

Potencialidades de los Comandos en Experiencias de Elaboración de Simuladores con GeoGebra

Ivonne C. Sánchez¹

Universidade Federal do Pará / Aprender em Red

Luis Andrés Castillo²

Universidade Federal do Pará / Aprender em Red

RESUMEN

Elaborar simuladores con GeoGebra es una actividad que consiste en crear dibujos dinámicos que representan formas y movimientos de fenómenos reales. Para lograr esto, el uso de comandos en GeoGebra, especialmente el comando "secuencia", se ha mostrado como una opción sumamente viable y efectiva para superar complicaciones técnicas. En este trabajo, se describen experiencias concretas llevadas a cabo en los Clubes GeoGebra del Estado Zulia (Venezuela), donde estudiantes de Bachillerato utilizaron el comando "secuencia" para representar piezas de mecanismos en la ventana 3D del software. Las experiencias demuestran que el comando "secuencia" es altamente eficiente y permitió resolver tareas de construcción geométrica en menos tiempo, optimizando la construcción de dibujos dinámicos obtenidos. En conclusión, la utilización del comando "secuencia" al elaborar simuladores con GeoGebra ha demostrado ser una estrategia altamente beneficiosa para los estudiantes, por la capacidad de construir dibujos dinámicos precisos y efectivos contribuye a un mejor entendimiento de conceptos complejos y promover un enfoque más práctico y atractivo para el aprendizaje de la geometría.

Palavras-chave: comando secuencia, geometría dinámica, simuladores, GeoGebra.

Potentialities of the Commands in Simulator Development Experiences with GeoGebra

ABSTRACT

Creating simulators with GeoGebra is an activity that consists of creating dynamic drawings that represent shapes and movements of real phenomena. To achieve this, the use of GeoGebra commands, especially the "sequence" command, has been shown to be an extremely viable and effective option to overcome technical complications. This paper describes concrete experiences carried out in GeoGebra Clubs in Zulia State (Venezuela), where high school students used the "sequence" command to represent pieces of mechanisms in the 3D window of the software. The experiences show that the "sequence" command is highly efficient and allowed solving geometric construction tasks in less time, optimizing the construction of dynamic drawings obtained. In conclusion, the use of the "sequence" command when developing simulators with GeoGebra has proven to be a highly beneficial strategy for students, as the ability to build accurate and effective dynamic drawings contributes to a better understanding of complex concepts and promotes a more practical and attractive approach to learning geometry.

Keywords: sequence command, dynamic geometry, simulators, GeoGebra.

¹ Licenciada en Educación mención Matemática y Física por la Universidad del Zulia (LUZ). Maestrante del Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas de la Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, Belém, Pará, Brasil, CEP: 66075-110. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2485-1059>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9964399535972053>. E-mail: ivonne.s.1812@gmail.com.

² Licenciado en Educación mención Matemática y Física por la Universidad del Zulia (LUZ). Maestrante del Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas de la Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, Belém, Pará, Brasil, CEP: 66075-110. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5174-9148>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4358821746569093>. E-mail: luiscastleb@gmail.com.

Potencialidades dos comandos nas Experiências de Desenvolvimento de Simuladores com o GeoGebra

RESUMO

Elaborar simuladores com o GeoGebra é uma atividade que consiste em criar desenhos dinâmicos que representam formas e movimentos de fenômenos reais. Para isso, o uso de comandos do GeoGebra, especialmente o comando "sequência", tem se mostrado uma opção extremamente viável e eficaz para superar complicações técnicas. Este artigo descreve experiências concretas realizadas em Clubes de GeoGebra no Estado de Zulia (Venezuela), onde alunos do ensino médio utilizaram o comando "sequence" para representar peças de mecanismos na janela 3D do software. As experiências mostram que o comando "sequência" é altamente eficiente e permitiu resolver tarefas de construção geométrica em menos tempo, otimizando a construção dos desenhos dinâmicos obtidos. Concluindo, o uso do comando "sequence" na construção de simuladores com o GeoGebra provou ser uma estratégia altamente benéfica para os alunos, pois a capacidade de construir desenhos dinâmicos precisos e eficazes contribui para uma melhor compreensão de conceitos complexos e promove uma abordagem mais prática e envolvente para o aprendizado da geometria.

Palabras-clave: comando de sequência, geometria dinâmica, simuladores, GeoGebra.

CONSIDERACIONES INICIALES

A lo largo de las últimas décadas, las Tecnologías Digitales (TD) como recursos para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas han sido objeto de estudio por diversos investigadores en el campo de la Educación Matemática, convirtiéndose en un elemento más que compone la actividad matemática en el aula (ROJANO, 2014). La importancia del uso de las TD en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas ha sido reconocida y adoptada por varios documentos curriculares, entre estos, los Principios y Normas para las Matemáticas Escolares del Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas (NCTM) de Norte América. En este documento, la tecnología se considera uno de los principios de las matemáticas escolares del siglo XXI al establecer las posibilidades que ofrece en el desarrollo de diversas prácticas, incluidas las investigaciones matemáticas. En esta línea, el NCTM (2000) afirma que:

Las tecnologías electrónicas (calculadoras y computadoras) son herramientas esenciales para enseñar, aprender y hacer matemáticas [...]. Pueden apoyar la investigación de los estudiantes en todas las áreas de las matemáticas, incluida la geometría [...]. La tecnología enriquece el alcance y la calidad de las investigaciones al proporcionar un medio para ver ideas matemáticas desde múltiples perspectivas. El aprendizaje de los estudiantes se ve favorecido por la retroalimentación que la tecnología puede proporcionar [...]. La tecnología también proporciona un enfoque a medida que los estudiantes discuten entre sí y con su profesor los objetos en la pantalla y los efectos de las diversas transformaciones dinámicas que permite la tecnología. (p. 24-25, traducción nuestra)

