y Pascua).

Antes de comenzar con el curso de robótica, los facilitadores fueron capacitados en 2 sesiones de 2 horas cada una, en las cuales se les mostraron los materiales, se les explicó el sustento pedagógico del programa, se les compartieron herramientas didácticas para trabajar con los adolescentes, además de instruirles sobre el desarrollo que debían guardar las sesiones para su uniformidad y la forma de aplicar las rúbricas de evaluación, ya que debían tener el entrenamiento adecuado para unificar criterios en la forma de evaluar, debido a que cada instructor tendría a su cargo un equipo durante todo el curso.

En todas las sesiones, los alumnos conformaron equipos de mínimo 3 integrantes y máximo 5, cuando un equipo no podía conformarse de esa forma, los estudiantes se incorporaron (sólo por esa sesión) a otro equipo. Cada integrante tuvo (mínimo) un rol con funciones y responsabilidades específicas, su desempeño fue medido mediante las rúbricas, que especifican con mayor detalle las actividades propias de cada rol.

Con el objetivo de que los alumnos estuvieran enterados de las actividades que se esperaba de ellos en cada rol, portaron gafetes que en la parte frontal tenían el nombre del rol asignado, y al reverso las principales funciones y responsabilidades correspondientes; a su vez, para poder distinguirlos en las video grabaciones, también usaron una casaca con un color distinto para cada rol: Proveedor de material: color azul rey, Diseñador: color naranja, Armador: color amarillo, Verificador: color azul marino, Coordinador: sin casaca.

Si un alumno fungía 2 roles simultáneos, se colocaría los gafetes correspondientes, pero sólo la casaca del rol que tuviera autorización de moverse de su mesa de trabajo para realizar sus tareas adecuadamente, por ejemplo, alguien a quien le tocó ser armador y verificador, sólo tendría que ponerse la casaca de verificador por ser un rol que requiere de moverse entre los equipos como parte de sus funciones; esto con el fin de que los alumnos que estén fuera de su lugar y que por su rol no le corresponde, sean identificados fácilmente y reubicados a su sitio.

De acuerdo al plan de sesiones, los roles fueron rotativos con cada sesión y se pretendía que al final del entrenamiento cada alumno se hubiera desempeñado un mínimo de 3 veces en cada rol, lo que permitiría reforzar fortalezas y superar debilidades, sin embargo, debido a las inasistencias que presentaron algunos alumnos esto no pudo ser, por lo que algunos alumnos ocuparon más de 3 ve-

ces un mismo rol y quizá no pasaron por un rol en esas 3 ocasiones que se esperaba; esto debido a que en la asignación de roles, también se cuidaba el que no pasaran 2 sesiones consecutivas con un mismo rol, si esto ocurría se les asignaba otro, aunque ya hubiera completado sus 3 ocasiones en ese nuevo rol.

Con la intención de que los equipos quedaran equilibrados y con el objeto de mantener la disciplina en el grupo, los profesores titulares de la telesecundaria determinaron la conformación de los equipos, además de que en todo momento estuvieron presentes para apoyar en el mantenimiento del orden y la buena conducta de los alumnos.

Se procuró que las sesiones mantuvieran la misma estructura y en los tiempos establecidos, sin embargo, por aspectos de la complejidad del armado o de la dinámica de la clase, en algunas ocasiones el tiempo para cada actividad sufrió modificaciones, pero se mantuvo siempre el mismo orden cronológico de las actividades:

- ⊙ Explicación teórica. El tema de clase se abordó de forma breve (10 minutos), con ejemplos sencillos y cotidianos en su entorno, confirmando la comprensión mediante preguntas al aire o lluvias de ideas. Esta explicación concluía con la presentación del armado modelo para que los estudiantes lo observaran y vieran su funcionamiento, asimismo se les decía cuál sería el reto para esa sesión.
- ⊙ Asignación de roles. Al término de la explicación teórica, los alumnos acomodaban las mesas de trabajo y se reunían con sus compañeros de equipo para hacer la asignación de roles por parte de la investigadora. Se llevó un registro para saber qué rol le correspondía a cada integrante, considerando la asistencia de los miembros del equipo (si estaba completo o no), cuidar que cada integrante tuviera por lo menos un rol y que éste no hubiera sido alguno de los que tuvo en las últimas 2 sesiones. Sabiendo cada quien el rol que le correspondía en esa sesión, los alumnos se colocaban sus gafetes y casacas correspondientes.
- ⊙ Reproducir el modelo. Asignados los puestos de cada quien, el proveedor de material tendría que ir hacia el armado modelo para anotar la lista de material requerido, en tipo de piezas y cantidad, para posteriormente solicitarlo a los instructores. Una vez con su material, debía llevarlo a su equipo, que contaba con 35 minutos para poder reproducirlo y verificar su funcionamiento.
- ⊙ Mejorar el modelo. Al terminar el armado cada equipo debía hacer propuestas innovadoras al funcionamiento del modelo (15 minutos), haciendo las modificaciones pertinentes a su armado para lograr el reto del día, teniendo por lo general que solicitar más piezas y procurando que estas mejoras no fueran únicamente de estética.

- ⊙ Exposición de armados. Al concluir el tiempo destinado para hacer sus mejoras, cada equipo pasó al frente del grupo para explicar en qué consistieron sus modificaciones y justificarlas (5 minutos).
- ⊙ Devolución de material y calificación de rúbricas. Terminando las exposiciones se fotografiaron los equipos con sus armados como parte de la evidencia, procedían a desarmar el modelo y a devolver el material mientras calificaban las rúbricas (10 minutos).

A partir del programa de sesiones del curso del Grupo 1 (Apéndice 7. Sesiones del Grupo 1), se decidió hacer algunas modificaciones para el curso de la Localidad 2 por la disponibilidad del material y para superar algunas dificultades que se tuvieron en el primero. Otra modificación importante fue que, mientras que en la Localidad 1 se les pedía que hicieran mejoras al modelo original sin darles ninguna dirección sobre cómo podrían ser esas modificaciones, en el curso de la Localidad 2, en cada sesión se les pusieron retos específicos (Apéndice 8. Sesiones del Grupo 2).

Al término de cada sesión y para obtener los resultados más objetivos posibles, las rúbricas fueron calificadas como heteroevaluación, donde el propio estudiante, el coordinador de su equipo y el instructor a cargo de su equipo, evaluaron su desempeño de esa sesión de acuerdo al rol que ocupó. Con el objetivo de que los estudiantes estuvieran enterados de cuáles serían sus responsabilidades en cada clase y cómo serían evaluados, en la sesión de encuadre se les explicó en qué consiste cada rol, cuáles son las actividades que se esperaba que hicieran y se les entregaron las rúbricas para que las revisaran y que conocieran cómo se les evaluaría.

Cabe señalar que los modelos de armados que se realizaron son parte de la introducción a la robótica y son principalmente máquinas simples, por lo que, aunque algunos armados resultaron más complejos, no necesitaron más de una clase para armarlo. En cada una de las sesiones se realizaron modelos diferentes y en algunas se enfrentaron a retos, en la Tabla 8 se muestra el programa original del curso, como se puede observar son 3 sesiones por tema, por lo que se intentó que la primera sesión de cada tema el armado fuera más sencillo pero que fuera el ejemplo más significativo, en la segunda sesión se reforzó el tema intentando que los estudiantes participaran más en proporcionar ejemplos para asegurar que el tema se había comprendido; mientras que en la tercer sesión el reto fue mayor con un armado más complejo y además explicando la fórmula matemática de la VM (Ventaja Mecánica) de la máquina simple que correspondía.

Tabla 8.

Descripción de las sesiones. Elaboración propia.

Sesión	Tema	Armado	Reto
0	Encuadre		Presentación del programa y de las rúbricas analíticas.
1	Plano inclinado	Rampa para auto	El modelo de armado representa una rampa a modo de grúa para subir un auto con un contrapeso.
2	Plano inclinado	Taladro de mano	Simulación de un taladro para ejemplificar el plano inclinado en forma de tornillo.
3	Plano inclinado	Tornillo de Arquímedes	Construcción de una máquina gravimétrica helicoidal que serviría para elevar una pelota.
4	Palanca	Carretilla	Mostrar el funcionamiento de una palanca de segunda clase mediante una carretilla que transporta diversos materiales para cada equipo.
5	Palanca	Balanza	Demostrar cómo funciona una palanca de primera clase recreando una balanza antigua.
6	Palanca	Excavadora	Representar una palanca de tercera clase.
7	Ruedas y ejes	Barco con rueda de paletas	El armado modelo ejemplifica un mecanismo de fricción con una liga que se enrolla en un eje para que las aspas de un barco lo hagan avanzar.
8	Ruedas y ejes	Molino de viento	En este modelo el eje del molino de viento no participa en el movimiento de las hélices, sólo las sostiene.
9	Ruedas y ejes	Vagón	Simulación de cómo funciona un eje que sostiene las llantas de los vehículos.
10	Polea	Polea parada	Demostrar que utilizando una mayor cantidad de poleas, utilizadas de forma correcta, disminuye la cantidad de esfuerzo necesaria para elevar algo.
11	Polea	Elevador	Conocer cómo se utilizan las poleas en un elevador.
12	Polea	Grúa	Combinar varias poleas con alguna otra máquina simple para representar una grúa de construcción.
13	Engranajes	Bailarina	Construir una bailarina de caja musical con engranes que se activan mediante una manivela.
14	Engranajes	Batidora manual	Representar el mecanismo de una batidora manual utilizando dos engranes.
15	Cierre	Máquina libre	Planear y construir un artefacto que incorpore la mayor cantidad de máquinas simples.

Es imprescindible apuntar que la participación de los instructores no sólo se limitó a impartir el curso y a calificar las rúbricas, cada uno tuvo a su cargo durante todo el curso un equipo, con la finalidad de identificar algún cambio (positivo o negativo) en la dinámica de los integrantes, ya que eso se reflejaba en sus resultados tanto del armado como al calificar las rúbricas. Por lo que al haber algún cambio en la actitud o el desempeño de algún miembro y que quizá no alcanzara a reflejarse en las rúbricas, ellos lo comunicaran para considerar analizar la situación y poder hacer modificaciones en los equipos o dar el apoyo pertinente.

Concluidos ambos cursos se les entregó a los Directores y profesores titulares una retroalimentación con gráficas (Apéndice 9. Devolución de resultados a Directores y profesores titulares) donde se les presentaron las calificaciones de sus alumnos por rol y por sesiones, incluso en los casos donde fue posible también se les dio resultados (parciales) de los alumnos que fueron eliminados de la investigación. Además de entregarles los resultados obtenidos y dos discos DVD con las fotografías y fragmentos de videos del curso, también se les ofrecieron estrategias que pueden implementar en sus clases para que los estudiantes apliquen lo aprendido en el entrenamiento de robótica y la invitación para continuar con el proyecto en generaciones posteriores.

A los participantes también se les hizo una devolución de resultados como fue acordado (Apéndice 10. Devolución de resultados a participantes para ver un ejemplo), donde aparecen sus calificaciones tanto en la TOL Dx como de las rúbricas, acompañado de un manual breve de cómo interpretar sus resultados (también se les explicó verbalmente en una sesión de cierre). Asimismo se les brindaron comentarios y sugerencias que les ayudarán a continuar con el mejoramiento de su proceso de planeación, con el fin de que su formación continúe y la puedan aplicar a su vida diaria, además como muestra de agradecimiento por participar en el proyecto se les dio un pequeño obsequio cortesía de la investigadora.

En cuanto a la descripción del curso con los grupos de investigación así fue como se llevó a cabo el procedimiento, ahora se procederá a realizar un relato sobre cómo se llevó a cabo la sesión del grupo focal, para esto fue necesaria la intervención del Departamento de Psicología de la Casa Hogar para convocar a los asistentes, donde también se contó con la presencia y participación de la Dra. Ana María Méndez Puga, quien gestionó la entrada a la institución mencionada.

La sesión del grupo focal comenzó con una breve presentación de la investigadora y como estrategia para "romper el hielo", se les pidió que armaran un taladro de mano, para ello se les proporcionó material K'nex y una lámina de armado para que sirviera como modelo del robot. Sólo uno de los participantes estaba familiarizado con este material y ninguno había trabajado con láminas

de armado, ya que la forma en que ellos trabajan es un poco distinta a la que se trabajó en este proyecto.

Ellos suelen trabajar con material LEGO y tienen un equipo grande de robótica (en cantidad de integrantes) y se subdividen en 3 equipos cuando se preparan para algún torneo, el equipo de "Proyecto" se encarga de hacer la investigación sobre la temática que marca la convocatoria, se podría decir que es toda la parte teórica en cuanto a conceptos y términos, además hacen una maqueta a manera de bosquejo para el robot que proponen armar y que vendría a solucionar la problemática de la que trata el concurso.

Un segundo equipo es el de "Programación", la cual hacen a través de la plataforma Lego Mindstorms EV3, dándole al robot todos los movimientos y acciones que requiere ejecutar para llevar a cabo la tarea. El tercer equipo es el de "Construcción" que se encargará de evaluar si la maqueta que realizó el primer equipo es viable, si requiere modificaciones y si puede realizar los movimientos que los de programación están haciendo.

Esta forma de organización es común cuando los equipos de robótica son grandes, sin embargo, las funciones y etapas en las que se lleva a cabo el robot se muestran similares a los roles que se manejaron en esta investigación (con equipos pequeños).

Una vez que comenzaron a hacer el robot que se propuso y quizá debido a que no están tan familiarizados con ese tipo de material, tardaron un poco más de tiempo de lo previsto en construirlo, así que se decidió hacer una pausa en el armado para comenzar con el conversatorio del cual se obtendrían los discursos para atender los objetivos planteados (ver capítulo de Capítulo 5. Resultados)

Habiendo descrito cada una de las fases de la investigación y los medios por los que se obtuvieron los datos, se procederá a explicar cómo se llevó a cabo el análisis de la información, misma que se llevó a cabo en la secuencia que marca el diseño adoptado, sin embargo, se considera pertinente detallar cómo fue el tratamiento de los datos obtenidos de cada instrumento utilizado.

El primer instrumento que se utilizó fue la TOL Dx para comparar los resultados de los participantes del grupo experimental con los del grupo control e identificar si el curso de robótica pedagógica influyó en mejorar la eficiencia del proceso de planeación, descartando que el desarrollo de la habilidad sea una cuestión de madurez.

El análisis de los datos que arroja la TOL Dx se realizó en 2 fases de acuerdo al modelo de Arias Galicia (2014). La primera fase consiste en hacer una comparación de grupos, en la cual uno de

los grupos recibe un entrenamiento con robótica pedagógica (grupo experimental) y otro grupo que servirá de control, al que sólo se le aplican las pruebas en los mismos momentos que al experimental pero sin haber llevado aún el curso de robótica. Para esta comparación se realizó la prueba U de Mann-Whitney para datos independientes, debido a que los grupos son pequeños.

En la segunda fase de este diseño cuantitativo, el grupo que al principio fue de control, al recibir el curso de robótica se convierte en grupo experimental, por lo que se pudieron comparar los resultados obtenidos con los del primer grupo, es decir, se hará un análisis descriptivo en ambos grupos como pre-curso y post-curso, utilizando la prueba del signo.

También se realizó un análisis de las 3 mediciones del grupo 2 con el ANOVA de Friedman y posteriormente una prueba de rangos con signo para ver en estos 3 momentos los posibles cambios en alguna de las variables a tratar. Tomando como base algunas de las investigaciones previas y reflexionando sobre los objetivos que se deseaban alcanzar, se decidió tomar de la TOL Dx sólo las variables Movimientos Correctos (MC), Movimientos Excedentes (ME) y Violaciones de Tiempo (VT), esta decisión se explica en el capítulo de Resultados.

Para calcular la variable Movimientos Correctos, de acuerdo al manual de la TOL Dx (Culbertson & Zillmer, 2005) se obtiene de la siguiente forma: a la cantidad de movimientos que realiza el participante para resolver un ejercicio, se le resta la cantidad de movimientos mínimos establecidos para ese ejercicio, si de esta operación se obtiene un cero se cuenta como un Movimiento Correcto; este procedimiento se realiza con cada uno de los problemas o ejercicios, la suma de estos Movimientos Correctos es la que se transforma en una puntuación estandarizada en el manual y con la que se trabajará para hacer los análisis correspondientes.

Si al realizar el procedimiento anterior el resultado no es cero, esa cantidad de movimientos extra son los Movimientos Excedentes, los cuales se suman y se obtiene una puntuación que será transformada de acuerdo a la estandarización que ofrece el manual, y con la que se realizan los estadísticos.

La última variable a analizar será la de Violaciones de Tiempo, que se refiere a los ejercicios que fueron realizados después de haber terminado el primer minuto a partir de que comenzó a resolver el problema, igualmente se sumarán y se convertirán en una puntuación estandarizada para ser tratada.

En relación al instrumento que fue elaborado exclusivamente para este estudio y que se aplicó en cada una de las sesiones de los cursos, las rúbricas recibieron un tratamiento diferente por su

propia naturaleza y la información que ofrecieron. Para obtener la calificación individual en cada una de las sesiones, se sumó el total de puntos obtenido en la rúbrica, se localizó la puntuación que correspondía en la tabla de estandarización y de ese modo se conseguía una calificación en escala de 1 a 10. La descripción de cómo se realizó la estandarización y el tratamiento de las puntuaciones se encuentra en el Apéndice 3. Rúbricas.

En relación a los elementos cualitativos, se llevaron a cabo las transcripciones de los audios para realizar el análisis de contenido tanto de las entrevistas a los profesores (Apéndice 1. Entrevista al profesor al término del curso de robótica), como del grupo focal (Apéndice 2. Guía para grupo focal) y posteriormente hacer un análisis manual sobre los comentarios que se consideraron más relevantes para responder a las preguntas de investigación y a los objetivos específicos.

Capítulo 5. Resultados

En un afán de congruencia con el diseño metodológico, para que los resultados de la investigación, independientemente de si son cuantitativos o cualitativos, se vinculen e integren y respondan a la intencionalidad de la investigación, están organizados en función de los objetivos específicos, explicando cómo fueron atendidos mediante los datos recabados. Al final se analizan en conjunto para ver la forma en que el objetivo general quedó cubierto.

✓ ***La apropiación de conceptos y principios básicos de la robótica.***

Con base en las observaciones realizadas durante la investigación¹, se detectó que el 100% de los alumnos que participaron en el estudio se apropiaron de los conceptos básicos que se abordaron, tanto los nombres de las piezas, ejes, ruedas, conectores de 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 180° con pestaña, 180° con acople, ruedas, seguros, entre otros, la función que tenían las máquinas simples que se explicaron, el objetivo principal de los robots, así como de los conceptos como Esfuerzo, Resistencia, Ventaja Mecánica, Trabajo, Carga, Fuerza, Fricción, entre otros; esta afirmación puede hacerse por la interacción que se tuvo con los alumnos en todas las actividades, a través de preguntas directas, del diálogo entre sus compañeros, de las exposiciones que hacían de sus modelos al término de cada sesión y de las preguntas que lanzaban los instructores para verificar la apropiación de los conceptos.

✓ ***Evidencias de mejora en la eficiencia de la planeación.***

El cumplimiento de este objetivo gira en torno a los resultados obtenidos en las mediciones con la TOL Dx y se obtuvo de la comparación entre ambos grupos en dos momentos: antes y después del curso de robótica, que define también si el curso tuvo impacto en el mejoramiento de la eficiencia de la planeación. El mejoramiento se determina por varios indicadores que deben cumplirse:

1. El incremento en la cantidad de Movimientos Correctos (MC). Un movimiento correcto es un problema de la TOL Dx resuelto en el mínimo de movimientos establecidos para ese ítem.

¹ Elementos que se rescatan de las observaciones en video grabaciones.

2. La disminución en la cantidad de Movimientos Excedentes (ME). Los movimientos excedentes son los movimientos adicionales a los mínimos establecidos para ese ítem, que realizó el evaluado para resolver el problema.

3. La disminución de las Violaciones de Tiempo (VT). Una violación de tiempo es cuando la resolución de un problema excede al primer minuto. Si en la medición previa al curso de robótica el participante no cometió VT ni en la medición posterior, se consideró como algo positivo porque logró mantener el nivel óptimo.

Por lo tanto, el mejoramiento de la planeación se refiere a la optimización del tiempo, planeando, monitoreando y evaluando constantemente (autorregulándose), para poder solucionar los problemas procurando no exceder los movimientos mínimos establecidos. Cabe señalar que esta decisión también se apoyó en los criterios utilizados para la validación de la TOL Dx donde compararon las puntuaciones de niños normales y niños con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), al no encontrar diferencias significativas en ambos grupos en las edades de 13 a 15 años, en las variables -aquí nombradas- MC y VT, por lo que sólo en la variable ME hubo diferencias estadísticamente significativas. Esto es importante porque si hubiera algún(os) participante(s) con TDAH, sus resultados no hubieran modificado los estadísticos de su grupo.

Para esclarecer si se presentó un incremento en los MC se calculó la diferencia del pre y el post de cada grupo, y a estas cifras se les aplicó la prueba U de Mann-Whitney para datos independientes, procedimiento que se realizó también para las demás variables, por lo que las Medianas reportadas tienen su origen en esta diferencia. Las gráficas mostrarán las Medianas de las puntuaciones brutas y no sobre las que se aplicaron las pruebas estadísticas.