Dadas las posibilidades que ofrecen en el desarrollo de la actividad matemática en el aula, las TD se consideran como herramientas que transforman las prácticas matemáticas de

profesores y alumnos, siempre y cuando no se subutilicen (BORBA; VILLARREAL, 2005; HOYLES, 2018). En el caso de la geometría dinámica, el impacto de la incorporación de las TD en el estudio de la geometría se puede observar, por ejemplo, en las relaciones que se establecen entre un dibujo y una construcción realizada en la interfaz de un Software de Geometría Dinámica (SGD). En este sentido, Borba, Scucuglia y Gadanidis (2018) destacan que:

Las distinciones entre dibujo y construcción no tenían sentido cuando construíamos objetos geométricos con lápiz, papel y otras tecnologías como regla y compás, pero esta distinción comenzó a ser significativa con el uso de software de GD [Geometría Dinámica] [...]. En una construcción, la figura siempre conserva sus propiedades fundamentales cuando uno de los elementos "móviles" que la componen se arrastra. Si arrastramos una figura y no mantiene sus propiedades fundamentales, la figura solo es un dibujo (p. 27-28, énfasis en el original).

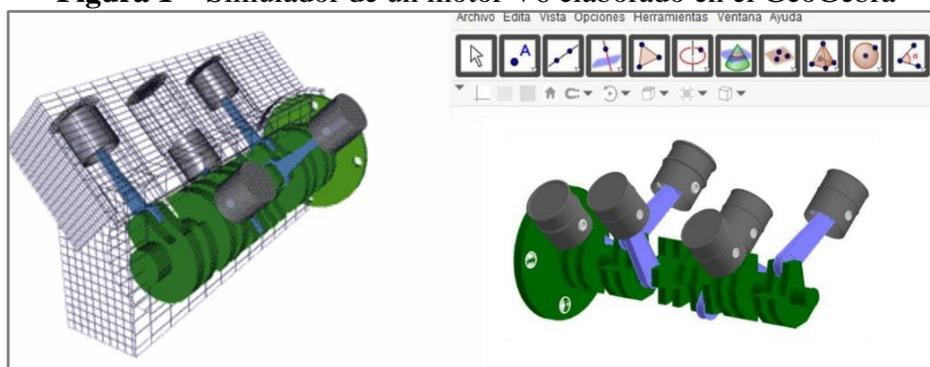
En este tema, Laborde (1997) se refiere a la construcción geométrica realizada en la interfaz de un SGD como dibujo dinámico y al problema de su producción como una tarea de construcción, que se explora en contextos de enseñanza y aprendizaje con diversos propósitos, desde la movilización de conocimientos geométricos hasta la creación de escenarios para el desarrollo de investigaciones matemáticas (ALQAHTANI; POWELL, 2016; OLIVERO; ROBUTTI, 2007; SANTOS-TRIGO; REYES-RODRÍGUEZ, 2016; TROCKI; HOLLEBRANDS, 2018). En el primer caso, las diferentes herramientas de construcción del SGD utilizado desempeñan un papel fundamental en la resolución de tareas de construcción, ya que son portadoras de contenidos conceptuales de los objetos geométricos que se intentan representar, susceptibles de ser movilizados durante la actividad de resolución de la tarea.

Sin embargo, el uso de estas herramientas "tradicionales" no siempre es la mejor opción para alumnos y profesores que se involucran en la resolución de tareas de construcción geométrica específicas, como aquellas que se resuelven para elaborar simuladores computacionales de fenómenos cotidianos. En este escenario, SGD como GeoGebra tienen diversas funcionalidades dinámicas que permiten al usuario realizar construcciones geométricas consideradas complejas con mayor eficiencia y precisión que las herramientas tradicionales de construcción y medida. Una de estas funcionalidades es el comando "secuencia" de GeoGebra, el cual ha sido poco explorado al igual que muchas otras funcionalidades de este software. Con la intención de presentar el uso del comando "secuencia" en experiencias de elaboración de simuladores con GeoGebra, este artículo tiene como objetivo describir las potencialidades de funcionalidades menos conocidas de GeoGebra para realizar construcciones geométricas.

EL CONTEXTO DEL ESTUDIO

A partir del año 2013, se desarrolló en diferentes instituciones escolares públicas del oeste de Venezuela el proyecto educativo Club GeoGebra, que consistía en la creación de grupos conformados por alumnos (de niveles escolares equivalentes a los últimos años de la educación primaria y la educación secundaria en Brasil) y profesores que enseñan matemáticas, con el interés de elaborar simuladores con el software GeoGebra. En general, la Elaboración de Simuladores en el GeoGebra (ESG) es una actividad cuyo objetivo es obtener un modelo digital, en la interfaz del software, que represente las formas y movimientos de un fenómeno determinado de la realidad. En la Figura 1 se ilustra un ejemplo del simulador de un motor V6 elaborado en la interfaz de GeoGebra.

Figura 1 – Simulador de un motor V6 elaborado en el GeoGebra



Fuente: En base de <https://goo.gl/2QP62>.

Para hacer operativa la ESG, los alumnos se involucran en la realización de proyectos de simulación que se desarrollan en cuatro fases: (i) selección del fenómeno, (ii) elaboración del simulador, (iii) sistematización de la experiencia y (iv) socialización de la experiencia. A medida que se involucran en el desarrollo de sus proyectos, los alumnos aprenden a utilizar las diferentes herramientas de construcción y medida del software para elaborar sus simuladores.