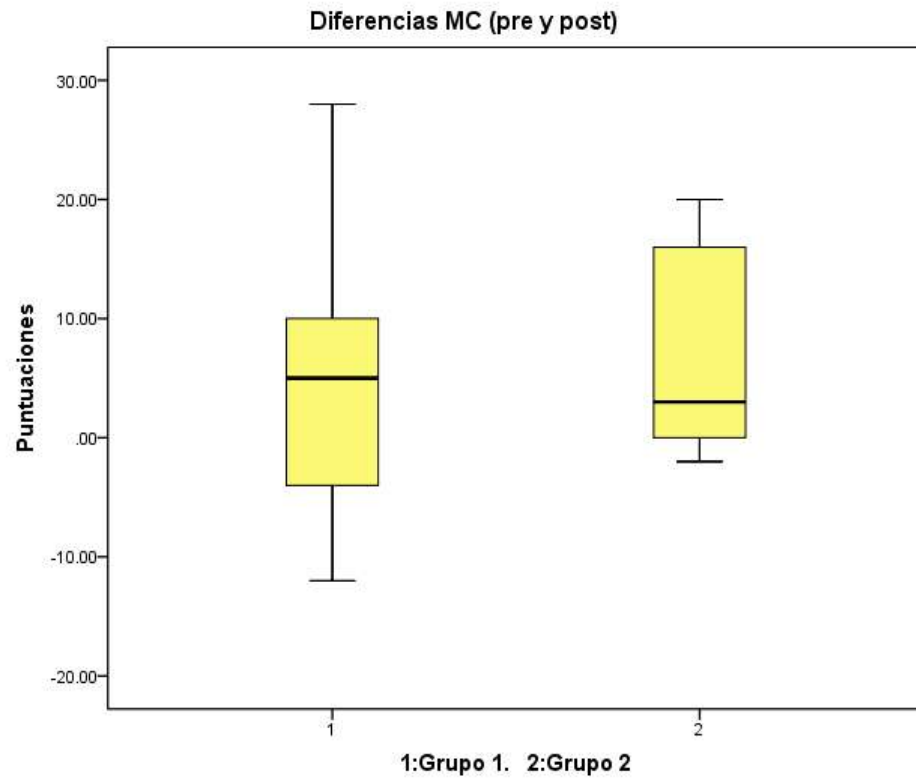


Figura 10. Diferencias entre grupos en la variable Movimientos Correctos (MC) en la Fase I.

En la Fase I, para la variable MC se encontró que los participantes del Grupo 1 tuvieron mayor cantidad de Movimientos Correctos ($Md= 5$) que los participantes del Grupo 2 ($Md= 3$) como se puede observar en la Figura 10, sin embargo, la diferencia entre ambos grupos no fue significativa [$U(10, 10)=47$, $Z= -.230$, $p= .818$].

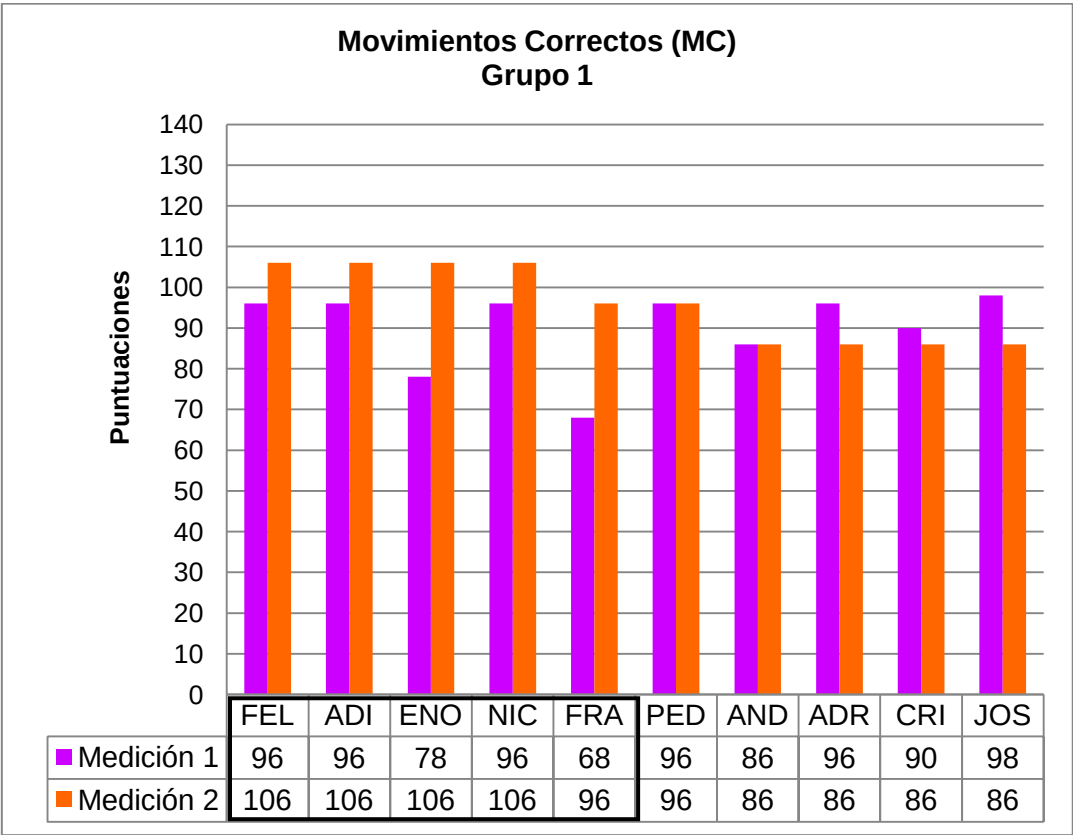


Figura 11. Comparación de la Medición 1 y Medición 2 del Grupo 1.

Nota: Se enmarca a los participantes que mejoraron su puntuación.

La Figura 11 muestra el desempeño de cada uno de los participantes del Grupo 1, en los diferentes momentos de la medición de la variable MC, en dicha figura se puede ver que 5 de los participantes tuvieron un aumento en el número de Movimientos Correctos, 2 se mantuvieron igual después del curso de robótica y 3 disminuyeron, por lo que, de acuerdo a este indicador, el 50% de los alumnos tuvieron un mejor desempeño en la prueba.

Para comparar los resultados de la variable MC en las 3 mediciones del Grupo 2, en un primer momento se realizó una ANOVA de Friedman y no se encontraron diferencias [$X^2= 2.438$, g.l.=2], por lo que se procedió a analizar mediante una prueba de rangos con signo y se encontró que en cuanto a MC tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas [$T(8)=13$, $Z= -.704$, $p= .482$]. No obstante, se considera importante mostrar en la Figura 12 la gráfica de los resultados de cada participante con la finalidad de analizar la fluctuación de las puntuaciones en las dos fases. En la Fase I cuando aún no habían recibido el curso, 4 participantes incrementaron sus puntajes en MC, otros 4 no tuvieron cambios y 2 bajaron sus puntuaciones; mientras que en la Fase II -después del curso de robótica- fueron 5 los participantes que mejoraron su puntuación, 2 no tuvieron cambios y 3 disminuyeron.

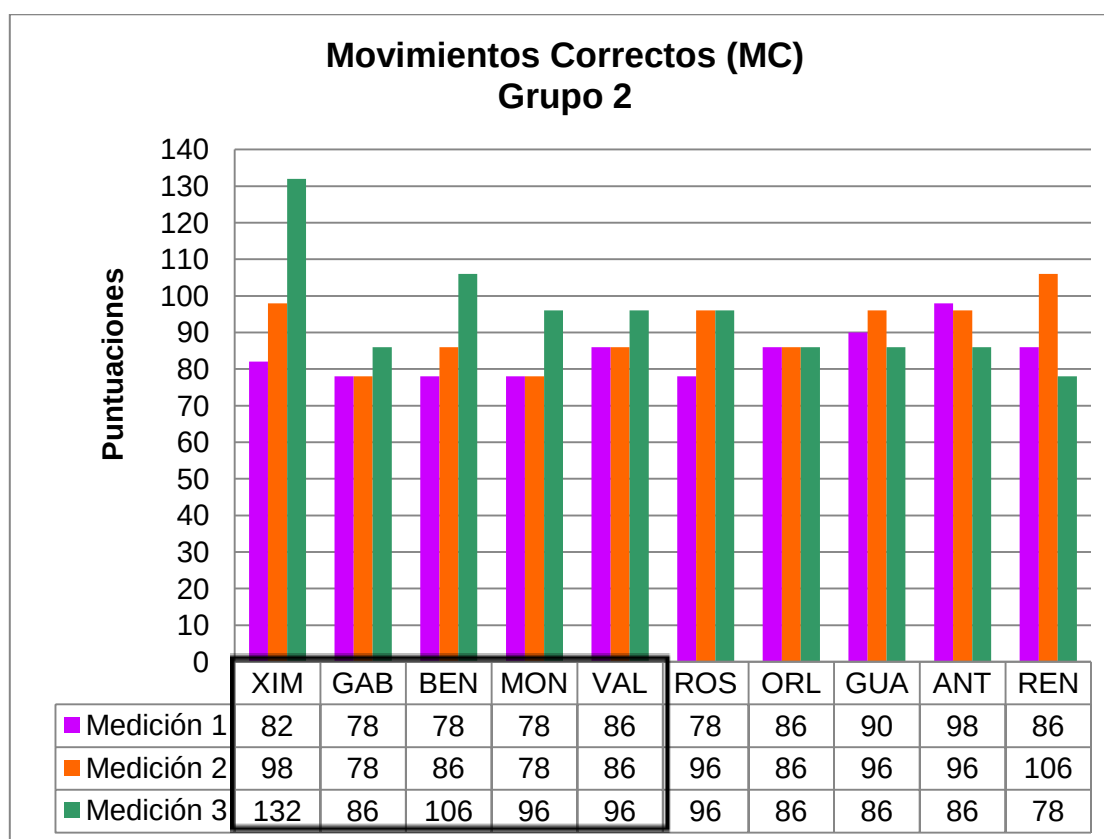


Figura 12. Comparación de la Medición 1, Medición 2 y Medición 3 del Grupo 2.

Nota: Se enmarca a los participantes que mejoraron su puntuación en la Fase II.

En relación a la variable ME se esperaba que el Grupo 1 disminuyera después de haber tomado el curso (Figura 13), sin embargo esta cifra aumentó en la medición posterior ($Md = 7$), por lo que se mantuvieron por encima del Grupo 2, quienes incluso disminuyeron la cantidad de ME ($Md = -1$) obteniendo un resultado opuesto a lo hipotetizado, pero sin reflejarse una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos [$U(10, 10) = 31.5$, $Z = -1.404$, $p = .160$].

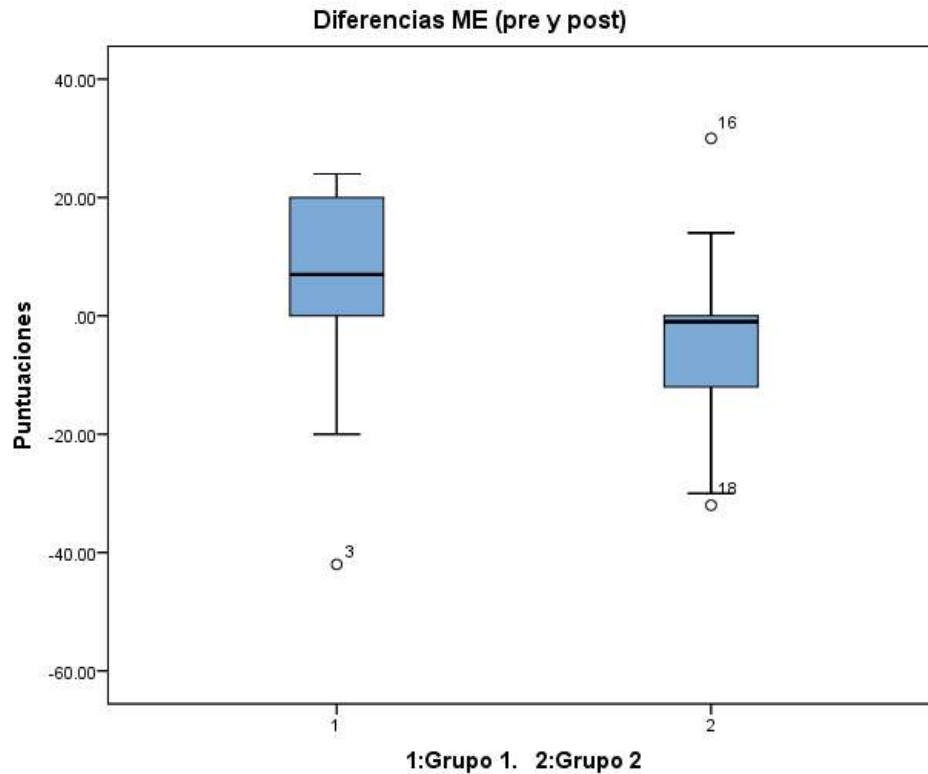


Figura 13. Diferencias entre grupos en la variable Movimientos Excedentes (ME) en la Fase I.

Para comparar las tres mediciones de la variable ME del Grupo 2, también se llevó a cabo primero un ANOVA de Friedman [$X^2 = 2.722$, $g.l. = 2$] sin obtener diferencias significativas, por lo que se realizó el análisis con la prueba de rangos y tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas, lo cual indica que en este grupo no logró que los participantes planearan anticipadamente sus movimientos, ni tuvieron una monitorización constante para darse cuenta que no tenían una estrategia o que ésta no estaba funcionando [$T(10) = 14.5$, $Z = -1.329$, $p = .184$].

En relación al tercer indicador, la diferencia de VT en ambos grupos en puntuaciones brutas fue evidente (Figura 14), mientras que en el Grupo 1 se cometió sólo 1 VT (Md= 0), en el Grupo 2 fueron 9 (Md= 0); para la segunda medición el Grupo 1 no presentó Violaciones de Tiempo, mientras que en el Grupo 2 disminuyeron a 6. El resultado del análisis estadístico con las puntuaciones estandarizadas mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas para la variable VT en ambos grupos [$U(10, 10) = 44.5$, $Z = -.547$, $p = .585$] en la primer fase. Esto se debe a que sólo un par de alumnos fueron los que cometieron la mayoría de las violaciones de tiempo, por lo tanto, no es una cifra que represente a los grupos completos. A pesar de esto, es importante señalar que para el post de la Fase II ya no hubo ocurrencias en el Grupo 2, por lo tanto, al comparar las tres mediciones de este grupo se obtuvieron diferencias significativas [$X^2 = 6.118$, $g.l. = 2$].

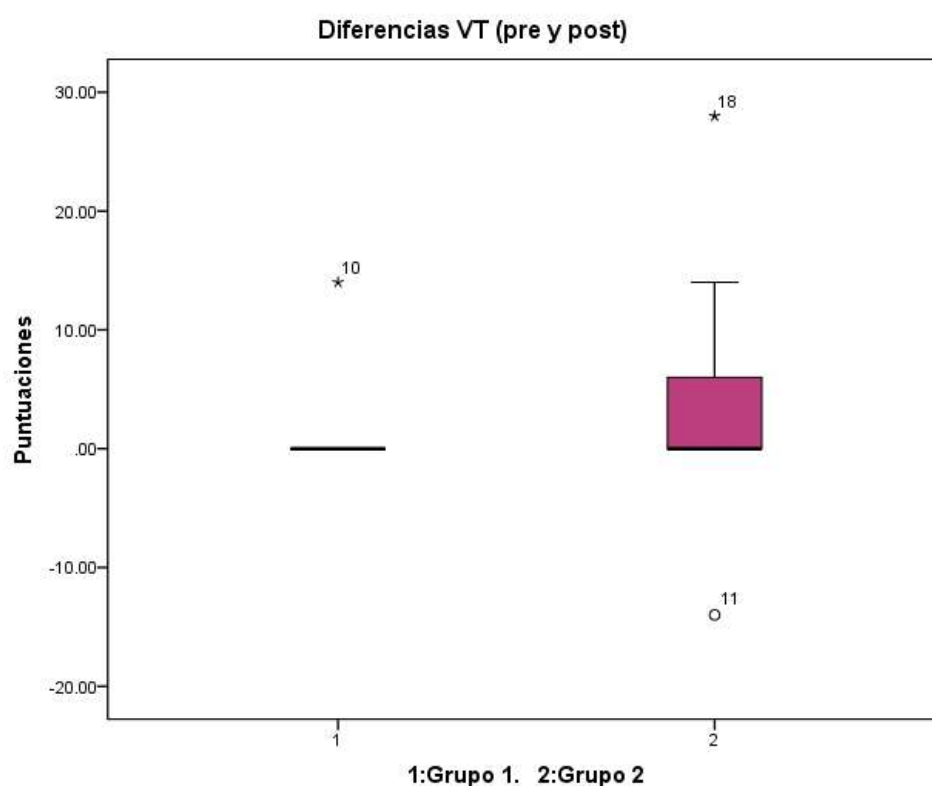


Figura 14. Diferencias entre grupos en la variable Violaciones de Tiempo (VT) en la Fase I.

Ahora bien, de acuerdo al diseño propuesto por Arias-Galicia (2014), en la Fase II el Grupo 2 también se convierte en experimental, por lo tanto, se decidió hacer un comparativo de las puntuaciones estandarizadas para todas las variables antes y después de que cada grupo recibiera el curso de

robótica; se encontraron algunos aspectos que coinciden con lo expuesto anteriormente, y con otras donde se puede ver de forma más focalizada cómo se comportó cada grupo después del curso. Se analizan los resultados primero por variable, y posteriormente se muestra cómo se determinó la cantidad de participantes que lograron mostrar una mejor eficiencia en la planeación.

En relación a los MC que buscaba incrementarse después de terminar el curso de robótica, el porcentaje de alumnos que incrementaron su puntuación fue del 50% en ambos grupos como se muestra en la Figura 15. Los alumnos que incrementaron la cantidad (y la puntuación) de MC se ubican en la gráfica por encima de la puntuación cero, los que no tuvieron cambios sobre la línea cero y los que disminuyeron por debajo del cero.

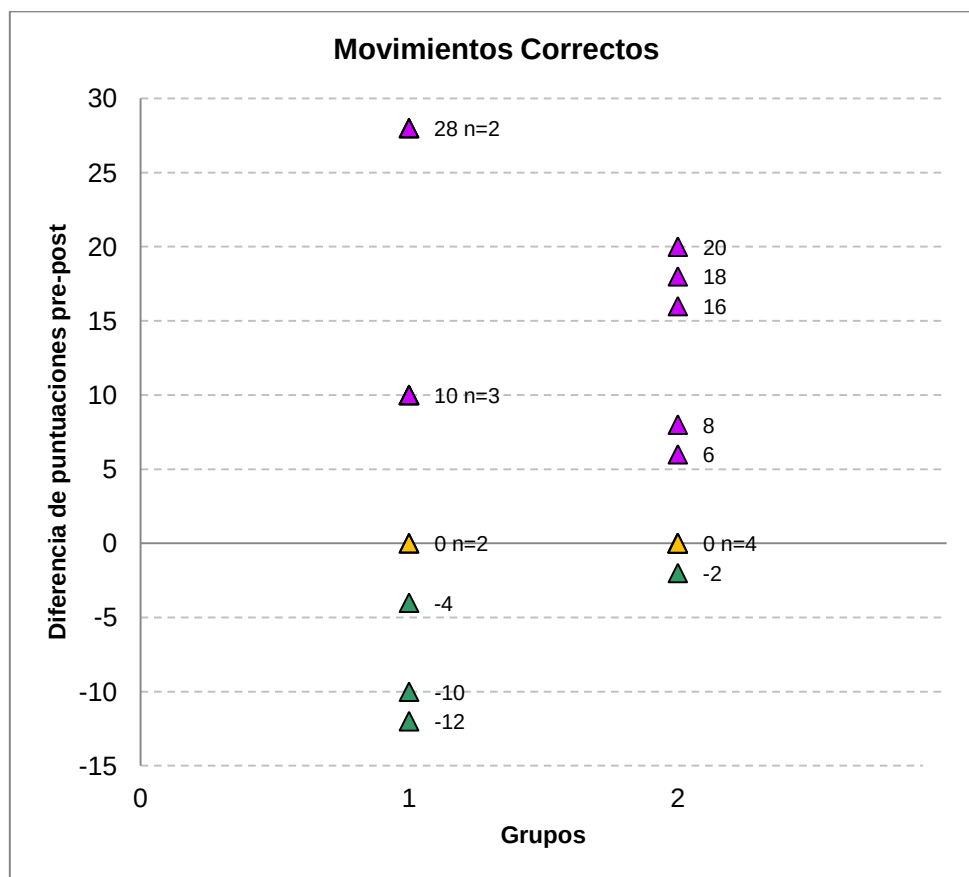


Figura 15. Comparación de grupos en el resultado de las diferencias, pre y post, de los MC al término del curso de RP.

Nota: ▲ Incrementaron ▲ Sin cambios ▲ Disminuyeron

Otra de las variables en las que se deseaba incidir fue la de Movimientos Excedentes y se obtuvieron los siguientes resultados (Figura 16), entre ambos grupos se observó que el 45% de los participantes disminuyeron los movimientos excedentes necesarios para resolver los ejercicios, lo que se traduce en una mejor puntuación, por lo que este porcentaje de alumnos se ubican en la Figura 16 por encima de cero, los participantes que no presentaron cambios se encuentran sobre la línea del cero y los que aumentaron la cantidad de ME, por debajo de cero.

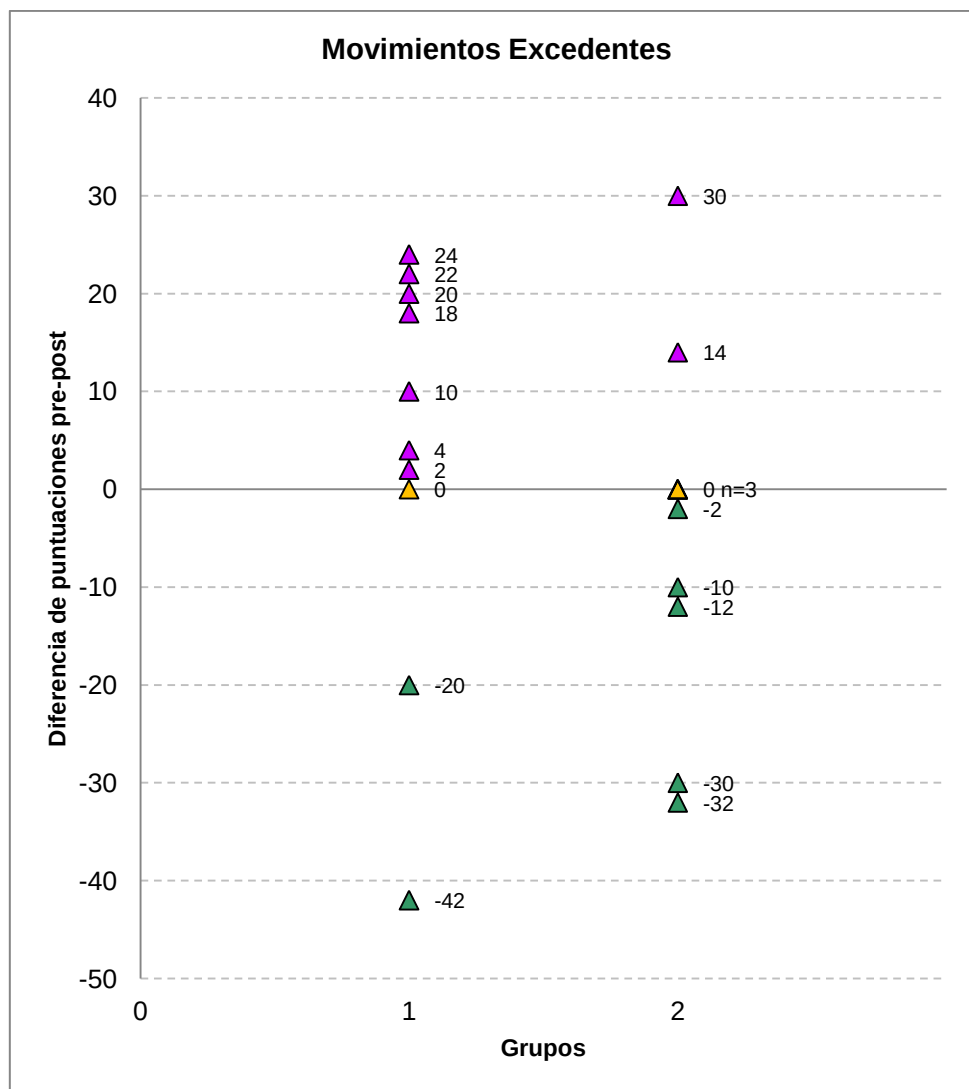


Figura 16. Comparación de grupos en el resultado de las diferencias, pre y post, de los ME al término del curso de RP

Nota: ▲ Incrementaron ▲ Sin cambios ▲ Disminuyeron

En lo que respecta a la variable VT, en la cual se deseaba que los participantes que habían tenido alguna ocurrencia, al término del curso disminuyeran o eliminaran esta infracción; y los participantes que no habían tenido violaciones de tiempo se mantuvieran así en la medición posterior al curso. Se logró para la medición post-curso que, el 100% de los alumnos eliminaran las VT en ambos grupos, y esto podría considerarse como un avance dentro de la planeación desde el punto de vista de la optimización del tiempo y desde la autorregulación, puesto que pudieron resolver los problemas dentro del tiempo "ideal".

Conjugando los tres indicadores para determinar si hubo participantes que mejoraron su proceso de planeación, se encontró que del Grupo 1, un total de 4 alumnos lograron cumplir con estos 3 parámetros, es decir, incrementaron sus *Movimientos Correctos (MC)*, disminuyeron los *Movimientos Excedentes (ME)* y disminuyeron (o se mantuvieron en cero) sus *Violaciones de Tiempo (VT)*. En este mismo grupo, hubo un participante que incrementó sus MC y mantuvo en cero las VT, aunque en los ME no hubo cambios, sin embargo, desde la medición previa tuvo uno de los mejores puntajes en este rubro, por lo que, el no observar cambios también podría considerarse como algo positivo puesto que mantuvo una monitorización constante; razón por la cual también se considera como parte de los alumnos que mejoraron su proceso de planeación. En el Grupo 2 se logró que 5 participantes cumplieran también con los tres indicadores, los 5 restantes obtuvieron un mejor resultado en alguno de ellos o en ninguno.

En conclusión, de los dos grupos que participaron en el estudio, el 50% de los adolescentes mostraron una mejor eficiencia en la planeación al término del curso de robótica pedagógica de acuerdo a los indicadores establecidos. La Tabla 9 muestra cómo se llevó a cabo el análisis para identificar a los alumnos que mejoraron su proceso de planeación.

Tabla 9.

Tabla de decisión para identificar a los participantes que mostraron mejora en su proceso de planeación.

Grupo	Participante	MC	ME	VT
1	FEL*	+	0	0
1	ADI*	+	+	0
1	ADR	-	-	0
1	ENO*	+	+	0
1	PED	0	+	0
1	CRI	-	+	0
1	JOS	-	-	0
1	NIC*	+	+	0
1	AND	0	+	0
1	FRA*	+	+	+
2	GUA	-	-	+
2	ANT	-	+	0
2	XIM*	+	+	0
2	ROS	0	-	0
2	GAB*	+	+	0
2	REN	-	-	0
2	BEN*	+	+	0
2	ORL	0	+	+
2	MON*	+	+	+
2	VAL*	+	+	+

Nota: (+) Mejoró, (-) No mejoró, (0) Sin cambios. (*) Alumnos que mejoraron su proceso de planeación, eliminando la magnitud de los cambios.

✓ *La efectividad del entrenamiento con robótica pedagógica.*

De acuerdo a los resultados presentados anteriormente en cada uno de los indicadores establecidos para establecer si el curso de robótica fue efectivo para mejorar la eficiencia de la planeación, se puede concluir que el curso no tuvo las diferencias esperadas, pero sí impactó en algunas otras variables cualitativas que se mencionan en este apartado y que se retoman en la

discusión, para describir algunos detalles que pudieron haber influido y hacer las recomendaciones para futuras investigaciones.

No obstante que los resultados estadísticos no fueron favorecedores, las respuestas de los profesores durante la entrevista aportan algunas ideas interesantes que además coinciden con la teoría analizada.

"Pues me di cuenta de varios detalles que los muchachos cambiaron a raíz de que ustedes estuvieron viniendo, porque bueno, sí aprendieron muchas cosas de los temas que tocaron, pero también mejoró mucho la comunicación en el grupo, por ejemplo había niños que no se llevaban bien y ya cuando terminó el curso a lo mejor no terminaron siendo amigos pero al menos ya no son agresivos, o sea que también se hicieron más tolerantes entre ellos (...) ahora también son como más seguros para hablar, cuando van a exponer algo como que ya se ven más sueltitos (...) ahora están más dispuestos a trabajar en equipo y ya casi no reniegan por con quién les toca, como que dicen pues tenemos que hacerlo, así que ya se puede decir que le echan ganas no importa con quién les toque" (EPA²).

"A mí me gustó mucho el curso que les dieron porque sí noté muchas diferencias en ellos, algunos se empezaron a portar mejor, bueno de por sí son un grupo tranquilo, bueno más o menos, pero como yo vi que se portaban bien con ustedes y también conmigo en los demás días. Otros empezaron a hablar más, pero no que se hicieran platicones, sino como que ya se expresan, vaya, porque antes ni aunque les preguntara hablaban y ahora buscan estar participando (...) en general no había conflictos entre ellos, pero ahora los siento como más unidos (...) y pues yo los veo como que ahora sí analizan más antes de hablar porque además de que ustedes les decían que planearan, yo también les estuve haciendo hincapié en que antes de hacer cualquier cosa primero se detengan a pensar y vean qué es lo mejor antes de actuar, y pues como que sí han estado adoptando hacer eso" (EPB³).

Estos comentarios de los profesores apoyan lo que en la teoría se abordó acerca de que la robótica no sólo abona a la formación académica, sino también a la socio-emocional, ayudando a que

² Entrevista al Profesor A.

³ Entrevista al Profesor B.

los adolescentes se sientan más seguros al conducirse con sus compañeros, a ser más asertivos, a gestionar mejor sus emociones, por citar ejemplos. Y en relación a lo académico, se le preguntó también a los profesores "¿Considera que el curso de robótica apoyó para la comprensión de temas/conceptos de alguna asignatura en particular? ¿Cuál (es)?", las respuestas de los profesores fueron las siguientes:

"[...] yo sí noté cómo algunos de los alumnos empezaron a participar más en clase cuando yo les preguntaba por algún tema que estábamos viendo en física, que fue como con la materia que más se abordaban los temas o que yo veía que hacían las figuras en robótica, cosas como lo de, bueno, lo de las máquinas simples que vieron de lo de las poleas, las palancas de diferentes grados, los ángulos, porque algunos niños ni siquiera les quedaban claros los de los ángulos y ya con el material que traían pues se aprendieron los nombres de las piezas y cómo eran y como que relacionaron eso y deducían lo de los grados, eso nos facilitó mucho que siguieran comprendiendo otros temas" (EPA).⁴

"[...] yo creo que en matemáticas y física fue donde más aplicaron los temas que vieron con ustedes, yo vi como que sí desarrollaron otras habilidades que no sólo se utilizan en esas materias, como yo les digo a ellos, aprovechen el curso de todo a todo, no se van a hacer expertos en robótica porque pues el curso es muy rápido pero al menos intenten captar lo más que puedan de los temas que ven con ellos, pero sobre todo apliquen eso de lo que les están diciendo que planeen, que todo lo que vayan a hacer vaya bien pensado antes de tomar una decisión (...) en cuanto a materias yo creo que más bien fue lo de matemáticas y física, sobre todo física, pero también hay otras cosas que van a poder aplicar a su vida diaria" (EPB).⁵

De acuerdo a los discursos de ambos profesores, las asignaturas a las que apoya directamente el curso de robótica serían matemáticas y física, esto se debe a dos factores: 1. Se abordaron temas que se revisan en estas asignaturas, especialmente en el grado escolar que cursan y 2. La etapa pedagógica de la robótica con la que se trabajó (etapa mecánica), es probable que si se trabajara en una etapa diferente (por ejemplo la etapa de programación), el curso se relacionaría con otras asignaturas.

⁴ Entrevista al Profesor A.

⁵ Entrevista al Profesor B.

Además ocurrió lo esperado, que emergieran las categorías que se habían descrito en la teoría, acerca de que quienes participan en cursos de robótica, no sólo adquieren habilidades propias de la disciplina (tecnológicas), sino también una mejora en sus aptitudes (cognitivas) y refuerzo en aspectos actitudinales (socio-emocionales) a través del trabajo en equipo y de la interacción con sus compañeros.

✓ ***El desempeño de los roles a lo largo del curso.***

Uno de los objetivos de las rúbricas fue que sirvieran como instrumento de retroalimentación a los alumnos, para que identificaran qué nivel de desempeño habían tenido en esa sesión de acuerdo al criterio de uno de sus compañeros, de un instructor y de ellos mismos. También sirvió para que al final pudieran hacerse varias gráficas: una para mostrar el desempeño de cada alumno a lo largo de las sesiones (independientemente del rol que tuvo), otra donde se comparan sus calificaciones entre las sesiones en que ejecutó el mismo rol, además de otra donde se ilustra el promedio de calificaciones que obtuvo cada alumno en cada uno de los roles (Apéndice 10. Devolución de resultados a participantes); estas gráficas fueron parte del reporte que se le entregó a cada alumno y al profesor titular como parte de la devolución de resultados.

Para atender al objetivo específico planteado que buscó determinar si los alumnos a través del paso por un rol, obtenían las herramientas necesarias para que la siguiente ocasión que les tocara ejercerlo lo hicieran con un mejor nivel, se realizó el cálculo de las diferencias por alumno de las sesiones en que ocupó el mismo rol, para saber si hubo un incremento, decremento o si se mantuvo sin cambios; esto se hizo con cada uno de los alumnos de ambos grupos y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 10.

Comportamiento del desempeño de los alumnos de ambos grupos en su paso por cada rol.

	Proveedor de material	Verificador	Coordinador	Diseñador	Armador
Incremento	40	25	60	50	45
Sin cambios	30	35	15	20	35
Decremento	30	40	25	30	20

Nota: Cifras en porcentajes.

En la Tabla 10 se puede observar que, a excepción del rol de Verificador en donde el mayor porcentaje de alumnos está situado en la fila de "Decremento", en los demás roles se obtuvo un incremento en el desempeño, lo cual indica que los alumnos sí mostraron un avance durante el curso. Es importante señalar que los alumnos que no mostraron cambios en su desempeño (a excepción de dos alumnos) ya habían obtenido una buena calificación (arriba de 8) desde la primera ocasión que pasaron por ese rol, por lo tanto, el hecho de no haber cambios también se considera algo positivo puesto que lograron mantener un buen nivel en ese rol.

✓ ***Los adolescentes expertos describen las habilidades cognitivas, sociales, emocionales y tecnológicas que han adquirido al practicar la robótica.***

De acuerdo a la guía elaborada para este grupo y persiguiendo los objetivos mencionados, algunos de los resultados obtenidos apuntan a que, como lo menciona la literatura, la Robótica Pedagógica les ayuda en diferentes áreas de su vida, por ejemplo, en la cuestión personal, el participante "Y" comenta que la robótica le ayudó en su comportamiento:

"me porto mejor, [...] Sí porque es como si yo me estuviera poniendo un reto a mí mismo y [...] hasta lograrlo o así, y [...] aparte pienso que de todos modos si queremos estar aquí [en la Casa Hogar] nos tenemos que portar bien".

Los participantes, por su parte, resaltaron que además los temas que abordan dentro de la robótica o la temática de los concursos donde han participado, también les ayuda para comprender algunos de los temas que ven en la escuela y para la vida diaria. "Y" comenta al respecto:

"Te ayuda mucho en eso, no sólo en la escuela, también en la calle y ps todo, en tu familia, porque de hecho hasta a veces cuando te preguntan ps se te va yendo la pena y todo, y ps ya casi no tienes pena de andar como hablando en público y ps como aquí son mucho de que hacen cosas [eventos]".

Lo anterior viene a reforzar lo que se mencionaba en la literatura revisada acerca de que la robótica no sólo aportará conocimientos relacionados con la tecnología, sino que apoyará al desarrollo de habilidades cognitivas y socio-emocionales que pueden trasladar a diferentes espacios y momentos.

Cuando se introdujo el tema de la planeación, al principio sus comentarios giraban entorno al plan de vida, principalmente haciendo comentarios sobre lo que les gustaría estudiar en el nivel supe-

rior, por lo cual se recurrió a explicar que la pregunta se refería a la planeación en general, si consideraban que era importante planear y si solían hacerlo, "K" comentó: *"Sí es importante porque ps luego no sabes qué vas a hacer si no planeas algo"*, enseguida "Y" contradijo: *"pero hasta hay un dicho que dice [...] bueno, no me acuerdo bien como es pero algo así como que, en veces cuando planeas te salen mejor las cosas de como las habías planeado"*, además M compartió la experiencia de uno de los concursos a los que fueron, en el cual por accidente el robot se les cayó y se desarmó, así que tuvieron que hacer un plan emergente y después de repararlo quedó aún mejor, apoyando de esta forma lo que "Y" señalaba.

Continuando con el tema de la planeación en la robótica, se les preguntó que en qué equipo creían que tenían que planear más, en el de Proyecto, en el de Programación o en el de Construcción, esto con el fin de ver si podían identificar que cada uno de estos equipos y en cada una de las fases se requiere planear para después ejecutar.

Algunas opiniones estuvieron divididas, unos decían que en los tres equipos era necesario planear, sin embargo, un participante señaló *"El de proyecto, sí, el de proyecto! Sí también como dijo "M", los tres pero yo digo que el que necesita mayor planeación es el de proyecto [...] nosotros tuvimos que hacer un proyecto conforme a eso [la basura] y tuvimos que planear y fuimos y ayudamos y luego regresamos , hicimos un proyecto y ya más o menos y ya teníamos una solución para esto, y todo eso porque tenemos que crear una solución y cómo, y entonces yo digo que es mucha planeación"* (Y). Otro participante rebatió *"para mí es mejor la programación, porque es donde programas todo lo del robot"* (B), mientras que otro participante resaltó la importancia de la planeación ejemplificando la situación que acababan de pasar con la actividad que se les puso al inicio de la sesión: *"nosotros necesitábamos organizarnos primero, tener una idea así de no ps voy a hacer esta parte, tú esta y así, y ps no, todos empezamos así como mensos a agarrar las piezas por así decirlo y empezamos a armarlo con lo primero que vimos, por decir, yo lo primero que vi fue esto y lo empecé a armar, y ella vio este y pues ellos dos se pusieron a armar lo mismo"* (Y).

En este último párrafo se puede rescatar además de la planeación, la importancia del trabajo colaborativo en la robótica, ya que no sólo es mucho más sencillo trabajar por la división de las responsabilidades, sino porque es necesario que desarrollen habilidades como el liderazgo, la comunicación y el seguimiento de instrucciones.

Finalmente, el objetivo general de la investigación consistió en analizar el proceso de planeación con adolescentes de secundaria que participan de un programa de robótica pedagógica, por lo que, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el proceso fue analizado satisfacto-

riamente, obteniendo resultados similares tanto en adolescentes que tuvieron su primer acercamiento con la robótica, como con quienes ya tienen experiencia en el tema. Quedan todavía preguntas, reflexiones y algunas propuestas sobre algunos factores que pudieron haber influido en el desarrollo tanto del curso como de la evaluación, que se detallan en el siguiente apartado de discusión.

Estos resultados esperan ser un aporte para la exploración de una herramienta pedagógica en expansión desde la perspectiva psicológica, y que además sirvan para continuar abriendo sendero en la investigación sobre los factores no previstos que pudieron haber influido en los resultados que a continuación se discuten.

Capítulo 6. Discusión

Una vez que se presentaron los resultados se procede a comentarlos y a contrastarlos con algunas investigaciones. Este apartado se estructura con el mismo orden en el que se abordó en el capitulo y tomando como referencia los objetivos específicos planteados, es decir, primero los resultados que se refieren a la robótica pedagógica, posteriormente los que atañen a la planeación y por último los concernientes a las rúbricas.

La robótica pedagógica

El objetivo planteado sobre la apropiación de conceptos básicos de la robótica es quizá el más sencillo y fácil de encontrar en la literatura, ya que la gran mayoría de los estudios que practican la robótica en la escuela la utiliza para apoyar la explicación de temas afines a las ciencias como señala Papert (1995), sin embargo, no se puede asegurar que este aprendizaje sólo se deba al uso de la robótica, ya que esta sólo es la herramienta (Alimisis, 2013; Higuera, 2015); por lo tanto, a pesar de no ser uno de los objetivos principales de esta investigación (la apropiación de los conceptos básicos de la robótica), se consideró de suma relevancia que el instructor tuviera claros los objetivos tanto del curso como del uso del material, y que no sólo se convirtiera en una clase para armar un objeto, sino que se pudieran tener las evidencias de que el conocimiento y las habilidades fueron aprehendidas exitosamente y que los participantes pudieran aplicarlos en su vida cotidiana.

Para determinar la efectividad del curso de robótica para mejorar el proceso de planeación, ya se mencionó que los resultados estadísticos no fueron los esperados, sin embargo, las ganancias cualitativas que refieren tanto los alumnos participantes, los jóvenes expertos y los profesores, concuerdan con lo expuesto por Ruíz-Velasco (1996) en relación a las habilidades cognitivas, socio-emocionales y tecnológicas que se desarrollan en los estudiantes mediante la práctica de la RP; desde esta perspectiva se puede asegurar que el curso fue efectivo porque la mayoría denotó un incremento en las habilidades y en su desempeño durante el curso.

Estas aportaciones de la RP hacia la vida personal y académica de los estudiantes les permite no sólo tener mayor bagaje de conocimientos teóricos, sino que les enriquece en un sentido integral, porque muestran una mayor seguridad en su inteligencia emocional y una notable mejoría en la gestión del conocimiento (Moreno et al., 2012), que es uno de los objetivos de la enseñanza en la actualidad, que los estudiantes aprendan de manera autónoma y que puedan autorregularse.

Otro elemento interesante y que es uno de los principios de la RP, fue el tema del trabajo colaborativo para la resolución de problemas (González, 2016), que tanto los profesores como los propios participantes aceptaron que es una estrategia para que el trabajo se haga mejor y más sencillo. Además, en esta disciplina no sólo basta la motivación intrínseca, gran parte de la motivación extrínseca que se obtienen en los equipos de robótica proviene de los propios compañeros, quienes estrechan lazos para lograr el objetivo, por lo que adquieren también sentido de pertenencia. En muchas ocasiones esta red de apoyo y esta motivación los lleva a querer continuar aprendiendo sobre la robótica pero dándole un giro a lo que han practicado, tal es el caso de dos de los participantes del grupo focal que expresaron su interés por continuar aprendiendo robótica desde la milicia pero "para buscar formas de ayudar a las personas, no sólo crear tecnología para destruir" (Y), lo que también denota responsabilidad social y empatía.

En la búsqueda de estudios que sirvieran como base de esta investigación, se encontró que como menciona Benitti (2012), existe un predominio del uso de material LEGO tanto en las instituciones educativas como en los estudios realizados, aproximadamente el 90% de los estudios revisados utilizan este material, mientras que el 10% restante no mencionan el material que utilizaron o lo hicieron con material reciclado.

Uno de los hallazgos más importantes y que concuerdan con lo expuesto por Di Lieto et al. (2017) es que hay una mínima cantidad de estudios en la literatura de la RP donde se le utilice como potenciadora de las Funciones Ejecutivas (FE), aun siendo una herramienta que ha demostrado tantos beneficios. Es por ello que, aún con las deficiencias con las que cuenta esta investigación y que se describen más adelante, se recomienda que al acervo de RP se sumen estudios que evalúen el impacto sobre las Funciones Ejecutivas de las personas que la practican, ya que esto también podría aportar a nuevos desarrollos de materiales o programas de entrenamiento con robótica más especializados para fortalecer determinadas FE.