Un aspecto que llamó la atención durante el desarrollo de las experiencias de trabajo con alumnos y profesores en el contexto de la ESG, fue la tendencia de utilizar con mayor énfasis las herramientas de construcción y medida del GeoGebra para resolver tareas de construcción, hecho que en ocasiones les generaba complicaciones para finalizar la actividad con éxito. Con el propósito de mostrar la posibilidad de ir más allá del uso de estas herramientas "tradicionales", se describen 4 experiencias de estudiantes de educación media, que utilizaron

el comando "secuencia" de GeoGebra para simular piezas de mecanismos del mundo físico con motivos de aprender matemática en el proceso de simulación.

Elaboración de Simuladores con o GeoGebra

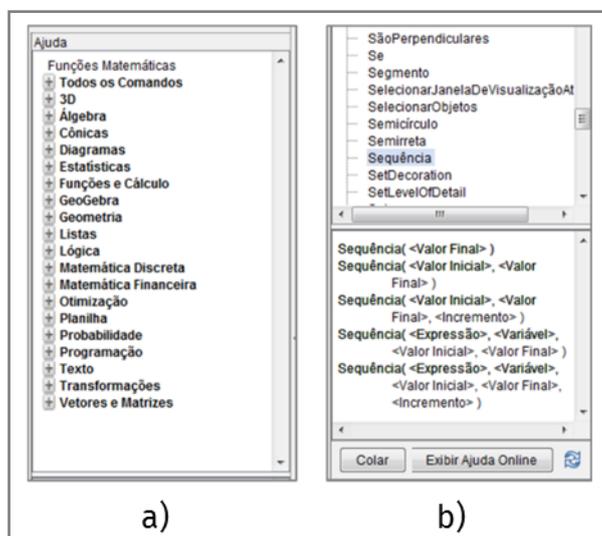
En general, se puede entender un simulador computacional como un modelo digital de un fenómeno real o hipotético, utilizado para comprender y predecir el comportamiento de dicho fenómeno (CLARK *et al.* 2009). Estos autores destacan el hecho de que estos simuladores se utilizan ampliamente en diversos campos científicos como ingeniería, medicina, economía, matemáticas y ciencias naturales. En el ámbito educativo, estos simuladores se utilizan como artefactos que sirven de puente para el estudio y análisis de fenómenos propios de las matemáticas y las ciencias naturales, buscando que los alumnos desarrollen experiencias científicas significativas. Al interactuar con el simulador, los alumnos tienen la posibilidad de manipular y/o modificar las variables que definen el fenómeno modelado, pudiendo analizar y comprender su comportamiento a medida que transcurre el tiempo.

Considerando las ideas anteriores, la ESG se concibe como una actividad que consiste en obtener un simulador computacional en la interfaz de GeoGebra, mediante el uso de las herramientas (de construcción y medida) y las funcionalidades dinámicas del software. El proceso de obtención de este simulador se organiza en torno a un conjunto de tareas de simulación que se resuelven en secuencia, ya que cada una de estas tareas se relaciona con la representación de una de las partes que componen el fenómeno a modelar (RUBIO; PRIETO; ORTIZ, 2016). En este sentido, la resolución de una tarea de simulación presupone: (i) elaborar un bosquejo de esa parte del fenómeno que se desea representar, (ii) identificar las formas y movimientos de la parte bosquejada matemáticamente, y (iii) construir los dibujos dinámicos que permitan modelar esas formas y movimientos en el software.

Dependiendo del tipo de objetos matemáticos identificados en la etapa (ii) anterior, los dibujos dinámicos se elaboran en la ventana 2D o 3D de GeoGebra. Por lo tanto, ya sea en la ventana 2D o en la 3D, la complejidad de cada objeto matemático requiere considerar las diferentes herramientas y funcionalidades del software que permitan obtener, de manera consistente y eficaz, los dibujos dinámicos que modelan el fenómeno de estudio. Entre las funcionalidades dinámicas que ofrece el software GeoGebra para optimizar la elaboración de un simulador, se destacan los comandos que permiten tanto construir objetos en las diferentes

apariencias del programa como modificar propiedades de otros construidos previamente (CASTILLO; PRIETO, 2018).

Figura 2 – Panel de ayuda de comandos del software GeoGebra



Fuente: Elaboración propia de los autores

Cada comando tiene una sintaxis predefinida por el software que proporciona información sobre cada parámetro necesario para ejecutarlo. Por lo tanto, para ejecutar un comando en GeoGebra, es suficiente ingresar los parámetros asociados a su sintaxis a través del Campo de Entrada. Vale la pena destacar que el software cuenta con un panel de ayuda, en el que se muestran todos los comandos disponibles, organizados por categorías (Figura 2a). Cuando se selecciona uno de los comandos, se muestra la sintaxis correspondiente en la parte inferior del panel (Figura 2b).

Uno de los comandos que ofrece el software GeoGebra es "secuencia", que permite generar listas de objetos que se relacionan mediante una expresión o ley simbólica dada por el comando. En las secciones siguientes, se describirán las experiencias de dos alumnos que, en el contexto de la ESG, utilizaron el comando "secuencia" para resolver una tarea de construcción geométrica.