La planeación

En relación a la planeación y más específicamente en el instrumento utilizado para medirlo, uno de los temas álgidos fue la elección de los indicadores para determinar si el mejoramiento se había logrado o no. En la revisión bibliográfica se encontró que varios estudios toman como indicador de planeación la puntuación del tiempo de latencia (Berg & Byrd, 2002; Albert & Steinberg, 2011; Cepeda et al., 2015), argumentando que es el tiempo que utiliza el participante para planear su estrategia antes de comenzar a realizar sus movimientos para reproducir la configuración modelo (resolver el problema).

Sin embargo, con base en la observación realizada en los diferentes momentos en los que se aplicó la prueba a los dos grupos, este tiempo de latencia no rebasaba los 2 segundos (en su mayoría), no obstante, después de realizar un par de movimientos de la esferas y que veían que la estrategia no estaba funcionando, hasta entonces se tomaban unos segundos para plantear una estrategia de movimientos, por lo que en realidad su planeación la llevaban a cabo durante el tiempo de ejecución, no en el de latencia. Por ello, contrario a lo que Albert y Steinberg (2011) y Cepeda et al. (2015) plantean, no se consideró que el tiempo de latencia sea un predictor de la planeación, coincidiendo en ello con Phillips et al. (2001).

Del indicador VT no se tenía una hipótesis direccionada puesto que en la literatura revisada no se contempla como una de las variables fundamentales para el tema de planeación o para los objetivos que esas investigaciones se plantearon, sin embargo, en este estudio se decidió tomarla en cuenta porque desde la primera medición, la diferencia de violaciones de tiempo cometidas entre ambos grupos fue notoria. Los resultados apuntalan a que es una cuestión tanto de planeación como de inhibición, porque no hubo ocurrencias en la última medición de cada grupo, por lo que pudiera considerarse que esta variable va de la mano con la autorregulación.

Partiendo de los indicadores (de la TOL Dx) que ayudaron a determinar si existieron evidencias de que a raíz del curso de robótica se logró que los adolescentes mejoraran su proceso de planeación, se tuvieron también los discursos de los profesores, los comentarios de los expertos y las observaciones de la investigadora, que respaldan el resultado que señala que el 50% de los participantes tuvieron una mejor eficiencia.

Pero cabe señalar que como Albert y Steinberg (2011) y García et al. (2014) apuntan, es una habilidad que puede continuar desarrollándose para lograr su mayor eficiencia hasta llegados los 22 a 25 años de edad, aún cuando De Luca et al. (2003) encontraron que en su investigación, el grupo de 15 a 29 años contaban con la mayor eficiencia planeando. Con base en los resultados de esos estudios y la presente investigación, se concluye que los participantes con los que se trabajó continúan aún en proceso de desarrollo, y uno de los argumentos es que en la Fase I, aún sin haber recibido el curso, el Grupo 2 incrementó sus Movimientos Correctos.

La elección de los indicadores no se basó únicamente en la revisión de los estudios previos, se realizó un análisis del aporte que cada variable de la TOL Dx ofrecía para la propia investigación, además de proporcionar una alternativa a las propuestas planteadas. La variable MC fue sin duda la variable más importante, ya que denotaría la eficacia de la planeación y la memoria prospectiva aplicada de manera eficiente, por lo que al verse incrementada se podría inferir que el participante realizó

una estrategia previa al inicio de cada ejercicio (Ocampo & Téllez, 2015; Rognoni et al., 2013). La variable ME se vería impactada aún si la MC no hubiera presentado cambios, puesto que una disminución en la ME reflejaría un avance en términos de planeación y de flexibilidad cognitiva (Cepeda, Hickman, Arroyo, Moreno & Plancarte, 2015; Injoque-Ricle, Barreyro, Calero & Burin, 2017). Por último, la decisión de considerar las VT como parte del análisis, vendría a manifestar la optimización (o deficiencia) de los recursos con los que cuenta el participante, con un manejo del tiempo apropiado para poder realizar cada ejercicio.

La decisión de considerar estos indicadores como guías para conocer el desarrollo del proceso de planeación, constituye una propuesta que pretende ser una invitación a la réplica para corroborar los resultados que aquí se obtuvieron, e incluso poder obtener conclusiones más satisfactorias si se analizan y se superan las limitaciones que se tuvieron, ya que los factores que pudieron incidir en los resultados son identificables e incluso algunos sí pueden ser controlados.

Aunado a lo anterior, es imprescindible señalar que para el desarrollo de la planeación (aunque no fueron medidos y analizados a profundidad), también jugaron papeles importantes la atención sostenida y la memoria de trabajo por la constante monitorización que necesitan llevar para poder llevar a cabo las tareas, además de la memoria prospectiva (Ocampo & Téllez, 2015) para poder crear un plan y mantenerlo en la memoria durante su ejecución; ya que hubo comentarios mientras la evaluación con la TOL Dx donde los participantes mencionaban que en su mente sí habían realizado la estrategia que creían que sería más efectiva, pero en ocasiones la olvidaban y tenían que hacer una pausa para recordarla.

No hay que olvidar entonces, que en el proceso de planear están involucradas estrategias cognitivas y metacognitivas, y que, si bien las características personales y contextuales también influyen en el proceso de autorregulación, ésta se encuentra en continua construcción por lo que es importante que los adolescentes conozcan y controlen sus procesos cognitivos para poder tomar ventaja de estas estrategias metacognitivas que les permitirán con mayor facilidad, la adquisición de conocimientos y habilidades.

Es así como los elementos que rodean al constructo de la planeación están vinculados para aportarle al adolescente las herramientas para que cuando se encuentre frente a un reto, analice sus propias capacidades, conocimientos y recursos -o haga una gestión de ellos- para elaborar las estrategias de acción, sopesando las ganancias y consecuencias de cada alternativa; que sea capaz de decidir la mejor forma de enfrentar el reto y tenga el criterio para evaluar si el resultado fue satisfactorio o si es necesario cambiar la maniobra.

Las rúbricas analíticas

Pasando al último tópico, una de las razones de haber utilizado rúbricas como instrumento de valoración es para brindarles a los estudiantes la oportunidad de involucrarse en su evaluación, que como comenta Díaz-Barriga (2006), además de Garelo y Rinaudo (2013, citados por De la Cruz & Abreu, 2014), les permite autorregularse, para volverse más conscientes del nivel en el que se encuentra su aprendizaje (De la Cruz & Abreu, 2014), promoviéndoles el hábito de monitorizarse constantemente, haciéndose cada vez más críticos y exigiéndose para lograr los objetivos.

Esto se pudo observar mediante las rúbricas, cuando al final del curso los estudiantes solían calificarse de forma más exigente, ya que tenían mayor conciencia de lo que se esperaba de ellos (incrementar el nivel de desempeño) y por lo tanto, se veían más obligados a esforzarse por conseguir una mejor nota de las que tenían al principio del curso, este fenómeno ya se esperaba de acuerdo a lo que Ibarra, Rodríguez y Gómez (2012) y Boud, Lawson y Thompson (2013) habían manifestado.

Otro de los motivos para utilizarlas es por la retroalimentación que recibirían los participantes respecto a su desempeño, que como comentan Panadero y Jonsson (2013), les permitió comparar su práctica a nivel individual (a lo largo del curso) realizando una autoevaluación, desde la mirada de uno de sus compañeros (Coordinador) con una co-evaluación, desde la perspectiva del instructor y además de manera intergrupar cuando exponían ante el grupo el modelo que habían mejorado, porque podían darse cuenta de en qué nivel se encontraba su equipo respecto a los demás.

Esta retroalimentación que también resaltan Ibarra, Rodríguez y Gómez (2012 citados por Raposo-Rivas & Martínez-Figueira, 2014), les ayudará a promover procesos de reflexión, revisión y optimización de los aprendizajes construidos, y que también Panadero y Alonso (2013) señalan como una de las características de la capacidad de evaluar para aprender.

Capítulo 7. Conclusiones

La robótica es una herramienta pedagógica que aporta en un sentido integral a la formación del estudiante, proporcionándole recursos psicológicos, sociológicos, cognitivos y tecnológicos que ayudan en la potencialización de sus capacidades para el futuro. Si bien la robótica pedagógica no es la única disciplina que abona en estos sentidos al estudiante, sí está considerada como una de las más innovadoras en México y a la que desafortunadamente no toda la población tiene acceso, es probable que los altos costos de los materiales influyan en este sentido, pero hay alternativas para llevarse a cabo, ya que pueden utilizarse materiales de fácil acceso y aun así construir mecanismos interesantes.

Respecto a los programas y herramientas que pueden utilizarse en el ámbito académico para mejorar la eficiencia de la planeación, como el ajedrez, la programación por diagramas de flujo, la elaboración y resolución de laberintos, la robótica se destaca por su trabajo en colaboración, puesto que implica que el estudiante reconozca y valore las aportaciones de todos los miembros de su equipo; además con esta disciplina aprende a planear individualmente y en colectivo, a comunicarse de forma asertiva y a respetar las opiniones, reglas y acuerdos establecidos desde el proceso creativo (diseño) hasta la construcción y manejo del robot.

La mejora en la eficiencia de la planeación en el adolescente no sólo tendrá beneficio en esta Función Ejecutiva, esto también tendrá un impacto en otras FE como la inhibición, la flexibilidad cognitiva y la atención, por lo que se vuelve aún más favorecedor, sobre todo por los aportes cognitivos que suponen en un futuro. Una persona capaz de monitorear su actuar y sus necesidades, de hacer los cambios que considera pertinentes para mejorar su situación y de planear cómo conseguir los objetivos que se va planteando, tendrá una mayor ventaja académica, laboral y personal, sobre las personas que no utilizan estas estrategias.

Vale la pena recalcar que esta propuesta, basada en un entrenamiento especializado para mejorar la eficiencia de la planeación durante la adolescencia, supone en que esta etapa es clave propiciar una mayor consciencia acerca de la importancia de reflexionar al momento de tomar decisiones, basados en información y partiendo de un plan o ruta a seguir, que pueden construir con sus compañeros, su familia y/o profesores. Así la planeación puede convertirse en un hábito que les ayudará a tener un estilo de vida independiente y con mayores posibilidades de alcanzar sus metas.

Con base en esas virtudes encontradas en la RP, es conveniente hacer un llamado a los funcionarios públicos que diseñan los planes y programas educativos federales, para que se elabore un programa formal de robótica que pueda ser implementado en las escuelas públicas y privadas, con la visión de que esta disciplina sea incorporada en el mapa curricular básico, así como ocurrió en algún momento con la computación o el idioma inglés. Además, considerar la formación y actualización de los instructores de robótica para que el empleo de los materiales en el aula, sirvan como herramienta de apoyo para la inserción de nuevos conocimientos no sólo en las asignaturas de ciencias, sino también puedan utilizarlos de manera innovadora en otras asignaturas.

Como parte importante en la formación de los adolescentes, se extiende también una invitación a los profesores para alentarlos a conocer y probar nuevos materiales de trabajo que promuevan en sus estudiantes la aplicación de nuevas estrategias de aprendizaje, e incentivarlos para que los involucren tanto en el proceso de aprendizaje como en la evaluación del aprendizaje construido; asimismo, que exploten en ellos la creatividad y fomenten la autocrítica como una oportunidad de regular sus acciones y ayudarlos para que se conviertan en estudiantes autónomos.

Al incluir a los estudiantes en su proceso de evaluación en donde participen de forma activa, les brindará una perspectiva distinta de su aprendizaje, al ponerse a cargo sobre cómo aprenderán los contenidos curriculares y la forma en que aplicarán los conocimientos en su vida cotidiana, ya que ésta será la prueba fiel de que el aprendizaje se logró. Una alternativa para lograr este cometido es utilizar rúbricas como instrumento de evaluación formativa y sumativa, con las cuales el estudiante no sólo obtiene una calificación numérica bajo el criterio del profesor, sino una retroalimentación que le señala específicamente cuáles han sido sus logros y sus deficiencias en las actividades escolares, conforme a las expectativas del docente; otro de los beneficios es que son lo suficientemente prácticas y sencillas de utilizar, para poder realizar una heteroevaluación con la frecuencia que sea necesario, dependiendo de los contenidos y de las características de la asignatura.

Estas han sido las conclusiones a las que se llegó sobre los ejes en los que se desarrolló este estudio, pero antes de terminar este apartado es imprescindible destacar también, que haber utilizado un método mixto brindó la oportunidad de tener diferentes fuentes de información que complementaran y/o explicaran algunos de los fenómenos que se presentaron. Además de la posibilidad de conocer desde distintos enfoques tanto la aplicación de la robótica pedagógica, como el proceso de planeación, y el cómo a través de ejercicios se vincularon y dieron paso al desarrollo de habilidades, actitudes, así como al descubrimiento de talentos. Por ello se hace una invitación a que la Robótica Pedagógica se siga fortaleciendo también desde la Psicología, realizando investigaciones que difundan la conjunción de ambas disciplinas y sus aportes dentro de la educación.

Limitaciones

Debido a la inexistente literatura donde se utilice el material K'nex y al no poder encontrar programas de entrenamiento para mejorar la eficiencia de la planeación con este material, representó una limitante para comparar los resultados obtenidos con investigaciones previas, ya que el material utilizado en este estudio se maneja diferente al LEGO que la mayoría utiliza.

Tampoco se encontraron programas de robótica donde se especificaran los temas o las actividades llevadas a cabo en los estudios realizados, por lo que el diseño del programa que se llevó a cabo pudo ser una variable que influyera en los resultados obtenidos, quizá al haber conseguido uno de estos programa se podría haber hecho un comparativo más directo o haber conseguido resultados diferentes.

Asimismo, los estudios realizados con robótica se encontraron más en un ámbito no escolarizado (talleres) en donde los participantes tenían edades distintas a las utilizadas aquí y en ambientes diferentes, en los que evaluaban otros aspectos como la satisfacción dentro del curso y si habían tenido un impacto en el gusto por la ciencia, no tanto en relación al desarrollo de funciones cognitivas.

Recomendaciones

Tomando como base las limitaciones mencionadas, se extienden una serie de recomendaciones que pudieran aportar a la profundización del impacto que tiene la RP en los procesos cognitivos y en general para futuras investigaciones.

- ⊗ La aplicación de pruebas de inteligencia, habilidades socio-emocionales o recursos psicológicos, ya sea como tamizaje o bien para saber si también aquí se encuentra algún cambio posterior al curso de robótica.
- ⊗ La aplicación de pruebas más ecológicas y con tareas más aterrizadas a las que tienen los participantes en su vida cotidiana.
- ⊗ Tomar en consideración si los participantes padecen algún trastorno donde la planeación muestre un desempeño menor en la prueba TOL Dx, por ejemplo el Trastorno por Déficit de Atención (Culbertson & Zillmer, 2005).
- ⊗ Utilizar material K'nex para poder comparar con mayor precisión los estudios.
- ⊗ Se considera importante que al incluir la robótica como parte de las alternativas para implementar en la educación en México, se diseñen programas que sirvan como base de los conocimientos elementales de esta disciplina.

- ⊗ Realizar el curso con una mayor cantidad de sesiones o de ser posible, durante todo el ciclo escolar para ver si los cambios son más evidentes o se incrementa el porcentaje de participantes que mejoren su proceso de planeación.
- ⊗ Las rúbricas se diseñaron pensando en que fueran aplicadas a los miembros de equipos de robótica, independientemente del material utilizado, pero no se pilotearon con otros materiales o metodologías de trabajo, por lo que se sugiere trabajar con ellas en distintos contextos para verificar su efectividad.
- ⊗ Las rúbricas fueron concebidas con la idea de que pudieran ser una herramienta de heteroevaluación, sin embargo, debido que cada una de las rúbricas contenía información precisa sobre cada rol y requería de una observación constante por parte de los evaluadores, se observó que es complicado para el instructor poder brindar una calificación objetiva puesto que su atención está repartida entre todos los alumnos. Por ello se sugiere que para tener resultados más confiables y con menores discrepancias entre los evaluadores, para su posterior uso sólo se apliquen a modo de autoevaluación y co-evaluación, previa sensibilización de que los resultados obtenidos tendrán mayor relevancia cualitativa que cuantitativa.
- ⊗ En este estudio se le dio la responsabilidad al Coordinador del equipo de calificar a todos sus compañeros, dado que una de sus actividades es asegurarse de que sus compañeros cumplan con sus actividades y responsabilidades en tiempo y forma, no obstante, está abierta la opción de que cada uno de los integrantes del equipo le califique a otro y así no se le asigna todo el compromiso a un sólo miembro y se evita la sobrecarga de actividades.
- ⊗ En algunas sesiones los equipos no cumplieron con todos los objetivos de la sesión, por ejemplo, en algunas ocasiones no completaron el armado modelo, por lo tanto, no pudieron realizarle mejoras y algunas rúbricas piden que se especifique el desempeño de ese fragmento de la sesión, por lo que hubo confusiones a la hora de calificar; para evitar esto, se sugiere agregar en los niveles de logro la calificación "0" (cero) o "No aplica".
- ⊗ Cuando se detecten discrepancias de más de un punto entre los evaluadores en varias sesiones, se sugiere que se haga un cruce entre los resultados de las rúbricas y el desempeño del equipo completo en la sesión (si lograron el armado completo, si se cumplió el reto, la interacción entre ellos, etc.). Esto debido a que se llegó a la conjetura que las veces en que estas discordancias ocurrieron durante el estudio, fue en las sesiones en que el desempeño del equipo en general no fue bueno y esto afectó su actitud y su disposición a evaluar(se) a conciencia.

Referencias bibliográficas

- Aciego, R., García, L. y Betancort, M. (2016). Efectos del método de entrenamiento en ajedrez, entrenamiento táctico versus formación integral, en las competencias cognitivas y sociopersonales de los escolares. *Universitas Psychologica*, 15(1), 165-176. doi:10.11144/Javeriana.upsy15-1.emea
- Acuña, A. (2009). La robótica educativa: un motor para la innovación. *Fundación Omar Dondé*. San José, Costa Rica. Recuperado de http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2009/motorinnova_articulo.pdf
- Adolescentes mexicanos viajan a Qatar para competir en torneo de robots. (28 de octubre de 2015a). *OMVRadio*. Recuperado de <http://omvradio.com>
- Albert, D. & Steinberg, L. (2011). Age differences in strategic planning as indexed by the Tower of London. *Child Development*, 82(5), 1501-1517. *Development*, 82(5), 1501-1517. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01613.x>
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics. *Themes in Science & Technology Education*, 6(1), 63-71. Recuperado de <http://earthlab.uoi.gr/theste>
- Alsina, J. (Coord.), Argila, A., Aróztegui, M., Arroyo, F., Badia, M., Carreras, A, ... Vila, B.(2013). *Rúbricas para la evaluación de competencias*. (Vol. 26). Barcelona, España: Octaedro.
- Ambrose, S., Bridges, M., Lovett, M., DiPietro, M., & Norman, M. (2010). *How learning works: 7 research-based principles for smart teaching*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Anderson, V., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R. & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Dev Neuropsychol*, 20, 385-406.
- Anguiano, M. y Velasco, V. (2012). La construcción y evidencias de validez de una rúbrica analítica para la evaluación de ensayos. *Revista de evaluación educativa*, 1(2), 1-21. Recuperado de <http://revalue.mx/revista/index.php/revalue/issue/current>
- Arenas, A. y Gómez, K. (2013). Las rúbricas o matrices de valoración, herramientas de planificación e implementación de una evaluación por desempeños. *UIS Ingenierías*, 12,(1), 81-87.

- Arias-Galicia, L. F. (2014). *Metodología de la Investigación* (7a. ed.). México: Trillas.
- Arán-Filippetti, V., y Richaud de Minzi, M. C. (2011). Efectos de un programa de intervención para aumentar la reflexividad y la planificación en un ámbito escolar de alto riesgo por pobreza. *Universitas Psychologica*, 10(2), 341–354.
- Baker, S. C., Rogers, R. D., & Owen, A. M. (1996). Neural systems engaged by planning: a PET study of the tower of London task. *Neuropsychologia*, 34, 515-526.
- Barrera, N. (2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis & Saber*, 6(11), 215-234. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477247215010>
- Benitti, F. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58, 978-988. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Berg, W. & Byrd, D. (2002). The Tower of London spatial problem-solving task: Enhancing clinical and research implementation. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(5), 586-604. <http://dx.doi.org/10.1076/jcen.24.5.586.1006>
- Blanco, E., Burgos, D., Navarro, C. (2015). Lo que esconde el efecto meseta del desarrollo de la planificación cognitiva. *Revista Salud, Historia y Sanidad*, 10(2), 67-81. Recuperado de <http://agenf.org/ojs1/ojs/index.php/shs/issue/view/5>
- Boud, D., Lawson, R. & Thompson, D. (2013). Does student engagement in self-assessment calibrate their judgement over time?. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 38(8), 941-956. <http://dx.doi.org/10.1080/02602938.2013.769198>
- Boyer, B., Geurts, H. & Van der Oord, S. (2014). Planning skills with adolescents with ADHD. *Journal of Attention Disorder*, 1-12. <http://doi.org/10.1177/1087054714538658>
- Brown, A. (1987). Metacognition, Executive Control, Self-Regulation and Other More Mysterious Mechanisms. En F. E. Weinert and R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, Motivation and Understanding*, 65-116. EEUU: Erlbaum.
- Buckner, R. (2010). The role of hippocampus in prediction and imagination. *Annual Reviews of Psychology*, 61, 27-48. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.60.110707.163508>
- Bull, R., Espy, K. & Senn, T. (2004). A comparison performance on the tower of London and Hanoi in young children. *J Child Psychol Psychiatry*, 45, 743-754.

- Castellaro, M. y Roselli, N. (2012). La regulación cognitiva de la acción en una tarea de construcción colaborativa con bloques, en diadas de niños entre ocho y doce años. *Psicoperspectivas, individuo y sociedad*, 11(1), 1-13. doi: 10.5027/psicoperspectivasVol11Issue1fulltext173
- Castro, M. y Acuña, A. (2012). Propuesta comunitaria con robótica educativa: valoración y resultados de aprendizaje. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 91-119.
- Cepeda, M. L., Hickman, H., Arroyo, R., Moreno, D. y Plancarte, P. (2015). Índice de dificultad en la solución de la tarea Torre de Londres en niños y adultos. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 15(1), 117-132.
- Cole, M. (1999). *Psicología Cultural*. España: Morata.
- Corchuelo, M. (2015). *Propuesta de lineamientos para el desarrollo de ambientes de aprendizaje en robótica a través del estudio de experiencia* (Tesis de Maestría, Universidad de La Sabana). Recuperada de [https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/20274/Maria%20Alejandra%20Corchuelo%20Sanchez%20\(tesis\).pdf?sequence=1](https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/20274/Maria%20Alejandra%20Corchuelo%20Sanchez%20(tesis).pdf?sequence=1)
- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2007). *Designing and conducting mix methods research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Culbertson, W. C., & Zillmer, E. A. (1998). The Tower of London Dx: A Standardized Approach to Assessing Executive Functioning in Children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13(3), 285–301. [https://doi.org/10.1016/S0887-6177\(97\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0887-6177(97)00033-4)
- Culbertson, W. C., & Zillmer, E. A. (2005). *The Tower of London Dx*. Canadá: MHS.
- Das, J., Kar, B., y Parrila, R. (1998). *Planificación cognitiva. Bases psicológicas de la conducta inteligente*. España: Paidós.
- Dávila, A. R., Velasco, L. A. y Restrepo, F. (2009). Un acercamiento a la comprensión de la habilidad de planeación en niños. *Latinoam.estud.educ*, 5(2), 141-164.
- De la Cruz, G. y Abreu, L. F. (2014). Rúbricas y autorregulación: pautas para promover una cultura de la autonomía en la formación profesional terciaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 12(1), 31-48.

- De Luca, C.R. & Leventer, R. (2010). Developmental trajectories of executive functions across the lifespan. En V. Anderson, P.J. Anderson & R. Jacobs, *Executive Functions and the Frontal Lobes: A Lifespan Perspective*, 23-56. doi: <http://dx.doi.org/10.4324/9780203837863>
- De Vega, M. (1998). La psicología cognitiva: ensayo sobre un paradigma en transformación. *Anuario de psicología*, 29(2), 21-44.
- Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., Laschi, C., Pecini, C., Santerini, G., Sgandurra, G. & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on executive functions in preschool children: A pilot study. *Computers in human behavior*, 71, 16-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.018>
- Diario Oficial de la Federación (7 de junio de 2018).
- Díaz, A., Martín, R., Jiménez, J., García, E., Hernández, S. y Rodríguez, C. (2012). Torre de Hanoi: datos normativos y desarrollo evolutivo de la planificación. *European Journal of Education and Psychology*, 5(1), 79-91. <https://doi.org/10.1989/ejep.v5i1.92>
- Díaz-Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw Hill.
- Dienes, Z. & Perner, J. (1999). A theory of implicit and explicit knowledge. *Behav Brain Sci*, 22(5), 735-808.
- Ertmer, P. A. & Newby, T. J. (1996). The expert learner: strategic, self-regulated and reflexive. *Instructional Science*, 24, 1-24.
- Flavell, J. (1971). First discussant's comments: What is memory development the development of? *Human Development*, 14, pp. 272-278.
- Flavell (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. En F. Weinert & R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation and understanding* (pp. 21-29). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Flores, J. C. y Ostrosky-Solís, F. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47-58.
- Flores-Lázaro, J., Castillo-Preciado, R. y Jiménez-Miramonte, N. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de Psicología*, 30(2), 463-473. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.2.155471>

- Gaeta, M., Teruel, M. y Orejudo, S. (2012). Aspectos motivacionales, volitivos y metacognitivos del aprendizaje autorregulado. *Electronic Journal on Research in Educational Psychology*, 10(1), 73-94.
- Gallego, M. y Raposo-Rivas, M. (2014). Compromiso del estudiante y percepción del proceso evaluador basado en rúbricas. *Revista de Docencia Universitaria*, 12(1), 197-215. Recuperado de <http://www.red-u.net>
- García, J. (2015). Robótica Educativa. La programación como parte de un proceso educativo. *Revista de Educación a Distancia*, 46 (8), 1-11. <http://dx.doi.org/10.6018/red/46/8>
- García, J., y Castrillejo, D. (s.f.). *Robótica en la escuela del Tercer Mundo. Una manera diferente de aprender a aprender*. Recuperado de http://www.argos.edu.uy/sitio/documentos/Robotica_en_la_escuela.pdf
- García, T., González-Castro, P., Areces, D., Cueli, M. y Rodríguez, C. (2014). Funciones ejecutivas en niños y adolescentes: Implicaciones del tipo de medidas de evaluación empleadas para su validez en contextos clínicos y educativos. *Papeles del Psicólogo*, 35(3), 215-223. Recuperado en <http://www.papelesdelpsicologo.es>
- Gardner, H. (2011). *Mentes creativas. Una anatomía de la creatividad*. México: Paidós.
- Gatica-Lara, F. & Uribarren-Berrueta, T. (2013). ¿Cómo elaborar una rúbrica?. *Investigación en Educación Médica*, 2(1), 61-65.
- González, A. (2001). Autorregulación del aprendizaje: una difícil tarea. *Iberpsicología*, 6(1), 1-30. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28059660_Autorregulacion_del_aprendizaje_una_dificil_tarea
- González, J. (2016). *Fomento de la solución colaborativa de problemas*. (Tesis de Maestría, Universidad de La Sabana). Recuperada de <https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/26266/Juan%20Carlos%20Gonz%C3%A1lez%20%28Tesis%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, R. (1995). El constructivismo, sus fundamentos y aplicación educativa. *LIBERABIT*, 29–36.
- González, M. y Tourón, J. (1992). *Autoconcepto y rendimiento escolar. Sus implicaciones en la motivación y en la autorregulación del aprendizaje*. España: Ediciones Universidad de Navarra.

- Gravini, M. e Iriarte, F. (2008). Procesos metacognitivos de estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje. *Psicología desde el Caribe*, 22, 1-24.
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill.
- Hernández, G. (2006). *Diccionario de Economía*. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Hickman, R. H., Garnica C. I., Cepeda I. L., Plancarte, C. P. y Arroyo, H. R. (2013). Análisis de las estrategias de planeación en estudiantes universitarios, *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 16, 418-437.
- Higuera, A. (2015). *Desarrollo de procesos cognitivos creativos a través de una mediación educativa con robótica en estudiantes del grado séptimo de una institución educativa oficial de Bogotá, D.C.* (Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Javeriana). Recuperada de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/17127/HigueraRojasAstrid2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huaire, E., Elgier, A. y Maldonado, G. (2015). *Psicología cognitiva y procesos de aprendizaje. Aportes desde Latinoamérica*. Perú: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
- Huizinga, M., Dolan, C. & van der Molen, M. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>
- Hussain, S., Lindh, J. & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils' school performance in mathematics, problem solving ability and attitude: Swedish data. *Educational Technology & Society*, 9(3), 182-194.
- Iglesias, R., y Suárez, C. (2003). El papel de la metacognición en la sistematización de las habilidades cognitivas. *Santiago*, 101, 126–130.
- Impulsa Gobierno de Ecatepec a joven para participar en concurso de robótica en Europa. (3 de marzo de 2016). *OMVRadio*. Recuperado de <http://omvradio.com>
- Instituto Nacional de Administración Pública (1982). *Glosario de términos administrativos*. Colección: Guías técnicas. Serie: Organización y métodos. No. 11. Recuperado de <http://www.inap.org.mx/portal/images/RAP/63%20glosario%20de%20terminos%20administrativos%20.pdf>

- Injoque-Ricle, I. y Burin, D. I. (2008). Validez y fiabilidad de la prueba de Torre de Londres para niños: un estudio preliminar. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 11, 21-31. Recuperado de <http://www.revneuropsi.com.ar>
- Injoque-Ricle, I., Barreyro, J. P. Calero, A. y Burin, D. I. (2017). Poder predictivo de la edad y la inteligencia en el desempeño de una tarea de planificación: Torre de Londres. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 35(1), 107-116. doi: <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.4116>
- Kail, R. & Bisanz, J. (1992). The information-processing perspective on cognitive development in childhood and adolescence. En R. Sternberg & C. Berg, *Intellectual development*. (pp. 229-260). USA: Cambridge University Press.
- Karoly, P. (1993). Mechanisms of self-regulation: a systems view. *Annual Review Psychology*, 44, 23-52.
- Kaufman, A. S. & Kaufman, N. L. (1994). *K-BIT. Test breve de inteligencia de Kaufman*. Madrid: TEA.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers and Education*, 91, 14–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.08.005>
- Koontz, H., Weihrich, H. y Cannice, M. (2012). *Administración. Una perspectiva global y empresarial* (14a. ed.). México: McGraw-Hill.
- Krikorian, R., Bartok, J. & Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16(6), 840-850. <http://dx.doi.org/10.1080/01688639408402697>
- La Paglia, F., Rizzo, R. & La Barbera, D. (2011). Use of robotics kits for the enhancement of metacognitive skills of mathematics: a possible approach. En B. Wiederhold, B., S. Bouchard & G. Riva, *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine 2011*. (pp. 22-25). USA: Interactive Media Institute.
- Lamas, H. (2008). Aprendizaje autorregulado, motivación y rendimiento académico. *Liberabit*, 14, 15-20.
- Lezak, M. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281-297.

- Lezak, M., Howieson, D., Bigler, E. D. & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment* (5a. ed.). New York: Oxford University Press.
- López, P., y Andrade, H. (2013). Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias. *Revista Educación*, 37(1), 43–63.
- Ludwing, J. C. & Phillips, D. A. (2008). The long-term effects of head start on low-income children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 40, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1196/annals.1425.005>
- Mandler, J. M. (1998), On theory and modelling. *Developmental Science*, 1, 196–197. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-7687.00026>
- Markus, H. & Wurf (1987) The dynamics self-concept: A social psychological perspective. *Annual Review of Psychology*, 38, 299-337.
- Márquez, J., y Ruiz, J. (2014). Robótica Educativa aplicada a la enseñanza básica secundaria. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 30, 1–12. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/DIM/article/viewFile/291518/379999>.
- Martí, E. (2002). Metacognición y estrategias de aprendizaje. En J. Pozo & C. Monereo (Eds.), *El aprendizaje estratégico* (pp. 111-129). España: Santillana.
- Matute, E., Chamorro, Y., Inozemtseva, O., Barrios, O., Roselli, M. y Ardila, A. (2008). Efecto de la edad en una tarea de planificación y organización ('pirámide de México') en escolares. *Revista de Neurología*, 47(2), 61-70.
- Mayor, J., Suengas, A. y González, J. (1995). *Estrategias metacognitivas*. España: Síntesis.
- Mayoral, S., Roca, M., Timoneda, C. y Serra, M. (2015). Mejora de la capacidad de planificación cognitiva del alumnado de primer curso de Educación Secundaria Obligatoria. *Aula Abierta*, 43, 9-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aula.2014.10.001>
- Mitchell, C. L. & Poston, C. L. (2001). Effects on inhibiting of response on Tower of London performance. *Current Psychology*, 20, 164-168.
- Monereo, C. (coord). (1994). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en la escuela*. Barcelona: Graó.

- Morales, E. F., y Sucar, L. (2009). Los robots del futuro y su importancia para México. Recuperado de <https://ccc.inaoep.mx/~emorales/Papers/2009/eduardo.pdf>
- Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Pittí, K., y Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. *Teoría de la educación. Educación y cultura en la sociedad de la información*, 13(2), 74–90. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201024390005>
- Münch, L. (2008). *Planeación estratégica. El mundo hacia el éxito* (2a. ed.). México: Trillas.
- Navas-Collado, E. y Muñoz-García, J. (2004). El síndrome disejecutivo de la psicopatía. *Revista de Neurología*, 38(6), 582-590. Recuperado de <http://www.serviciodc.com/congreso>
- Niños apasionados de la robótica dan sus primeros pasos en la NASA. (16 de noviembre de 2014). *Diario de Yucatán*. Recuperado de <http://yucatan.com.mx>
- Nurmi, J.-E. (1991). How do adolescents see their future? A review of the development of future orientation and planning. *Developmental Review*, 11, 1-59.
- Ocampo, A., y Téllez, M. (2015). Planeación mental y memoria de trabajo durante la resolución de la Torre de Londres. En M. Téllez (Ed.), *Investigaciones en neuropsicología y psicología educativa* (1st ed., pp. 41–70). México: Bonilla Artigas Editores.
- Osses, S. y Jaramillo, S. (2008). Metacognición: Un camino para aprender a aprender. *Estudios pedagógicos XXXIV*, 1, 187-197.
- Panadero, E., & Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review. *Educational Research Review*, 9(0), 129-144. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.002>
- Panadero-Calderón, E. y Alonso-Tapia, J. (2013). Revisión sobre autoevaluación educativa: evidencia empírica de su implementación a través de la autocalificación sin criterios de evaluación, rúbricas y guiones. *Revista de investigación en educación*, 11(2), 172-197. Recuperado de <http://webs.uvigo.es/reined>.
- Papazian, O., Alfonso, I. y Luzondo, R.J. (2006). Trastornos de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 42(3), 45-50.

- Papert, S. (1995). *La máquina de los niños: Replantearse la educación en la era de los ordenadores*. Barcelona: Paidós.
- Peña, M. (2007). *Aprendizaje significativo y robótica pedagógica en 4to. grado de educación básica*. (Informe de investigación, Universidad Católica Andrés Bello). Recuperado de http://www.tecnoedu.net/robotica/materiales/Aprendizaje_Significativo_Robotica_Pedagogica.pdf
- Phillips, L., Wynn, V., McPherson, S. & Gilhooly, K. (2001). Mental planning and the Tower of London task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54(2), 579-597. <http://dx.doi.org/10.1080/713755977>
- Pinto, M., Barrera, N. y Pérez, W. (2010). Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de aprendizaje. *I²+D*, 10(1), 15-23.
- Portella, M., Marcos-Bars, T., Rami-González, L., Navarro-Odrizola, V., Gastó-Ferrer, C. y Salamero, M. (2003). Torre de Londres: planificación mental, validez y efecto techo. *Revista de Neurología*, 37(3), 210-213.
- Pozo, J. I. (1996). *Aprendices y maestros*. España: Alianza.
- Pozo, J. I. (2006). *Teorías cognitivas del aprendizaje* (9a. Ed.). Madrid, España: Morata.
- Putnam, S. P. & Rotbarth, M. K. (2006). Development of Short and Very Short Forms of the Children's Behavior Questionnaire. *Journal of personality assessment*, 87(1), 103–113. doi: 10.1002/icd.583
- Raposo-Rivas, M. y Martínez-Figueira, M. (2014). Evaluación educativa utilizando rúbrica: un desafío para docentes y estudiantes universitarios. *Educ. Educ.*, 17(3), 499-513. <http://dx.doi.org/10.5294/edu.2014.17.3.6>
- Rodríguez, C. y González, S. (2008). El proceso de razonamiento lógico y la enseñanza de la planificación estratégica. *Actualidad contable FACES*, 17, 111-121.
- Rodríguez, K. (4 de Octubre de 2007). Diseñan robots a los 6 años. *Reforma*, pp. 6–8. Recuperado de <http://www.reforma.com>
- Rognoni, T., Casals-Coll, M., Sánchez-Benavides, G., Quintana, M., Manero, R. M., Calvo, L., Palomo, R., Aranciva, F., Tamayo, F. y Peña-Casanova, J. (2013). Estudios normativos españoles

- en población adulta joven (proyecto NEURONORMA jóvenes): normas para las pruebas *Stroop Color-Word Interference Test* y *Tower of London-Drexel University*. *Neurología*, 28(2), 73-80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2012.02.009>
- Rojas, T. (2006). Planificación cognitiva en la primera infancia: una revisión bibliográfica. *Acta Colombiana de Psicología*, 9(2), 101-114.
- Romine, C. & Reynolds, C. (2010). A model of the developmental of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12(4), 190-201. http://dx.doi.org/10.1207/s15324826an1204_2
- Ruíz-Velasco, E. (1996). Ciencia y tecnología a través de la robótica cognoscitiva. *Perfiles Educativos*, 72(abril-junio). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13207208>
- Ruíz-Velasco, E. (2007). *Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Madrid, Buenos Aires, México: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <http://books.google.com/books?id=cFcZadBx2C8C&pgis=1>
- Ruíz-Velasco, E., García Méndez, J. V., y Rosas Chávez, L. A. (2010). Robótica pedagógica virtual para la inteligencia colectiva. Recuperado de <http://repositoral.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1351/1/Ruiz-VelascoS%C3%A1nchezEnrique%20UNAM-M%C3%A9xico.doc>
- Sáiz-Manzanares, M. C. y Pérez, M. I. (2016). Autorregulación y mejora del autoconocimiento en resolución de problemas. *Psicología desde el Caribe*, 33(1), 14-30.
- Sánchez-Carpintero, R., Narbona, J. y Artieda, J. (2000). *Patología de las funciones ejecutivas en el niño. Estudio clínico y neurofisiológico en el trastorno por déficit de atención e hiperactividad en lesiones frontales tempranas* (Tesis doctoral, Universidad de Navarra). Recuperada de <http://sid.usal.es/libros/discapacidad/23637/8-4-3/patologia-de-las-funciones-ejecutivas-en-el-nino-estudio-clinico-y-neurofisiologico-en-el-trastorno-por-deficit-de-atencion-e-hiperactividad-y-en-lesi.aspx>
- Santiváñez, V. (2004). La didáctica, el constructivismo y su aplicación en el aula. *Revista Cultura*, 18(18), 137-148. Recuperado de http://www.fcctp.usmp.edu.pe/cultura/imagenes/pdf/18_07.pdf

- Shallice, T. (1982). Specific impairment of planning. *Philosophical transaction of the Royal Society*, 298, 199-209. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1982.0082>
- Secretaría de Educación Pública (2016). *En* M. González & G. Flores (Eds.), El modelo educativo 2016. México: MAG Edición en Impresos y Digitales, S.C.
- Se reúnen desarrolladores de robots humanoides por primera vez en México. (8 de noviembre de 2016). Recuperado de <http://conacytprensa.mx>
- Silva, C. (2006). Educación en matemática y procesos metacognitivos en el aprendizaje. *Revista del Centro de Investigación*, 7(26), 81–91.
- Sociedad Mexicana de Psicología (2009). *Código ético del Psicólogo* (4a. ed.). México: Trillas.
- Soprano, A. (2003). Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Revista de Neurología*, 37(1), 44-50.
- Stelzer, F., Andrés M., Canet-Juric, L. e Introzzi, I. (2016). Predictores cognitivos de la capacidad de planificación en niños de 6 y 7 años de edad. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 14(1), 347-358. <http://dx.doi.org/10.11600/1692715x.14123050615>
- Stelzer, F. y Cervini, M. (2011). Desempeño académico y funciones ejecutivas en infancia y adolescencia. Una revisión de la literatura. *Revista de Investigación en Educación*, 9(1), 148-156. Recuperado de <http://webs.uvigo.es/reined/>
- Thurstone, L. L. & Yela, M. (2001). Caras-Percepción de diferencias [Caras-Perception of differences]. Buenos Aires: TEA Ediciones.
- Tirapu-Ustárroz, J. y Luna-Lario, P. (2008). *Manual de psicología*. España: Viguera Editores. pp. 221-256.
- Triunfan estudiantes mexicanos en concurso de robótica en Rumania. (16 de noviembre de 2015b). *OMVRadio*. Recuperado de <http://omvradio.com>
- Tsukiura, T., Fujii, T., & Takahashi, T. (2001). Neuroanatomical discrimination between manipulating and maintaining processes involved in verbal working memory: a functional MRI study. *Cognitive Brain Research*, 11, 13-21.

- Unterrainer, J., Rahm, B., Leonhart, R., Ruff, C. & Halsband, U. (2003). The Tower of London: the impact of instructions, cueing, and learning on planning abilities. *Cognitive Brain Research*, 17(3), 575-683. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(03\)00191-5](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(03)00191-5)
- Villar, F. (2001). *Psicología evolutiva y psicología de la educación*. España: Universitat de Barcelona. pp. 308-372. Recuperado de <http://www.ub.edu/dpssed/fvillar/principal/proyecto.html>
- Villalobos, M., Gallardo, M., y Torres, S. (2010). *Estrategias para promover la metacognición y autorregulación en el aprendizaje mediante el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación*. Trabajo presentado en el V Foro de Investigación.
- Wechsler, D. (2003). *Wechsler intelligence scale for children*. New York: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2007). *WISC-IV: Escala Wechsler de Inteligencia para niños - IV: manual de aplicación*. (G. Padilla Sierra, Trad.). México: Manual Moderno. (Trabajo original publicado en 2003).
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7, 131-149. <http://dx.doi.org/10.1080/87565649109540483>
- Zelazo, P., Muller, U., Frye, D. & Marcovitch, S. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68, 91-119.
- Zimmerman, B. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: an overview. *Educational psychologist*, 25(1), 3-17. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2

Apéndices

Apéndice 1. Entrevista al profesor al término del curso de robótica

Datos de identificación.

Nombre: _____

Domicilio: _____

Teléfono: _____ Años de experiencia docente: _____

¿Considera que el curso de robótica apoyó para la comprensión de temas/conceptos de alguna asignatura en particular? ¿Cuál (es)?

¿Percibió algún cambio en la dinámica del grupo a partir del curso?