PROCEDIMIENTOS METODOLOGICOS

Participantes y contextos

Las experiencias aquí reportadas en este trabajo se recopilaron durante sesiones de trabajo para la elaboración de simuladores en dos (02) Clubes GeoGebra de instituciones oficiales de Educación Media del Estado Zulia en Venezuela, en el periodo escolar 2016 – 2017. En estas experiencias participaron cuatro (04) estudiantes. De estos clubes surgieron cuatro (04) proyectos de simulación y, los estudiantes cargo de cada proyecto realizaron una sistematización de su experiencia por las fases del proyecto.

Para organizar mejor la información anterior se realizó un cuadro que sintetiza la cantidad de proyecto por cada club en el cual se detectó el uso del comando secuencia, vale destacar que los clubes han sido rotulados con las letras A y B

Tabla 1 – Distribución de los proyectos de simulación encontrados

Club GeoGebra (CGG)	Proyecto de Simulación (PS)	Cantidad de Estudiantes
A	PS1	1
	PS2	1
B	PS3	2

Fuente: Elaboración propia de los Autores

Las informaciones de esta investigación provienen de las sistematizaciones que se generan en la última fase de los proyectos de simulación, éstas se ponen a la disposición del público en general por medio del libro de memorias del Encuentro de Clubes GeoGebra del Estado Zulia. Las experiencias objeto de análisis fueron tomadas las memorias del III Encuentro de Clubes GeoGebra del Estado Zulia (PRIETO; GUTIÉRREZ, 2017), por considerar que el comando secuencia aparece en 4 sistematizaciones en estas memorias.

Las sistematizaciones en general se estructuran por cuatro apartados: (i) una introducción, (ii) una reseña del fenómeno simulado, (iii) un apartado relacionado con las tareas de simulación y construcción geométrica atendidas y (iv) algunas reflexiones finales. Para esta investigación, el foco de interés fue en las descripciones de las tareas de construcción geométrica, en las cuales se evidencia el uso del comando secuencia. Para organizar las sistematizaciones se realizó el siguiente cuadro que exhibe los cuatro (04) escritos vinculados

a cada experiencia con el respectivo título del trabajo publicado en las memorias y las tareas de construcción geométrica en las cuales se usó tal funcionalidad del GeoGebra (ver Tabla 2).

Tabla 2 – Proyectos de simulación y tarea de construcción

Proyecto de Simulación (PS)	Título	Tarea de Construcción
PS1(A)	Representando el cigüeñal de un motor de dos tiempos con GeoGebra en 3D	Construcción de un decaedro a partir de un punto interior
PS2 (A)	Construyendo un motor V6 con GeoGebra en 3D. El caso del cigüeñal, biela y pistón	Construir un endecágono a partir de un punto interior (primer endecágono)
PS3 (B)	La geometría en 3D en el simulador del Singapore Flyer	Representar 12 segmentos a partir de una recta exterior

Fuente: Elaboración propia de los Autores

Cada una de estas experiencias contienen información de las tareas de construcción en la cual para su resolución se usó el comando secuencia. En alguno de estos escritos, fue usado más de una vez el referido comando. Vale destacar que los Clubes GeoGebra identificados con las letras A y B dan cuenta de que dos (02) trabajos corresponden al Club GeoGebra A, uno (01) al Club GeoGebra B.

El análisis de las informaciones para esta investigación se realizó en tres momentos: (i) para emprender el primero se seleccionaron, en las cuatro (04) sistematizaciones presentadas en el cuadro anterior, las tareas de construcciones en las cuales su proceso de resolución contemplara el uso del comando *secuencia*, (ii) para el segundo momento se reconocieron las técnicas empleadas para la resolución de las mismas y, finalmente, (iii) en el tercer momento se determinó en el discurso escrito de los estudiantes que los llevo a utilizar el comando *secuencia*.

RESULTADOS

Del análisis de las informaciones se derivó que, de las cuatro sistematizaciones, las dos del Club GeoGebra “A” usaron más de una vez el comando secuencia en la resolución de la tarea de construcción, mientras que las del Club “B” y “C” solo fue utilizado una vez. El análisis del discurso reveló que este hecho se debió a que los estudiantes del Club “A” tuvieron la necesidad de utilizar los elementos creados por una secuencia para utilizarlos en otra secuencia, mientras que en las otras dos sistematizaciones restantes una sola secuencia era suficiente para atender a la tarea de construcción. Otra cuestiona que surgió en el análisis es que en los escritos

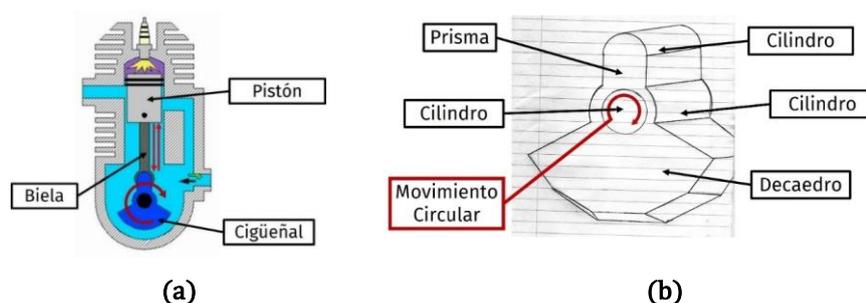
de los estudiantes un factor común es que el motivo de usar el comando secuencia se centraba en la reducción del uso repetitivo de herramientas de construcción y generar procesos de construcciones más eficaces. Finalmente, todos los estudiantes utilizaron la misma sintaxis del comando secuencia de las cinco (05) que ofrece el GeoGebra

Para una presentación más detallada de los resultados presentaremos la técnica de resolución de cada tarea de construcción en la que se utilizó el comando secuencia, aunado de fragmentos del discurso escrito los proyectos llevados a cabo en el club “A” en los cuales justifica el uso de dicho comando.

Proyecto de Simulación 1 (A)

El fenómeno seleccionado por el estudiante fue de un motor de dos tiempos (Ver Figura 3a), la tarea de construcción seleccionada de este proyecto se derivó a partir de las formas y movimientos identificados en el boceto del Cigüeñal (ver Figura 3b). Dicho boceto se elaboró para emprender la resolución de la primera tarea de simulación del estudiante, la cual quedó declarada en los siguientes términos: *Representar el cigüeñal del motor de dos tiempos en la vista 3D del GeoGebra*. Construir el decaedro fue la tercera tarea en atenderse por lo cual el estudiante ya contaba con algunos objetos geométricos ya construidos. El estudiante había reconocido que para construir el decaedro (el cual era irregular) precisaba de determinar todos los vértices de sus caras, dieciséis (16) puntos para ser exactos. Debía encontrar ocho (08) de una cara frontal y ocho (08) de la otra cara posterior.

Figura 3 – Fenómeno de simulación y Boceto del cigüeñal asociado a la tarea de simulación



Fuente: Adaptada de <http://bit.ly/2kehEV0>.

El estudiante al determinar el tercer vértice de la cara frontal del decaedro se identificó en su discurso que para localizar los otros cinco (05) restantes debía realizar la misma operación que con el tercero, con una variación de medida angular. Entonces el mismo reconoce que

proceder con la herramienta de rotación axial reiterada veces no es un camino tan eficaz y justifica el porqué de utilizar el comando secuencia como se muestra en la Figura 4.

Figura 4 – Fragmento #1 del discurso del estudiante del PS1 - A

Ahora, solo faltaba determinar los otros 5 vértices. Para lograr lo anterior se procedió de forma parecida a la manera en la cual se determinó a F' , es decir, se debe rotar cinco veces el punto F con ciertas medidas de ángulos. Con el propósito de evitar el reiterado uso de la herramienta *Rotación axial* y economizar el tiempo de este proceso, se tomó la decisión de usar el comando *Secuencia* del GeoGebra.

Fuente: registro de pesquisa

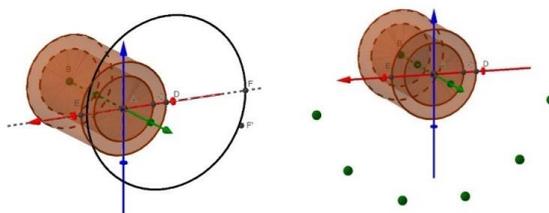
Además de esto el estudiante procedió a buscar cual de las sintaxis del comando *secuencia* era más conveniente para la construcción, la cual fue la siguiente:

Secuencia[< *Expresión* >, < *Variable* >, < *Valor inicial* >, < *Valor final* >, < *Incremento* >]

En su caso para generar los vértices restantes (ver Figura 5) preciso de ciertos parámetros quedando finalmente la sintaxis de la siguiente manera:

Secuencia [Rota[F' , i , ejeY], i , 30°, 170°, 30°]

Figura 5 – Primer uso del comando Secuencia en el PS1 - A



Fuente: registro de pesquisa

Este tipo de uso del comando *secuencia* para evitar el uso reiterado de alguna herramienta de construcción, es el uso que frecuentemente se encuentra en las demás sistematizaciones analizada, sin embargo, en el segundo uso por parte del estudiante es parecido a lo anterior, pero con la variación que el motivo es evitar el uso reiterado del comando *polígono* y *elemento lista* para generar cinco (05) caras del decaedro, como se puede observar en el fragmento tomado del estudiante (ver Figura 6).

Figura 6 – Fragmento #2 del discurso del estudiante del PS1 – A

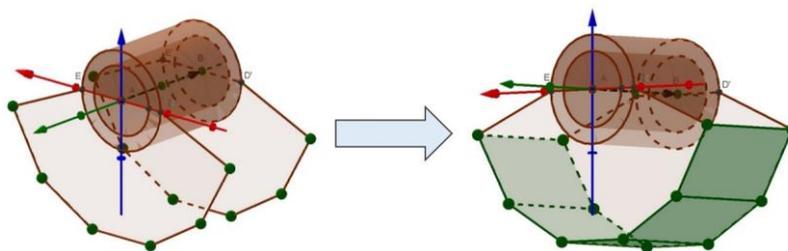
Las caras inferiores del decaedro serían polígonos contruidos a partir de las listas de puntos (*lista1* y *lista1'*). Para lograr esto se utilizó el comando *polígono* de manera muy similar a las veces anteriores. Sin embargo, éste solo produce un polígono, así que se tomó la decisión de introducir dicho comando como *<Expresión>* de una *secuencia* de manera tal que generara así las 5 caras inferiores (ver Figura 10). La

Fuente: registro de pesquisa

Para construir entonces cinco (05) del decaedro (ver Figura 7) que la sintaxis del comando secuencia quedara expresada así:

Secuencia[*Polígono*[*Elemento*[*lista1*, 1 + *n*], *Elemento*[*lista1*, 2 + *n*], *Elemento*[*lista1'*, 2 + *n*], *Elemento*[*lista1'*, 1 + *n*]], *n*, 0, 5, 1]