¿Qué habilidades notó que se desarrollaran en los alumnos durante el curso?

¿Considera que hubo cambios actitudinales en los alumnos?

¿Notó algún interés en particular que se haya desarrollado en los alumnos a partir del curso?

¿Percibió alguna modificación en la forma de tomar decisiones en los alumnos?

¿Cree que los estudiantes ahora planeen mejor sus acciones?

Apéndice 2. Guía para grupo focal

Total de participantes: _____ Mujeres: _____ Hombres: _____

Rango de edades: _____ Promedio de edades: _____

- ⊙ ¿Cuánto tiempo tienen practicando robótica?
- ⊙ ¿Cómo comenzaron a practicarla?
- ⊙ ¿Con qué frecuencia tienen actividades relacionadas con la robótica?
- ⊙ ¿Consideran que la robótica les ha servido para alguna materia en la escuela? ¿Cuál (es)?
- ⊙ ¿Han notado que ustedes tengan una ventaja en cuanto a conocimientos/habilidades, respecto de sus demás compañeros de clase que no llevan robótica?
- ⊙ ¿Cómo es una clase normal de robótica?
- ⊙ Cuando practican robótica ¿planean las actividades antes de comenzar a hacerlas?
- ⊙ ¿Cómo se preparan para algún torneo o competencia?
- ⊙ Después del torneo ¿de qué cosas platican que pudieran haber hecho distintas?
- ⊙ (situaciones/actividades)
- ⊙ Al practicar la robótica ¿porqué es importante planear las actividades?
- ⊙ ¿Creen que la robótica les ayuda a aprender a planear?
- ⊙ ¿Cómo les ha ayudado en su vida personal los conocimientos que han obtenido de las clases de robótica?
- ⊙ ¿En qué te ayuda planear?
- ⊙ ¿Qué logros han tenido al pertenecer al equipo de robótica?
- ⊙ ¿Has considerado continuar con la robótica como carrera profesional? ¿Porqué?

Apéndice 3. Rúbricas

Aunque no es un instrumento de evaluación exclusivo para la planeación, en el caso de esta investigación las rúbricas analíticas fueron utilizadas para medir el desempeño de los alumnos en cada sesión de acuerdo al rol que desempeñaron, y mediante ellas se puede obtener una retroalimentación tanto cuantitativa como cualitativa. Cabe señalar que en este apartado se describirán algunas de las razones determinantes para la construcción del instrumento y su aplicación.

La evaluación en el ámbito educativo tiene como objetivo apreciar el avance de los estudiantes en cuanto a conocimientos, habilidades, destrezas y valores, y cómo se han fortalecido por el proceso de formación (Arenas & Gómez, 2013). La medición de desempeños sirve para observar concretamente los recursos que utilizan las personas para llevar a cabo alguna actividad de acuerdo a las demandas del contexto, por lo tanto, más que la acumulación de conocimientos, lo importante es el uso que hace de ellos para dar respuesta a ese contexto.

Las rúbricas son instrumentos de formación y de evaluación, ya que sirven como guía para que el alumno conozca cuáles son las expectativas de logro que tiene el profesor sobre una o varias actividades, las cuales son medidas en niveles de cumplimiento graduales (Boston, 2002 citado por Anguiano & Velasco, 2012). Se podría decir que funcionan como herramienta de comunicación evaluativa entre el docente y el alumno. De este modo el profesor le otorga al estudiante no sólo una calificación numérica, sino de acuerdo a los indicadores de dominio, cuáles son las señales que deberá mostrar para lograr un desempeño mayor, por lo tanto, al principio del curso (o la actividad) sirven como guía de procedimiento sobre cómo lograr los objetivos, y al final del proceso funciona como instrumento de evaluación (Arenas & Gómez, 2013).

Algunas de las ventajas (Alsina et al., 2013; De la Cruz & Abreu, 2014; Díaz-Barriga, 2006) de utilizar rúbricas en la evaluación educativa son:

- ⊙ Permite seccionar las tareas complejas en varios elementos (tareas simples) para distribuirlas de manera gradual y operativa.
- ⊙ Facilita que el estudiante tome consciencia del nivel en el que se encuentra algún aprendizaje específico, ya que puede monitorizar su nivel de dominio y generar procesos de autorregulación.
- ⊙ Permite que el profesor comparta los criterios con los que evaluará el progreso del estudiante.

- ⊗ Reduce la subjetividad en la evaluación, por lo que distintos profesores pueden evaluar los (mismos) contenidos a diferentes grupos, con una misma rúbrica. Esto se reflejará en un incremento en la validez y confiabilidad de las inferencias hechas por los evaluadores.
- ⊗ Facilita una retroalimentación casi inmediata.

La relevancia de la medición del desempeño a través de rúbricas radica en que el facilitador puede, de una forma más clara y objetiva, percibir los avances del alumno, así como identificar talentos y áreas de oportunidad; es también una forma de "valorar el aprendizaje de los estudiantes de acuerdo a lo que él es capaz de evidenciar como aprendido" (Arenas & Gómez, 2013, p. 82).

Panadero y Jonsson (2013) hicieron una revisión sobre el empleo de las rúbricas como evaluación formativa para mejorar el rendimiento del estudiante y encontraron aportaciones de éstas en el incremento de la transparencia en la evaluación, porque la calificación no sólo es otorgada de acuerdo al criterio de observación del profesor, sino a hechos concretos que el estudiante puede demostrar para expresar sus saberes o habilidades; estos investigadores también obtuvieron resultados que afirman la reducción de la ansiedad de los alumnos, ya que les ayuda brindándoles una retroalimentación objetiva e inmediata sobre el nivel de conocimiento/destreza en el que se ubican y qué necesitan hacer para lograr los objetivos; además, a través de las rúbricas los estudiantes pudieron mejorar su autoeficacia y obtuvieron apoyo en cuestión de la autorregulación de su aprendizaje.

Para que algunas de estas ventajas sean efectivas, se recomienda que los profesores presenten las rúbricas desde el comienzo del curso, así el estudiante estará enterado de cuáles son las competencias que se espera que adquiera o las acciones que deberá realizar para completar las tareas. Otra de las bondades de las rúbricas es que pueden dar lugar a la heteroevaluación, ya que una misma puede ser calificada desde diferentes perspectivas, la del profesor, la del propio alumno (auto-evaluación) y la de uno de sus compañeros (co-evaluación), esta heteroevaluación es uno de los atributos de la corriente denominada *Evaluación auténtica* (Díaz-Barriga, 2006).

La evaluación entre pares se entiende como un aprendizaje en colaboración, en el que los aprendices realizan una valoración sobre el producto o los procesos de aprendizaje de sus propios compañeros (Ibarra, Rodríguez & Gómez, 2012 citados por Raposo-Rivas & Martínez-Figueira, 2014) y que puede llevarse a cabo *intragrupa*, en el que los miembros de un mismo grupo se evalúan entre ellos de forma individual o colectiva, también puede ser *intergrupa* en la cual uno o más grupos valora el trabajo de otro grupo, y otra opción es la evaluación *individual* o también llamada entre pares, en la que un estudiante evalúa a otro de sus compañeros.

Esta evaluación entre compañeros ofrece una oportunidad para contrastar los resultados de la autoevaluación, ya que contribuye a que los juicios sobre el propio desempeño se ajuste y se siga desarrollando la capacidad de autorregulación y de aprendizaje autónomo, tan necesario a lo largo de la vida (Raposo-Rivas & Martínez-Figueira, 2014).

Respecto a que el estudiante asuma la responsabilidad de sus aprendizajes, es necesario que también se involucre en la evaluación de los mismos, Panadero-Calderón y Alonso-Tapia (2013) advierten que este proceso para autorregular el aprendizaje implicará una toma de conciencia de los objetivos de la tarea y supervisar su progreso, de esta forma la evaluación se convierte en una extensión del aprendizaje, dicho de otra forma, se evalúa para aprender.

Dado que la autorregulación es un proceso que se desarrolla gradualmente, se puede guiar utilizando herramientas pedagógicas, Gallego y Raposo-Rivas (2014) señalan que las rúbricas son una herramienta útil, ya que se basa en el compromiso del estudiante por su propio aprendizaje, De la Cruz y Abreu (2014) apoyando esta idea, proponen algunos pasos a seguir para que se promueva a través de las rúbricas:

1. *Planificación*: promover de manera individual y colectiva la reflexión de algunas preguntas como: ¿Cuál es la meta a alcanzar? ¿qué pasos seguir para alcanzarla? ¿con qué recursos o estrategias se cuentan? ¿cómo verificar si la meta ya se logró? ¿cómo será el involucramiento para la actividad y para mi propio aprendizaje?
2. *Ejecución*: se sugiere trabajar de manera colaborativa, asignando roles y tareas específicas para cada uno, aquí la rúbrica fungirá como guía para que recurran a ella para revisar si se están acercando a los niveles más altos de desempeño.
3. *Evaluación*: recuperar en la rúbrica el desempeño obtenido, tanto individual como entre pares para analizar ¿qué logramos? ¿qué falta por alcanzar? ¿cómo mejorar nuestro desempeño? ¿en qué debemos centrar nuestra atención en las futuras ejecuciones?

Con respecto al formato de este instrumento en forma de matrices, la literatura señala que existen dos tipos de rúbricas: las *globales*, también llamadas comprensivas u holísticas que hacen una evaluación integral del desempeño del estudiante con una sola dimensión que evalúa un panorama general de logros, sin considerar los componentes del proceso; y las rúbricas *analíticas*, que desglosan los componentes a evaluar y ayudan a determinar el estado de desempeño e identifican fortalezas y debilidades, lo que permite una retroalimentación más detallada (Alsina et al., 2013; Arenas & Gómez, 2013).

Bajo estos argumentos y con los objetivos expuestos, a continuación se darán los pormenores en el proceso para la construcción de las rúbricas que consistió en una serie de pasos:

1. Identificar las responsabilidades y actividades específicas de cada rol durante toda la sesión.
2. Con base en la literatura revisada se tomó la decisión de utilizar rúbricas analíticas, puesto que sería más enriquecedor para los alumnos tener una retroalimentación más detallada sobre su desempeño y cómo se espera que mejore (gradualmente) a lo largo de las sesiones.
3. Se determinaron las dimensiones que serían evaluadas, que de acuerdo a la teoría se tomarían las habilidades cognitivas, socio-emocionales y tecnológicas.
4. Se seleccionaron los rasgos de cada dimensión a evaluar, específicamente las actividades/responsabilidades de acuerdo al rol y en algunos casos, en el orden cronológico en el que se presentan durante la sesión.
5. Se establecieron los criterios de ejecución o niveles de desempeño, se decidió que fueran cuatro, por lo que cada actividad/responsabilidad sería calificada de acuerdo a estos niveles, tomando el 1 como calificación mínima y el 4 como la máxima. Cabe mencionar que ante todo se le dio más importancia a la descripción de los niveles y a la información que arrojan, que a la asignación cuantitativa, ya que el principal interés de evaluar los desempeños es conocer si a lo largo del curso se produce una evolución en los alumnos en un sentido integral y no sólo en el aspecto de la planeación.
6. Se redactaron los descriptores de cada nivel de la escala para cada indicador.
7. Se nombró cada rasgo o indicador con un código conformado por la primera letra del rol al que corresponde la rúbrica y el número de ítem y palabras clave que identifiquen de forma rápida lo que evalúa, por ejemplo "A1. Compartir armado", se refiere a que es el primer ítem de la rúbrica para evaluar al Armador y los descriptores de los niveles van desde, si el armador permite que sus compañeros participen en el armado del modelo (nivel 4), si sólo les permite a 2 de sus compañeros (nivel 3), o únicamente a 1 (nivel 2), o no lo hace con ninguno (nivel 1).
8. Una vez elaborada la rúbrica de cada uno de los roles, se sometieron al juicio de los expertos para hacer los análisis correspondientes y ver qué ajustes debían hacerse. Los jueces fueron 3 profesores de robótica y 2 profesoras expertas en rúbricas, y evaluaron cada rúbrica en una escala de 1 a 5 cada ítem, en cuanto a Estructura, Claridad, Coherencia y Aplicabilidad.
9. Cuando se hicieron los cambios sugeridos, se realizó un pilotaje con 15 alumnos de edades entre 12 y 15 años, estos alumnos formaron equipos de 5 integrantes, uno de cada grado de secundaria. Cada rúbrica fue evaluada como autoevaluación y co-evaluación, entre los 3 equipos, por lo que en total se obtuvieron 75 aplicaciones.

10. Se analizaron las rúbricas en donde había una discrepancia mayor a un punto en los resultados de los evaluadores, se revisó la redacción del ítem, presumiendo que se tratara de una ambigüedad o de errores de interpretación, y se hicieron los ajustes cuando se consideró conveniente.
11. Debido a que no todas las rúbricas contaron con una misma cantidad de ítems, se realizó una estandarización de puntajes para poder compararse de forma apropiada los resultados de cada una de las sesiones a lo largo del curso, proceso que será descrito más adelante.

Diseño y estructura

Los roles señalados en este instrumento son un intento por homogeneizar las diferentes denominaciones otorgadas a cada miembro del equipo, por los diversos programas de robótica pedagógica, por lo que, de acuerdo al programa aplicado, los nombres de los roles podrían ser ajustados e identificados conforme a sus actividades y responsabilidades dentro del equipo.

La literatura revisada ilustra que la robótica pedagógica promueve el desarrollo de habilidades tecnológicas, cognitivas, sociales y emocionales, por lo que este instrumento pretende ser lo suficientemente sensible para detectar si a lo largo de las sesiones los alumnos demuestran un mejor desempeño en cada ocasión que asumen cada uno de los roles.

Las dimensiones o factores que se consideraron para la construcción de las rúbricas fueron: el área cognitiva, en la cual se encuentran las actividades relacionadas con la planeación (principalmente), el área socio-emocional donde, entre otros aspectos, se aborda el liderazgo y la comunicación; por último la dimensión tecnológica, que se referirá principalmente a la destreza en el manejo del material y el logro de los objetivos del armado. Más adelante se puntualizará cómo quedaron distribuidos los ítems entre los indicadores y las dimensiones.

Justificación estadística

Para medir la confiabilidad de las rúbricas fueron sometidas al escrutinio de 5 expertos tanto del área de robótica como de psicometría, evaluando los indicadores en aspectos como: estructuración, claridad, cobertura y aplicabilidad. Los promedios de las calificaciones de los jueces en una escala de 1 a 5 se detallan en la

Tabla 11.

Tabla 11.

Media de calificaciones interjueces.

	Estructura	Claridad	Coherencia	Aplicabilidad
Proveedor de material	4.88	4.88	4.88	4.90
Verificador	4.72	4.78	4.83	4.72
Coordinador	4.87	4.93	4.87	4.93
Diseñador	5.00	5.00	4.92	5.00
Armador	4.83	4.83	4.50	4.75

A través de este mismo jueceo se confirmó por consenso que los ítems se agrupan en las 3 dimensiones mencionadas (cognitiva, socio-emocional y tecnológica), sin embargo, se recibieron algunas sugerencias para mejorar la redacción e incrementar el número de ítems para tener un mejor índice de confiabilidad del instrumento, pero por falta de tiempo (para someterlo nuevamente a jueceo) se decidió dejar la misma cantidad de ítems y sólo mejorar la redacción de los que habían recibido observaciones. Esta última revisión estuvo a cargo de dos expertos para aprobar los cambios realizados.

El pilotaje se llevó a cabo con 15 estudiantes de una escuela que ya tienen experiencia (mínimo 1 año) con robótica como materia curricular, 5 estudiantes de primer grado, 5 de segundo y 5 de tercero. Asistieron a una sesión extraordinaria donde se les dio una clase de robótica por separado, formaron equipos de acuerdo a su grado y al término de la sesión se evaluaron entre sí con las rúbricas (cada alumno se autoevaluó y evaluó a sus 4 compañeros de equipo, por lo que resultó en 75 aplicaciones en total), todos contestaron sus rúbricas y se obtuvo consistencia en los resultados, por lo que se comprobó que la redacción, si bien no es la óptima, es comprensible para la población a la que van dirigidas.

El instrumento completo quedó conformado con un total de 27 ítems, distribuidos en cada rúbrica de acuerdo al rol (responsabilidades y actividades propias de cada uno) y en las dimensiones mencionadas como se muestra en la

Tabla 12. Los ítems fueron nombrados (P1, P2, P3...) con la inicial del rol que evalúa y en orden secuencial conforme se espera se presente cada acción.

Tabla 12.

Agrupación de ítems por dimensiones.

Rol	Cognitiva	Socio-emocional	Tecnológica
Proveedor de material	P1, P2, P3, P4	P6	P5, P7, P8
Verificador		V5, V6	V1, V2, V3, V4
Coordinador	C3	C1, C2, C4, C5	
Diseñador	D3		D1, D2, D4
Armador	A3	A1, A2, A4	

Distribución de reactivos

Los indicadores de las rúbricas corresponden a las actividades y responsabilidades propias de cada rol, por lo que no necesariamente se agrupan y/o correlacionan entre roles, también cabe señalar que un indicador puede tener una o más actividades relacionadas con la tarea principal, y por lo tanto, cada una de ellas conforma un ítem como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13.

Indicadores y sus ítems/actividades de cada rol.

Rol	Indicadores	Ítem/Actividad
Proveedor de material	Provisión de material.	P1. Suficiencia.
	Material extra para la innovación.	P2. Preciso.
	Vigilar que el material sea utilizado	P3. Puntual.
	para los fines establecidos por	P4. Material extra apropiado.
	función y seguridad.	P5. Material extra puntual.
	Devolución de material.	P6. Control de material.
		P7. Devolución en tiempo.
		P8. Devolución en forma.

Verificador	Asesoría. Verificar armado. Interacción fuera de su equipo. Comunicación.	V1. Asesoría técnica. V2. Cotejo con modelo. V3. Funcionamiento con ajustes. V4. Comparación del armado con los demás equipos. V5. Interacción ordenada y respetuosa. V6. Propuestas de ajustes.
--------------------	--	---

Continuación Tabla 13

Rol	Indicadores	Ítem/Actividad
Coordinador	Cumplimiento de roles. Logro de objetivos. Planeación. Disciplina. Comunicación.	C1. Liderazgo. C2. Participación. C3. Planeación. C4. Disciplina. C5. Comunicación.
Diseñador	Cotejo de modelo con armado. Manejo del tiempo.	D1. Interpretación y asesoría. D2. Diseño innovador. D3. Organización del tiempo. D4. Monitorear actividades contra el tiempo.
Armador	Armado del modelo	A1. Compartir armado. A2. Asume su responsabilidad. A3. Adherirse al plan. A4. Seguir indicaciones.

Instrucciones generales para su aplicación

Como se mencionó anteriormente, este instrumento fue diseñado expresamente para la presente investigación, sin embargo, pretende ser un punto de partida para que pueda ser utilizado por otros

profesores/investigadores, por lo que se ofrecerán, además de los datos proporcionados, una serie de instrucciones a modo de manual para facilitar su aplicación.

Las evaluaciones serán efectuadas por tres actores: el propio estudiante (autoevaluación), el alumno con el rol de "Coordinador" dentro de su equipo y uno de los instructores, todos ellos serán previamente capacitados en la comprensión de cómo deberán evaluar de acuerdo a los criterios establecidos en cada rúbrica para poder obtener resultados confiables.

Se propone que sea el Coordinador del equipo quien se haga cargo de la co-evaluación debido a que una de sus principales funciones es vigilar y asegurarse que cada uno de sus compañeros esté realizando sus actividades en tiempo y forma, por lo tanto, es quien deberá prestar más atención a las funciones de cada rol y observar el desempeño de cada compañero para poder calificarlo de la forma más objetiva posible.

Las rúbricas serán aplicadas hasta el término de la sesión y deberán ser completadas en ese momento. Es importante que las tres personas mencionadas conozcan las rúbricas y que identifiquen tanto los momentos de la clase, como las actividades que se esperan de cada alumno en cada rol, para facilitar el momento de calificar.

Instrucciones específicas

- ⊙ Asegurarse de que todos los evaluadores estén familiarizados con las rúbricas que llenarán y que no tienen dudas sobre el proceso de calificación.
- ⊙ Los instructores y Coordinadores deberán tener claros quiénes serán sus alumnos a evaluar y los roles que desempeñará cada uno, para facilitar esto, se dispondrán de distintivos (gafete y casaca) para cada alumno con el rol asignado, además se anotarán en la hoja de registro la fecha de la sesión, quiénes conformaron el equipo y qué rol tendrá cada uno.
- ⊙ Solicitar al aplicador que al momento de calificar sea lo más objetivo posible.
- ⊙ Al término de calificar cada rúbrica, corroborar que todos los rubros hayan sido evaluados.

Tipos de respuesta

El desempeño de las actividades se espera que vaya mejorando gradualmente a lo largo del curso, por ello cada actividad será calificada por niveles de dominio como se muestra en la Tabla 14, la ventaja es que al estudiante no se le da una calificación global, se le brinda una retroalimentación

más específica que le indique cuáles actividades las cumplió satisfactoriamente y en cuáles tuvo más áreas de oportunidad.

Tabla 14.

Niveles de dominio.

Nivel de dominio	Calificación
Principiante	1
Novato	2
Competente	3
Experto	4

Dentro de las rúbricas, los niveles de dominio se encuentran del 1 al 4 ubicados de izquierda a derecha y en ese mismo acomodo estarán las calificaciones, primero la del propio alumno, después del Coordinador y por último el del instructor. En algunos roles donde sólo hay descriptores en las casillas 1 y 4 debido a que no existen acciones intermedias, las puntuaciones serán utilizando sólo esas cifras, ya que se consideró que esa actividad no puede ser graduada, por lo tanto, se evalúa sólo la ausencia o la presencia de la misma.