Figura 7 – Segundo uso del comando Secuencia en el PS1 - A

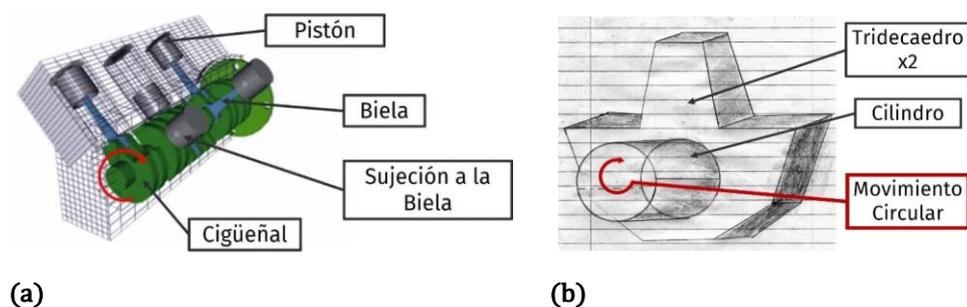


Fuente: registro de pesquisa

Proyecto de Simulación 2 (A)

Para este proyecto de simulación el estudiante seleccionó un motor V6 (Ver Figura 8a), la tarea de construcción abordada acá surgió del reconocimiento de las formas y movimientos en el boceto del Cigüeñal del motor (ver Figura 8b). Dicho boceto se elaboró para emprender la resolución de la primera tarea de simulación del estudiante, la cual quedó declarada en los siguientes términos: *Representar una porción del cigüeñal en la vista 3D del GeoGebra. Construir un Tridecaedro a partir del punto interior de una de sus caras* fue segunda tarea en abordada por el estudiante, por lo tanto, este ya tenía objetos geométricos previamente contruidos. El estudiante había reconocido que para construir el Tridecaedro debía construir sus caras y para ello dividió al construir en dos partes. Primero construir dos (02) caras que son polígonos de once (11) lados (endecágonos) y las caras restantes son un conjunto de once (11) cuadriláteros consecutivos entre los endecágonos.

Figura 8 – Fenómeno de simulación y Boceto del cigüeñal



Fuente: registro de pesquisa

De manera muy similar a la experiencia del proyecto PS1, este estudiante determino que cuando había determinado el cuarto de los vértices del endecágono, identifico que para obtener los otros siete (07) restantes debía realizar sucesivas rotaciones del cuarto vértice determinado. Entonces el mismo reconoció que proceder con la herramienta de rotación axial reiterada veces era una opción tan eficaz, y asume el uso del comando secuencia como una mejor proceder como se puede evidenciar en el fragmento de su escrito en la Figura 9.

Figura 9 – Fragmento #1 del discurso del estudiante del PS2 – A

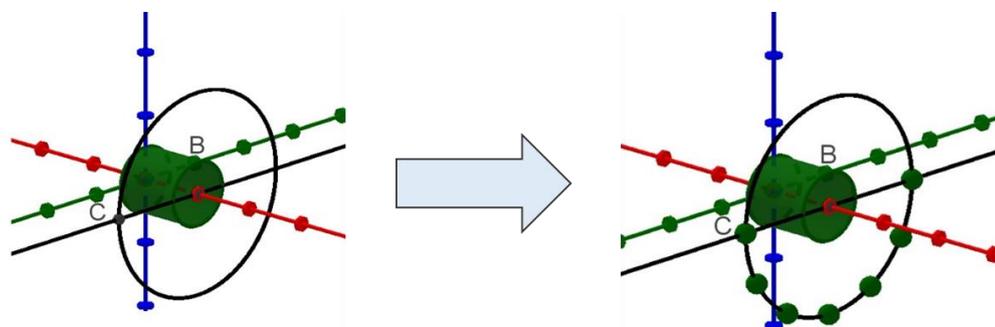
es decir, para localizar estos vértices había que realizar una rotación de C reiteradamente, aumentando el ángulo cada 30° hasta llegar a 180° . Para evitar el proceso repetitivo de usar la herramienta *Rotación axial* y economizar el tiempo de construcción, se decidió utilizar el comando *Secuencia*. En el GeoGebra dicho comando

Fuente: registro de pesquisa

La sintaxis para generar los vértices requeridos (ver Figura 10) quedo expresada de la siguiente manera:

$$\text{Secuencia}[\text{Rota}[C, i, \text{ejeY}], i, 30^\circ, 180^\circ, 30^\circ]$$

Figura 10 – Primer uso del comando secuencia en el PS2 - A



Fuente: registro de pesquisa

En el segundo uso por parte del estudiante es parecido al del PS1, sin embargo, este estudiante logro consolidar una sintaxis del comando secuencia compleja de como que le permitió generar los once (11) polígonos consecutivos entre los dos endecágonos. Muy parecido con los motivos del estudiante del PS1, este trato de evitar el uso reiteradamente del comando *polígono* y *elemento lista* del GeoGebra para a construir uno a uno cada polígono, evidencias de esto se muestra en el fragmento tomado de su escrita (ver Figura 11).

Figura 11 – Fragmento #2 del discurso del estudiante del PS2 – A

el primero cuadrilátero:

$$\text{Polígono}[\text{Elemento}[\text{lista3}, 1], [\text{Elemento}[\text{lista3}', 1],$$

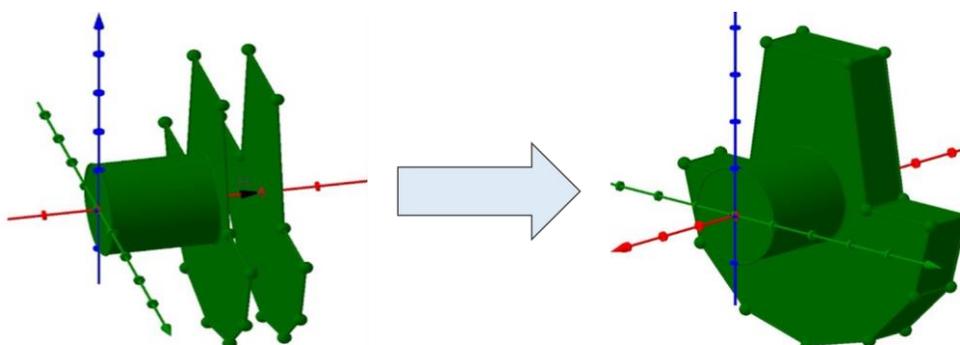
$$\text{Elemento}[\text{lista3}', 2], [\text{Elemento}[\text{lista3}, 2]]$$
 Sin embargo, para evitar este proceso repetitivo se utilizó el comando **Secuencia** de nuevo y tomando en consideración los comandos y sintaxis anteriores se generó la

Fuente: registro de pesquisa

Entonces la sintaxis del comando secuencia que el permitió construir los once (11) cuadriláteros consecutivos (ver Figura 11) fue al siguiente:

$$\text{Secuencia}[\text{Polígono}[\text{Elemento}(\text{lista3}, p), \text{Elemento}(\text{lista3}', p), \text{Elemento}(\text{lista3}', p + 1), \text{Elemento}(\text{lista3}, p + 1)], p, 1, 11, 1]$$

Figura 12 – Segundo uso del comando secuencia en el PS2 – A

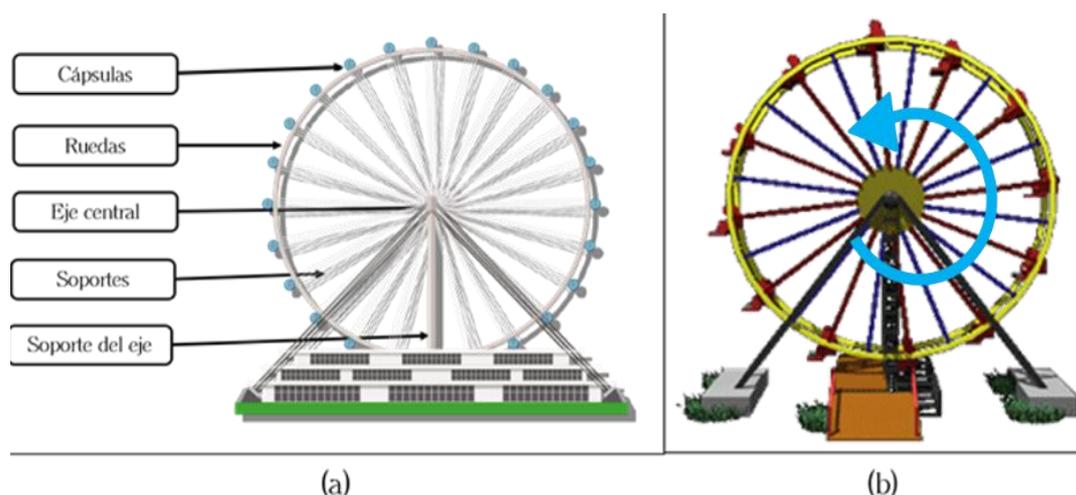


Fuente: registro de pesquisa

Proyecto de Simulación 3 (B)

Para este proyecto de simulación los estudiantes seleccionaron la Singapore Flyer (Ver Figura 13a), la tarea de construcción abordada acá surgió del reconocimiento de las formas y movimientos del fenómeno (Figura 13b).

Figura 13 – Elementos y movimiento del Singapore Flyer



Fuente: registro de pesquisa

Identificamos que la tarea donde se usó el comando secuencia quedó declarada en los siguientes términos: *representar 12 segmentos a partir de una recta exterior* fue la tercera tarea en abordada por los estudiantes, por lo tanto, este ya tenía objetos geométricos previamente construidos. Los estudiantes reconocieron que para construir las bases de las cabinas debía construir 12 segmentos a referida base. De manera muy similar a la experiencia del proyecto PS2, los estudiantes identificaron que proceder con la herramienta de rotación axial reiterada veces era una opción tanto eficaz, sin embargo, sería un camino de procesos reiterados, referido camino podría ser más corto con el uso del comando secuencia como un mejor proceder como se puede evidenciar en el fragmento de su escrito en la Figura 14.