El evaluador sólo podrá utilizar una de las opciones mencionadas y cada indicador deberá ser calificado, dejando el apartado de Comentarios sólo para hacer alguna aclaración u observación que pudiera servir como referencia cualitativa relevante. En la Tabla 15 se muestran los puntajes mínimos y máximos que puede obtener un alumno, teniendo los resultados de 3 evaluadores: habiendo sido calificado por sí mismo, por el Coordinador de su equipo y por un instructor.

Rol	Actividades/ Responsabilidades	Puntaje mínimo	Puntaje máximo ¹²¹
-----	-----------------------------------	----------------	-------------------------------

Proveedor de material	8	24	96
Verificador	6	18	72
Coordinador	5	15	60
Diseñador	4	12	48
Armador	4	12	48

Tabla 15.

Puntajes mínimos y máximos por rúbrica.

Con el objeto de facilitar el análisis de los datos y para brindar a los participantes una puntuación más familiar para ellos, se decidió hacer una estandarización en las puntuaciones de las rúbricas (en una escala de 1 a 10), ya que como se mencionó anteriormente, estas variaban en la cantidad de ítems y por lo tanto, se obtenían diferentes puntuaciones mínimas y máximas. Esta estandarización se hizo partiendo de la puntuación mínima de cada rúbrica hasta la máxima puntuación posible, de ahí se hicieron 10 rangos fijos y poder establecer la calificación del alumno en la rúbrica de evaluación que le correspondiera al rol que desempeñó en cada sesión.

Derivado de esta heteroevaluación, los participantes tenían 3 calificaciones (la propia, la de su compañero Coordinador y la del instructor), excepto el Coordinador que sólo tenía 2 (la propia y la del instructor), se elaboró una tabla de conversión de las puntuaciones para los participantes que tuvieron 3 evaluadores (Tabla 16) y otra para obtener los resultados de los que tuvieron 2 evaluadores (

Tabla 17).

Tabla 16.

Tabla de conversión a puntuación estandarizada con 3 evaluadores.

Puntuación estandarizada

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	24-31.1	31.2-38.3	38.4-45.5	45.6-52.7	52.8-60	60.1-67.1	67.2-74.3	74.4-81.5	81.6-88.7	88.8-96
V	18-23.3	23.4-28.7	28.8-34.1	34.2-39.5	39.6-44.9	45-50.3	50.4-55.7	55.8-61.1	61.2-66.5	66.6-72

D	12-15.5	15.6-19.1	19.2-22.7	22.8-26.3	26.4-29.9	30-33.5	33.6-37.1	37.2-40.7	40.8-44.3	44.4-48
A	12-15.5	15.6-19.1	19.2-22.7	22.8-26.3	26.4-29.9	30-33.5	33.6-37.1	37.2-40.7	40.8-44.3	44.4-48

Nota. P: Proveedor de material. V: Verificador. D: Diseñador. A: Armador

Cabe señalar que en ocasiones el Coordinador tenía un rol extra, por lo que también en ese rol adicional sólo contó con 2 evaluadores, así que para ambos roles su calificación total se basaría en los parámetros de la

Tabla 17.

Tabla 17.

Tabla de conversión a puntuación estandarizada con 2 evaluadores.

Puntuación estandarizada

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	16-20.7	20.8-25.5	25.6-30.3	30.4-35.1	35.2-39.9	40-44.7	44.8-49.5	49.6-54.3	54.4-59.1	59.2-64
V	12-15.5	15.6-19.1	19.2-22.7	22.8-26.3	26.4-29.9	30-33.5	33.6-37.1	37.2-40.7	40.8-44.3	44.4-48
C	10-12.9	13-15.9	16-18.9	19-21.9	22-24.9	25-27.9	28-30.9	31-33.9	34-36.9	37-40
D	8-10.3	10.4-12.7	12.8-15.1	15.2-17.5	17.6-19.9	20-22.3	22.4-24.7	24.8-27.1	27.2-29.5	29.6-32
A	8-10.3	10.4-12.7	12.8-15.1	15.2-17.5	17.6-19.9	20-22.3	22.4-24.7	24.8-27.1	27.2-29.5	29.6-32

Nota. P: Proveedor de material. V: Verificador. C: Coordinador. D: Diseñador. A: Armador

Estas rúbricas se aplicaron desde la primera sesión y hasta el último día del curso, permitiendo la comparación entre las ocasiones que un mismo alumno desempeñó determinado rol para vislum-

brar si hubo avances, o bien, hacer un comparativo de las calificaciones de todos los compañeros para ver quiénes obtuvieron los puntajes más altos y los más bajos.

Utilizar la rúbrica de acuerdo al rol que desempeñó en cada sesión durante la intervención, permitió obtener lo siguiente:

- ⊙ Al comparar las rúbricas de cada uno de los alumnos en el desempeño de sus funciones de cada sesión, se pudo determinar si hubo avances en el desarrollo de las habilidades propias de cada rol y en qué aspectos.
- ⊙ Identificar con qué roles obtuvo las "calificaciones" más altas y en cuáles las más bajas para encontrar posibles talentos y áreas de oportunidad.
- ⊙ Como dato adicional, aunque no será analizado en este estudio, el profesor podrá hacer el comparativo de calificaciones de cada alumno en las asignaturas de matemáticas y física, de las evaluaciones bimestrales del ciclo escolar en que no tuvieron robótica contra los bimestres posteriores al curso para ver si hubo variación en ellas. Ya que como beneficio paralelo, podría reflejarse una mayor motivación por haber estado inmersos en un ambiente de aprendizaje novedoso y atractivo para los estudiantes, e incrementar su comprensión en las asignaturas mencionadas.

Nombre del participante:		Equipo:		Rúbrica para evaluar al "Proveedor de material"						
Criterios de evaluación		Ítem	1	2	3	4	Evaluación			Comentarios
							Yo	Coordinador	Instructor	
Provisión de material	P1. Suficiencia	Faltaron 10 o más piezas	Al entregar al equipo faltaron más de 6 piezas	Hicieron falta menos de 5 piezas	El material fue suficiente para el armado					
	P2. Preciso	La mayoría de las piezas no correspondían a las solicitadas	Alrededor de la mitad de las piezas no correspondían a las que requería el modelo	Algunas piezas no correspondían a las necesitadas	El material fue el adecuado para la tarea					
	P3. Puntual	El armado tuvo un retraso significativo porque no se tenía el material	Tardó en identificar el material requerido	Se demoró en proporcionar el material completo	La entrega del material fue en tiempo y forma					
Material extra para la innovación	P4. Material extra apropiado	Tomó material extra que no coincidió con piezas o cantidades de acuerdo a lo que el diseñador solicitó para mejorar el armado	Del material extra solicitado por el diseñador hubo sobrantes o faltantes (más de 5 piezas)	Del material extra solicitado por el diseñador hubo sobrantes o faltantes (4 piezas o menos)	El material extra proporcionado fue el solicitado por el diseñador para mejorar el funcionamiento del modelo					
	P5. Material extra puntual	El armado tuvo un retraso significativo porque no se tenía el material	Tardó en identificar el material requerido y proporcionarlo al equipo	Se demoró en proporcionar el material	La entrega del material fue en tiempo y forma					
Vigilar que el material sea utilizado para los fines establecidos por función y seguridad	P6. Control de material	No logró controlar que sus compañeros hicieran buen uso del material	Hubo retraso en el armado por el mal uso que se le dio por momentos al material	Las distracciones por el uso del material fueron muy pocas	Las piezas fueron utilizadas para los propósitos establecidos					
	P7. Devolución en tiempo	Entregó el material después de la hora señalada	Entregó el material a la hora indicada							
Devolución de material	P8. Devolución en forma	Entregó el material aún con ensambles, incompleto y/o deteriorado	No completó el desarmado, sin embargo, el material estaba completo y en buen estado	Devolución del material completa y en buen estado						

Figura 17. Rúbrica de Proveedor de material.

Nombre del participante:								Equipo:	
Rúbrica para evaluar al "Verificador"									
Criterios de evaluación	Ítem	1	2	3	4	Evaluación			
						Yo	Coordinado	Instructor	
Asesoría	V1. Asesoría técnica	No brindó asesoría en el seguimiento del plan de acción	Asesoró sólo en un momento del armado, de acuerdo al plan de acción	Asesoró al armador al iniciar y al finalizar el armado, de acuerdo al plan de acción	Asesoró al armador respecto al plan de acción, elaborado por el diseñador				
	V2. Cotejo con lámina	No verificó que el armado funcionara correctamente			Verificó que el armado de la lámina funcionara de manera correcta				
Verificar armado	V3. Funcionamiento con ajustes	No verificó que el armado funcionara correctamente			Comprobó que el armado con ajustes innovadores funcionara de manera correcta				
Interacción fuera de su equipo	V4. Comparación del armado con los demás equipos	No realizó la comparación de su armado con el de los demás equipos	Corroboró su armado con el de un solo equipo	Corroboró el armado con el de los demás equipos, desde su mesa de trabajo	Corroboró el armado con el de los demás equipos, moviéndose entre las mesas				
	V5. Interacción ordenada y respetuosa	No hubo interacción directa con los integrantes de otro(s) equipo(s), o fue inapropiada	La interacción con otro(s) equipo(s) fue ordenada	La interacción con otro(s) equipo(s) fue respetuosa	La interacción con otro(s) equipo(s) fue de manera ordenada y respetuosa				
Comunicación	V6. Propuestas de ajustes	Al regresar a su equipo no hizo comentarios sobre los armados de los demás equipos			Comunicó a su equipo posibles ajustes al armado a partir de ver el de otro(s) equipo(s)				

Figura 18. Rúbrica de Verificador.

Nombre del participante:						Equipo:	
Rúbrica para evaluar al "Coordinador"							
Criterios de evaluación	Ítem	1	2	3	4	Evaluación	
						Yo	Coordinado
Cumplimiento de roles	C1. Liderazgo	Su desempeño como líder ocasionó que el equipo estuviera desorganizado	Fue un líder laxo y alguien más tomó el control	Tomó el papel de líder pero sus compañeros tuvieron problemas para aceptar su autoridad	Asumió el rol de liderazgo y sus compañeros aceptan su autoridad		
	C2. Participación	No participó en el armado o lo realizó él completamente	Restringió las actividades de los demás únicamente al rol que les correspondía	Decidió que sus compañeros realizaran el armado y él sólo hizo sugerencias	Contribuyó activamente en todas las actividades relacionadas con el armado		
Planeación	C3. Planeación	No coordinó una planeación previa al armado	Ya comenzado el armado detuvo todo para planear la estrategia de armado	Planeó el orden del armado y se lo comunicó a su equipo	Antes de comenzar el armado realizó una planeación comentada junto con su equipo		
Disciplina	C4. Disciplina	No controló la disciplina en el equipo	Sólo por momentos mantuvo la disciplina dentro del equipo	La mayor parte del tiempo controló la disciplina en el equipo	Logró mantener la disciplina en el equipo durante toda la sesión		
Comunicación	C5. Comunicación asertiva	No tuvo comunicación con sus compañeros	La comunicación con los miembros del equipo fue asertiva en algunas ocasiones	Se comunicó con sus compañeros de equipo de manera asertiva en la mayoría de las ocasiones	Consiguió comunicarse toda la sesión de forma asertiva con sus compañeros de equipo		

Figura 19. Rúbrica de Coordinador.

Nombre del participante:								Equipo:	
Rúbrica para evaluar al "Diseñador"									
Criterios de evaluación	Ítem	1	2	3	4	Evaluación			Instructor
						Yo	Coordinado		
Cotejo de láminas con armado	D1. Interpretación y asesoría	No revisó las láminas de armado			Interpretó las láminas de armado y guió al proveedor de material y al armador para lograr el objetivo				
	D2. Diseño innovador	Se limitó a seguir el armado de las láminas	Las modificaciones hechas al armado original fueron sólo de estética	El diseño que propuso no funcionó tan bien como el original	Cuando se les pidió mejorar el modelo original, logró proponer un diseño innovador conservando el funcionamiento requerido				
Manejo del tiempo	D3. Organización del tiempo	No hizo un plan sobre el tiempo empleado para cada actividad			Organizó el armado de acuerdo al tiempo dispuesto				
	D4. Monitorear actividades contra tiempo	No tuvo control del tiempo respecto a las actividades realizadas			Monitoreó que las actividades se estuvieran llevando a cabo en tiempo y forma como las diseñó				

Figura 20. Rúbrica de Diseñador.

Nombre del participante:							Equipo:	
Rúbrica para evaluar al "Armador"								
Criterios de evaluación	Ítem	1	2	3	4	Evaluación		Instructor
						Yo	Coordinado	
Armado del modelo	A1. Compartir armado	No permitió que sus compañeros participaran en el armado	Sólo permitió que otro compañero le ayudara para el armado	Permitió que sólo dos de sus compañeros participaran en el armado	Permitió que sus compañeros de equipo participaran en el armado			
	A2. Asume su responsabilidad	Responsabiliza a un miembro del equipo de las fallas en el armado	No aceptó que fue su responsabilidad el que no se estuviera cumpliendo el objetivo del modelo	Comparte la responsabilidad de que el armado no se hubiera hecho adecuadamente	Asumió la responsabilidad cuando el modelo no se armó adecuadamente			
Seguimiento de instrucciones	A3. Adherirse al plan	No siguió el plan e hizo el armado como creía que era	Cuestionó el plan del diseñador y sólo siguió el plan con lo que estuvo de acuerdo	Cuestionó el plan del diseñador pero lo llevó a cabo	Se adhirió al plan de acción que elaboró el diseñador			
	A4. Seguir indicaciones	Se negó a seguir las indicaciones que le daba el verificador	Sólo siguió algunas de las indicaciones del verificador	Acató la mayoría de las indicaciones del verificador	Siguió las indicaciones que le daba el verificador sobre el plan de acción			

Figura 21. Rúbrica de Armador.

Apéndice 4. Consentimiento informado Profesor

Este formulario de Consentimiento Informado se dirige a los Profesores de los grupos en los que se llevará a cabo el estudio **"La robótica como herramienta pedagógica para mejorar la eficiencia de la planeación en adolescentes"** a cargo de la Psic. Sandy Guadalupe Ortiz Gómez, quien está realizando sus estudios de Maestría en Psicología y está interesada en conocer si a través de la robótica pedagógica los alumnos aprenden a planear de una manera más estructurada y sistematizada, lo cual le serviría en su capacidad para la toma de decisiones al momento de resolver problemas complejos.

La investigación se regirá de acuerdo con los principios establecidos en el Código Ético del Psicólogo de la Sociedad Mexicana de Psicología (2009), durante todo el procedimiento, resguardando así la integridad, seguridad y confidencialidad de los participantes. Por lo que toda información de la escuela, los profesores y los alumnos será únicamente del dominio de la investigadora y de las personas directamente involucradas con el estudio, comprometiéndose a que la información sea utilizada únicamente para los fines que en este documento se detallan.

La robótica pedagógica se lleva a cabo por 4 fases en las que el alumno deberá comprender ciertos conceptos que servirán como base para continuar a la siguiente etapa. En este programa únicamente se trabajará con la primer fase que es la mecánica, en la que se aprenderán (reforzarán) conceptos como máquinas simples y máquinas complejas; con estos aprendizajes podrán armar robots básicos empleando material K'nex que la investigadora proporcionará sin ningún costo.

En este proyecto un egresado de la Fac. de Físico-Matemáticas de la UMSNH impartirá la asignatura de robótica (previa capacitación por parte de la investigadora), por lo cual se le solicita que su participación sea de una manera constante y hasta que finalice el estudio, mismo que tiene una duración de 16 semanas. Se aplicará una evaluación psicológica al inicio del curso y al término de la investigación, que medirá si hubo diferencias en el nivel de planeación para la toma de decisiones.

Podrán ser incluidos todos los alumnos que sus tutores hayan autorizado participar en el estudio, mediante el Consentimiento Informado, junto con la Carta Compromiso del alumno, no así los que no tengan firmados estos documentos. Como criterio de exclusión adicional al anterior, no podrán participar alumnos previamente hayan tenido robótica como asignatura por considerar que puede influir en la medición final. Cabe señalar que todos los alumnos podrán asistir a las sesiones de robótica, sin embargo, para efectos de evaluación y reporte de resultados, sólo se tomarán en cuenta los

que tengan el consentimiento informado de su tutor, hayan tenido al menos un 80% de asistencias (y participación) y que hayan sido evaluados con la prueba psicológica, tanto antes del inicio del curso de robótica como al término de la investigación.

Es preciso aclarar que la participación no tiene ninguna retribución económica ni para alumnos ni para profesores, lo que obtendrán será de forma gratuita la capacitación para los profesores, el taller de robótica pedagógica y un libro de texto por equipo de trabajo.

Los resultados obtenidos en esta investigación se compartirán con usted y con los padres de familia, posteriormente serán publicados en la Tesis de Maestría de la investigadora. No se revelará información confidencial.

Se reitera el interés por que usted participe en este estudio, pero se le recuerda de que es de manera voluntaria y tiene la libertad de negarse sin que afecte su trabajo.

Si después de leer este documento aún tiene dudas se le pide preguntarle a la investigadora y firmar hasta que todas queden resueltas. Cabe señalar que durante todo el estudio la investigadora estará presente durante las sesiones de robótica y podrá estar en contacto con ella vía telefónica o de correo electrónico fuera de ese horario.

Como parte del cuerpo de Profesores, he sido invitado a participar en la investigación titulada: **"La robótica como herramienta pedagógica para mejorar la eficiencia de la planeación en adolescentes"** a cargo de la Psic. Sandy Guadalupe Ortiz Gómez, he leído la información proporcionada, he tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha respondido satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como Profesor para que en esta institución se ofrezca el taller de Robótica Pedagógica, apoyando a los facilitadores con la disciplina y observación de las sesiones para que se lleven a cabo de forma adecuada.

Nombre y firma del Profesor

Fecha: _____

Apéndice 5. Consentimiento informado Padre o tutor

Este formulario de Consentimiento Informado se dirige a los Padres o tutores de los alumnos en los que se llevará a cabo el estudio "**La robótica como herramienta pedagógica para mejorar la eficiencia de la planeación en adolescentes**" a cargo de la Psic. Sandy Guadalupe Ortiz Gómez, quien está realizando sus estudios de Maestría en Psicología y está interesada en conocer si a través de la robótica pedagógica los alumnos aprenden a planear de una manera más estructurada y sistematizada, lo cual le serviría en su capacidad para la toma de decisiones al momento de resolver problemas complejos.

La investigación se regirá de acuerdo con los principios establecidos en el Código Ético del Psicólogo de la Sociedad Mexicana de Psicología, durante todo el procedimiento, resguardando así la integridad, seguridad y confidencialidad de los participantes. Por lo que toda información de la escuela, los profesores y los alumnos será únicamente del dominio de la investigadora y de las personas directamente involucradas con el estudio, comprometiéndose a que la información sea utilizada únicamente para los fines que en este documento se detallan.

La robótica pedagógica se lleva a cabo por 4 fases en las que el alumno deberá comprender ciertos conceptos que servirán como base para continuar a la siguiente etapa. En este programa únicamente se trabajará con la primer fase que es la **mecánica**, en la que se aprenderán (reforzarán) conceptos como máquinas simples y máquinas complejas; con estos aprendizajes podrán armar robots básicos empleando material K'nex que la investigadora proporcionará sin ningún costo.

En este proyecto un egresado de la Facultad de Físico-Matemáticas de la UMSNH impartirá la asignatura de robótica (previa capacitación por parte de la investigadora), mismo que tiene una duración 16 sesiones de 1 hora semanal dentro del horario escolar, por lo cual se le solicita que la asistencia y participación de su hijo(a) sea de manera constante y hasta que finalice el estudio.

Se aplicará una evaluación psicológica al inicio del curso y al término de la investigación, que medirá si hubo diferencias en el nivel de planeación para la toma de decisiones.

Podrán ser incluidos todos los alumnos que sus tutores hayan autorizado participar en el estudio, mediante el Consentimiento Informado, junto con la Carta Compromiso del alumno, no así los que no tengan firmados estos documentos. Como criterio de exclusión adicional al anterior, no podrán participar alumnos previamente hayan tenido robótica como asignatura por considerar que puede influir en la medición final. Cabe señalar que todos los alumnos podrán asistir a las sesiones de robó-

tica, sin embargo, para efectos de evaluación y reporte de resultados, sólo se tomarán en cuenta los que tengan el consentimiento informado de su tutor, hayan tenido al menos un 80% de asistencias (y participación) y que hayan sido evaluados con la prueba psicológica, tanto antes del inicio del curso de robótica como al término de la investigación.

Es preciso aclarar que la participación no tiene ninguna retribución económica ni para alumnos ni para profesores, lo que obtendrán será de forma gratuita la capacitación para los profesores, el taller de robótica pedagógica y el libro de texto por equipo de trabajo.

Los resultados obtenidos de esta investigación se compartirán con los profesores y con usted, posteriormente serán publicados en la Tesis de Maestría de la investigadora. No se revelará información confidencial.

Se reitera el interés por que su hijo(a) participe en este estudio, pero se le recuerda de que es de manera voluntaria y tiene la libertad de negarse sin que afecte sus calificaciones.

Si después de leer este documento aún tiene dudas se le pide preguntarle a la investigadora y firmar hasta que todas queden resueltas. Cabe señalar que durante todo el estudio la investigadora estará presente durante las sesiones de robótica para asistir a los facilitadores e intervenir en caso de ser necesario.

Como Padre (tutor) de _____, he sido invitado a que mi hij___ participe en la investigación titulada: **"La robótica como herramienta pedagógica para mejorar la eficiencia de la planeación en adolescentes"** a cargo de la Psic. Sandy Guadalupe Ortiz Gómez, he leído la información proporcionada, he tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha respondido satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente que mi hij___ participe en esta investigación como alumn___ para recibir el taller de Robótica Educativa y ser evaluad___ psicológicamente para los fines del estudio.

Nombre del participante

Nombre y firma del Padre

Fecha: _____

Apéndice 6. Carta Compromiso

Sirva este documento para que yo _____
estudiante activo de Telesecundaria, me comprometa a:

Asistir y participar en el curso de Robótica Pedagógica que se impartirá como asignatura en mi escuela de manera gratuita.

Acudir a las evaluaciones psicológicas que me solicite la Psic. Sandy Guadalupe Ortiz Gómez.

Cumplir con las tareas que me sean encomendadas en Robótica.

Cuidar el material que se me proporcionará sin ningún costo.

Si por algún motivo tuviera que abandonar el ciclo escolar o faltar a alguna de las sesiones o evaluaciones, comunicarle y justificar al Profesor mi ausencia.

También declaro que se me proporcionó la información que necesito sobre la materia de Robótica y se me resolvieron las dudas que se generaron con la explicación y la lectura de este documento.

Comprendo que estoy en mi derecho de no participar en el taller, sin embargo, con este documento hago saber que estoy interesado(a) en asistir y en cumplir con lo que he señalado.

Nombre del participante

Firma del Director

Nombre y firma del Padre

Fecha: _____

Apéndice 7. Sesiones del Grupo 1

Sesión	Tema	Armado
0	Encuadre	
1	Plano inclinado	Rampa para auto
2	Plano inclinado	Taladro de mano
3	Plano inclinado	Tornillo de Arquímedes
4	Palanca	Carretilla
5	Palanca	Balanza
6	Palanca	Excavadora
7	Ruedas y ejes	Barco con rueda de paletas
8	Ruedas y ejes	Molino de viento
9	Ruedas y ejes	Vagón
10	Polea	Polea parada
11	Polea	Elevador
12	Polea	Grúa
13	Engranes	Bailarina
14	Engranes	Batidora manual
15	Cierre	Armado libre

Apéndice 8. Sesiones del Grupo 2

Sesión	Tema	Armado	Reto
0	Encuadre		Presentación del programa y de las rúbricas analíticas.
1	Plano	Rampa para auto inclinado	Simular el mecanismo de una grúa para subir un auto por una rampa.
2	Plano	Taladro de mano inclinado	Mejorar el funcionamiento de una broca/taladro de mano.
3	Plano	Resbaladilla inclinado	Construir una escalera para subir a la resbaladilla.
4	Palanca	Carretilla	Mejorar el funcionamiento de una carretilla.
5	Palanca	Balanza	Modificar la balanza en cualquiera de los elementos de la estructura, sin que afectara su funcionamiento.
6	Palanca	Excavadora	La excavadora hacía un movimiento de brazo y otro de garra, el reto consistió en fusionar los dos mecanismos para activarse con una sola palanca.
7	Ruedas y ejes	Vagón	Construir una cabina para el vagón y que tenga forma de enganchar más vagones. En esta sesión se les intentó motivar con un premio para el equipo que lograra hacer el modelo más creativo.
8	Ruedas y ejes	Barco con paletas	Reproducir un barco con paletas (remos circulares) y mejorar su funcionamiento, en cuanto a velocidad u optimización de energía.
9	Ruedas y ejes	Molino de viento	Mejorar el funcionamiento de un molino de viento.
10	Polea	Polea para-da	Construir el contenedor para que, con la combinación de varias poleas, pudieran subir y bajar una pelota o un carrito de juguete.
11	Polea	Grúa	Elaborar una canastilla para subir un carrito de juguete, utilizando un mecanismo para subir y bajar el brazo completo y otro para subir y bajar sólo el contenedor.
12	Polea	Elevador	Mejorar el funcionamiento de un elevador de 2 poleas.
13	Engranés	Podadora	Reproducir una podadora y mejorar su funcionamiento.
14	Engranés	Bailarina	Simular una cajita musical de una bailarina giratoria. El reto fue hacer los ajustes pertinentes para cambiar los engranes que tenía el modelo original (conector de 360° y ejes verdes), por engranes de un tamaño y forma distinta.
15	Reto final	Armado libre	Construir un artefacto que contenga la mayor cantidad de máquinas simples que se vieron durante el curso.

Apéndice 9. Devolución de resultados a Directores y profesores titulares

Estimado Profesor:

Aprovecho este medio para agradecerle nuevamente el haber autorizado y participado en la investigación "La robótica como herramienta pedagógica para mejorar la eficiencia de la planeación en adolescentes", no sólo para contribuir en el desarrollo profesional de una servidora, sino sobre todo por el interés en brindarles a sus estudiantes la oportunidad de vivir la experiencia de formar parte de un proyecto, que aporta a la investigación pedagógica y a sus propias vivencias como estudiantes.

Como parte del compromiso que hice con usted, le presento algunos de los resultados que se obtuvieron, los cuales me gustaría comentar a grandes rasgos en este documento, que sirva también como evidencia del trabajo que realizamos en conjunto.

El objetivo general de la investigación fue: Analizar el proceso de planeación con adolescentes de secundaria que participan de un programa de robótica pedagógica, derivado de éste, sabe que se hicieron varias mediciones con una prueba psicológica, además de las evaluaciones con las rúbricas para poder presentar los resultados.

Uno de los objetivos específicos giraba en torno a: Determinar si existen evidencias de una mejora en la eficiencia de la planeación al participar activamente de un curso de robótica pedagógica, y para darle respuesta, se recurrió a los resultados obtenidos en las mediciones con la prueba psicológica Torre de Londres (TOL Dx) en varios momentos: antes y después del curso de robótica, para definir también si el curso tuvo algún impacto en el mejoramiento de la eficiencia de la planeación. El mejoramiento se determinó por varios indicadores a cumplirse:

1. El incremento en la cantidad de Movimientos Correctos (MC). Un movimiento correcto es un problema de la TOL Dx resuelto en el mínimo de movimientos establecidos para ese ítem.

2. La disminución en la cantidad de Movimientos Excedentes (ME). Los movimientos excedentes son los movimientos adicionales a los mínimos establecidos para ese ítem, que realizó el evaluado para resolver el problema.

3. La disminución de las Violaciones de Tiempo (VT). Una violación de tiempo es cuando la resolución de un problema excede al primer minuto.

Por lo tanto, el mejoramiento de la planeación se refiere a la optimización del tiempo, planeando, monitoreando y evaluando constantemente (autorregulándose), para poder solucionar los problemas procurando no exceder los movimientos mínimos establecidos.

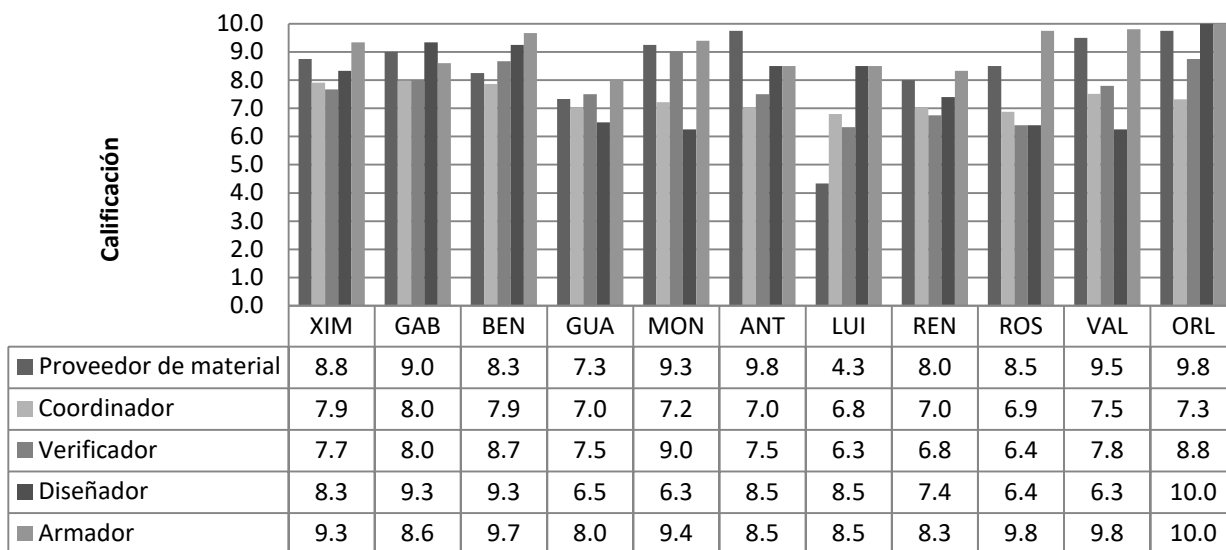
Con base en estos parámetros se presentan las gráficas donde aparece cada uno de los alumnos participantes y sus resultados, cabe señalar que en cada uno de los indicadores, el rango "normal" es una puntuación que oscile entre el 85 y el 115, los alumnos que tuvieron puntuaciones fuera del rango inferior no significa que tengan alguna deficiencia cognitiva, sólo un punto en el que se sugiere poner más atención en cómo desarrolla el proceso de planeación y fortalecerlo con algunos ejercicios o estrategias. Los alumnos que se encuentran por encima del rango superior quiere decir que su desempeño es superior al del promedio (en adolescentes de su edad), y se le conmina a continuar potenciando sus capacidades.

En la gráfica que se refiere a los promedios por rol, aparece cada uno de sus estudiantes y el promedio de calificación que obtuvo en cada rol, de acuerdo a las evaluaciones con las rúbricas que se hicieron en cada sesión. Esta gráfica le servirá para poder visualizar en qué rol obtuvo cada alumno sus calificaciones más altas y las más bajas, cabe señalar que estas diferencias entre los alumnos pueden deberse a características particulares, es decir, que tengan más habilidades (o preferencias) para ejercer cierto rol que para otro.

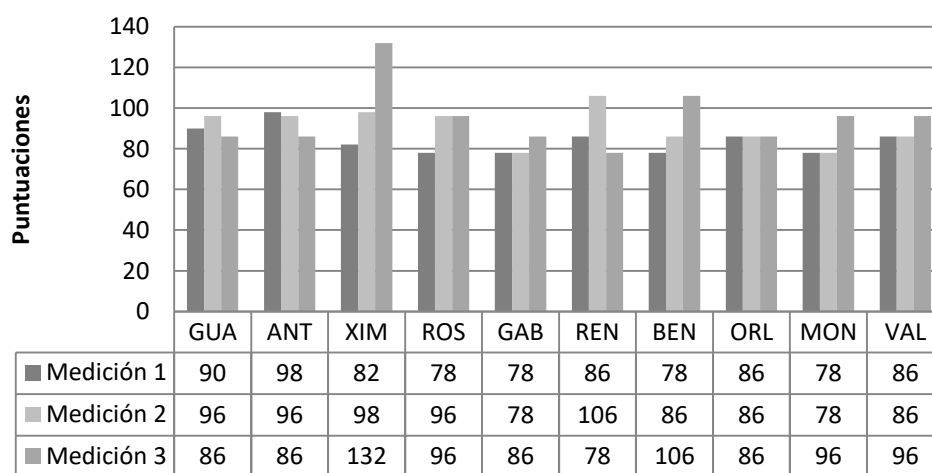
En la devolución de los resultados de cada alumno podrá encontrar algunas de las recomendaciones para mejorar su eficiencia en la planeación, lo exhortamos a que los pongan en práctica dentro del aula con actividades lúdicas y atractivas, para que después puedan trasladar esta capacidad a las demás esferas de su vida.

Finalmente, en mi nombre y de los personas que intervinieron me despido nuevamente agradeciendo la oportunidad de poder trabajar con sus alumnos y espero que estos resultados le motiven a seguir participando en este tipo de proyectos. Le reitero que quedo a sus órdenes para cualquier aclaración o duda.

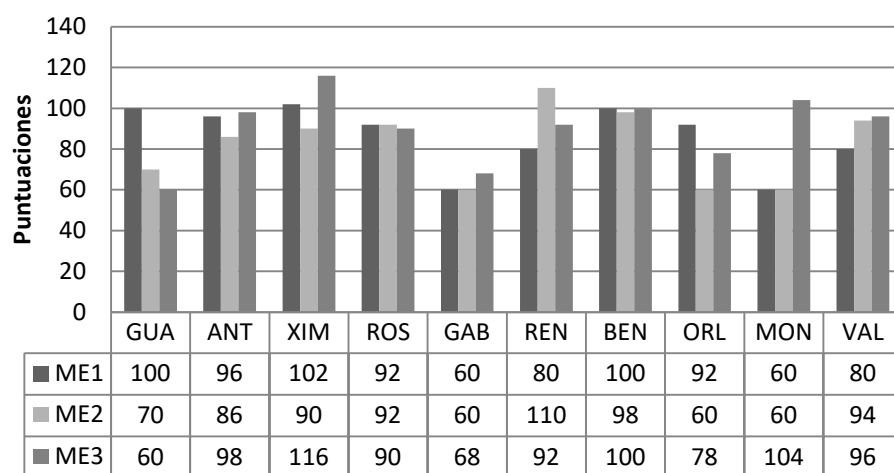
Promedios por rol



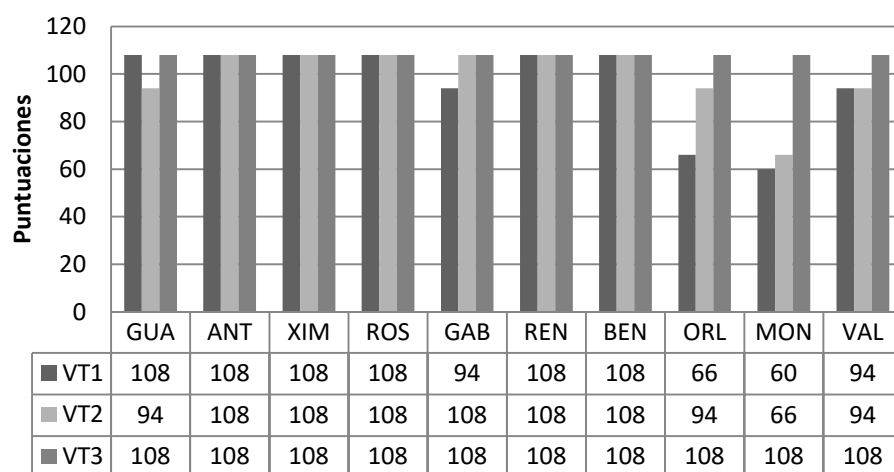
Movimientos Correctos (MC)



Movimientos Excedentes (ME)



Violaciones de Tiempo (VT)



Apéndice 10. Devolución de resultados a participantes

Aprovecho este medio para agradecerte nuevamente por haber participado en este proyecto de investigación titulado "La robótica como herramienta pedagógica para mejorar la eficiencia de la planeación en adolescentes", espero que hayas disfrutado el curso y que los resultados que hoy te presento te sirvan como puntos de partida para potenciar tus capacidades.

Esta es una pequeña guía para que analices tus resultados, y si es de tu interés, los puedas comparar con los de tus compañeros y compañeras.

En primer lugar encontrarás una gráfica donde aparecen las calificaciones que tuviste en cada ocasión que desempeñaste cada uno de los roles, así puedes ver si tu desempeño en cada ocasión se mantuvo estable, si disminuyó o si incrementó.

En la segunda gráfica podrás visualizar tus calificaciones en cada una de las sesiones, los símbolos indican el rol que ocupaste y qué calificación (de acuerdo a las rúbricas) obtuviste. Te recuerdo que estas calificaciones no tendrán ningún impacto en alguna de tus asignaturas, sólo es para que veas cómo fue tu progreso durante el curso.

La tercer gráfica muestra algunos de los indicadores de la prueba psicológica Torre de Londres (TOL Dx) que te apliqué, primero es necesario que te explique cada una de las abreviaturas:

MC. Movimientos Correctos: Un movimiento correcto es un problema de la TOL Dx que lograste resolver en el mínimo de movimientos, es decir, cada que lograste acomodar tu tablero exactamente como el mío, en el mínimo de movimientos.

ME. Movimientos Excedentes: Los movimientos excedentes son los movimientos adicionales (a los mínimos establecidos) que hiciste para poder acomodar tu tablero como el mío.

TL. Tiempo de Latencia: Es el tiempo que pasó de cuando destapé mi modelo, hasta que tu tomaste la primer esfera para resolver el problema.

TE. Tiempo de Ejecución: Es el tiempo en el que estuviste moviendo las esferas para replicar mi tablero (restándole el TL).

TT. Tiempo Total: Es el total de tiempo que te llevó desde que destapé mi tablero hasta que terminaste de acomodar el tuyo.

Es importante señalar que, para tu edad, lo ideal es que todas estas puntuaciones estén entre los 85 y los 115 puntos, si no es así no te preocupes, no quiere decir que exista algún problema, probablemente sólo te falte reforzar tu proceso de planeación y más adelante te doy algunas recomendaciones.

Como te mencioné desde el inicio de la investigación, la intención principal era estudiar si el curso de robótica te ayudaría a mejorar la forma en que planeas, y para saber si el objetivo se logró (en tu caso) deberás observar tus resultados y analizar si se cumplieron estas condiciones:

¿En alguna de las ocasiones en que te apliqué la TOL Dx incrementó tu puntuación en MC?

¿Tus ME disminuyeron después del curso de robótica?

Si contestaste "sí" a ambas preguntas ¡Felicidades!, significa que lograste mejorar tu proceso de planeación, porque incrementaste tus movimientos correctos y disminuiste los excedentes, quiere decir que utilizaste una estrategia de planeación que funcionó.

Si a alguna de las preguntas contestaste que "no", es probable que el curso no haya sido muy eficiente en tu caso, pero aún así puedes seguir mejorando, lo importante es que ahora sabes que el tener una estrategia y revisar constantemente si está funcionando como esperabas, puede servirte para tener mejores resultados en cualquier decisión que estés por tomar.

La planeación es un proceso cognitivo muy importante y en la etapa en la que estás se encuentra en pleno desarrollo, ahora que eres adolescente te habrás dado cuenta que tienes más y mayores responsabilidades que requieren una mayor toma de consciencia ¿no es cierto? parece que ahora tienes que tomar cada vez más decisiones, y así será a lo largo de tu vida, conforme crezcas las decisiones serán cada vez más complicadas y tendrán cada vez consecuencias más importantes, por eso es imprescindible que aprendas a lidiar con ellas desde ahorita, que sepas planear y generar soluciones que te beneficien.

Algunas de recomendaciones que te doy para tomar una decisión o en generar para planear son:

- ⊙ Analiza el problema (u objetivo), conoce sus dimensiones, sus limitaciones, sus alcances.
- ⊙ Revisa qué recursos tienes para afrontar el problema o para encarar el desafío, si consideras que te hacen falta recursos, búscalos, pide ayuda, capacítate, lee...

- ⊙ Considera tus alternativas, la mayoría de los problemas o el alcance de los objetivos tienen varias formas de solucionarlos, revisa qué opciones tienes, cuál te dará mayores beneficios, cómo necesitas actuar para conseguirlo.
- ⊙ Toma la decisión, pero ¡no te duermas en tus laureles! revisa constantemente si la decisión que tomaste fue buena, si las cosas no van como lo esperabas, reconsidera, date un tiempo para hacer una pausa y repasar desde el punto 1 para darte cuenta si necesitas realizar otra estrategia o vas bien.

Por último, algunas prácticas que podrías hacer para seguir desarrollando el proceso de planeación de una forma más directa es:

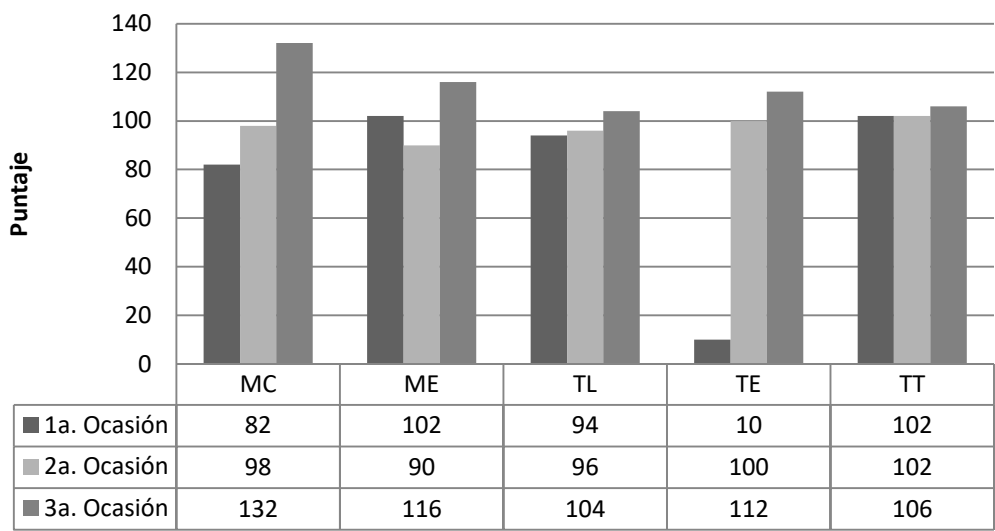
Jugar ajedrez o cualquier juego donde tengas que hacer una estrategia y que si esta no está funcionando, te permita modificarla hasta que obtengas los resultados deseados.

Solucionar laberintos o elaborarlos, esta es un excelente ejercicio para practicar la planeación, elabora tus propios laberintos e incluso inventa tus reglas y compártelos con tus compañeros para ver quién los resuelve más rápido.

Juega con tus compañeros a situaciones hipotéticas, planteen una pregunta en la que tengan que tomar decisiones controvertidas, por ejemplo, ¿qué harías si comenzara a inundarse tu casa? y cada uno vaya diciendo paso por paso qué haría, te darás cuenta que sólo cuando nos ponemos a analizar detenidamente la situación, podemos encontrar detalles que no habíamos considerado antes.

Te reitero nuevamente mi agradecimiento por participar en este proyecto y si tienes alguna duda acerca de tus resultados o necesitas apoyo para mejorar tu eficiencia en el proceso de planeación, comunícate conmigo y con gusto te atenderé.

XIM



XIM