Figura 14 – Fragmento #1 del discurso del estudiante del PS3 – B

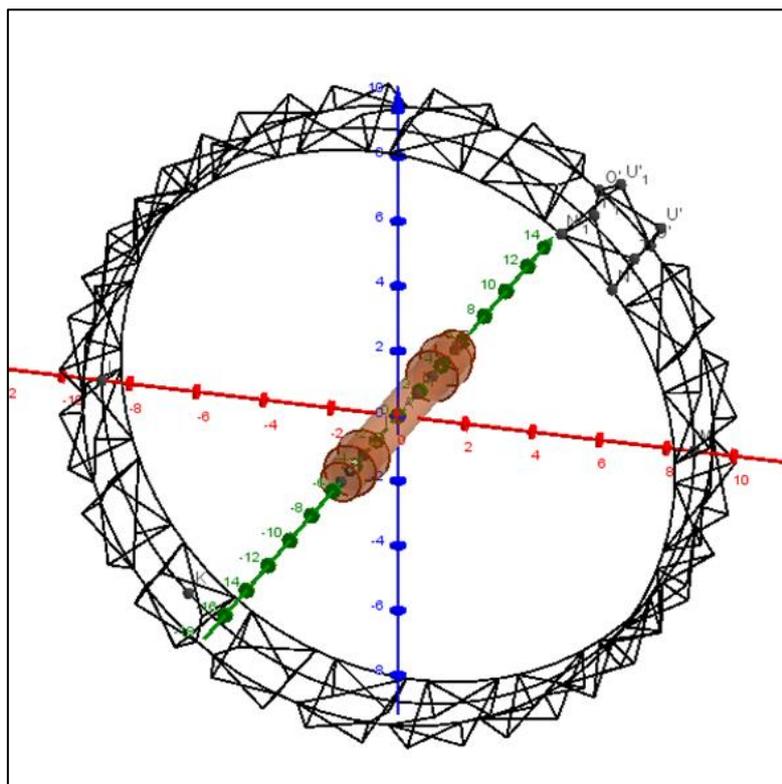
Para representar los 12 segmentos de las bases de las cabinas restantes decidimos utilizar el comando **Secuencia**, el cual nos permitiría obtener los segmentos restantes de manera simultánea. En el GeoGebra existen tres comandos de secuencia, en nuestro caso decidimos utilizar aquel que pedía la expresión, la variable y los valores de las variables:

Fuente: registro de pesquisa

La sintaxis para generar los grupos de 12 segmentos requeridos (ver Figura 15) quedo expresada de la siguiente manera:

Secuencia[Rota[Lista1, v, EjeY], v, 18°, 342°]

Figura 15 – Primer uso del comando secuencia en el PS2 - A



Fuente: registro de pesquisa

CONSIDERACIONES FINALES

Las experiencias de elaboración de simuladores con GeoGebra que se describen en este trabajo ponen de manifiesto, las ventajas que supone el uso del comandos secuencia para la construcción eficaz de los objetos identificados en los bocetos de los estudiantes, entre estas bondades tenemos:(i) una disminución en el número de objetos construidos en las Vistas Gráficas y, por tanto, en el número de pasos ejecutados, y (ii) la modificación y/o vinculación entre objetos geométricos que evita la repetición de técnicas de construcción para nuevos objetos o, en el caso más extremo, tener que reconstruir todo el dibujo dinámico.

El análisis de las experiencias presentadas en este trabajo, dan cuenta que para acrecentar el número de objetos construidos por el comando secuencia también depende de sintaxis más complejas que integren otros comandos del GeoGebra, por tanto, promover el uso de los comandos en experiencias de elaboración de simuladores con GeoGebra resulta de suma importancia debido a que permite articular y/o vincular los modelos matemáticos construidos en la interfaz del software, garantizando con ello la obtención de un modelo computacional más

próximo a la realidad que éste simula. Para lograr lo anterior, sería propicio propuestas de formación para futuros promotores en cuestión del uso tanto del comando secuencia como de otros comandos del software.

REFERENCIAS

ALQAHTANI, M. M.; POWELL, A. B. Instrumental Appropriation of a Collaborative, Dynamic-Geometry Environment and Geometrical Understanding. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 72-83, 2016.

BORBA, M. C.; SCUCUGLIA, R.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática**. 2ª ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2018.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M.E. **Humans-With-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking**: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization. New York: Springer, 2005. v 39.

CASTILLO, L. A.; PRIETO, J. L. El uso de comandos y guiones en la elaboración de simuladores con GeoGebra. **UNIÓN**, n. 52, p. 250-262, 2018.

CLARK, D.; NELSON, B.; SENGUPTA, P.; D' ANGELO, C. **Rethinking science learning through digital games and simulations**: Genres, examples, and evidence. Learning science: Computer games, simulations, and education workshop sponsored by the National Academy of Sciences. Washington, DC: 2009.

HOYLES, C. Transforming the mathematical practices of learners and teachers through digital technology. **Research in Mathematics Education**, v. 20, n. 3, p. 209-228, 2018.

LABORDE, C. Cabri-geómetra o una nueva relación con la geometría. In: PUIG, L. (Org.). **Investigar y enseñar. Variedades de la educación matemática**. Madrid: Una empresa docente, 1997. p. 33-48.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (NTCM). **Principles and Standards for School Mathematics**. Reston, VA, 2000.

OLIVERO, F.; RO BUTTI, O. Measuring in dynamic geometry environments as a tool for conjecturing and proving. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, v. 12, n. 2, p. 135-156, 2007.

ROJANO, T. El futuro de las tecnologías digitales en la educación matemática: prospectiva a 30 años de investigación intensiva en el campo. **Educación Matemática**, v. 26, n. Especial, p. 11-30, 2014.

RUBIO, L.; PRIETO, J. L.; ORTIZ, J. La matemática en la simulación con GeoGebra. Una experiencia con el movimiento en caída libre. **International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)**, v. 2, p. 90-111, 2016.

SANTOS-TRIGO, M.; REYES-RODRÍGUEZ, A. The use of digital technology in finding multiple paths to solve and extend an equilateral triangle task. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 47, n. 1, p. 58-81, 2016.

TROCKI, A.; HOLLEBRANDS, K. The Development of a Framework for Assessing Dynamic Geometry Task Quality. **Digital Experiences in Mathematics Education**, p. 1-29, 2018.

Histórico

Submetido: 01 de junho de 2019.

Aprovado: 30 de junho de 2019.

Publicado: 01 de julho de 2019.

Como citar o artigo - ABNT

SÁNCHEZ, Ivonne C.; CASTILLO, Luis Andrés. Potencialidades de los Comandos en Experiencias de Elaboración de Simuladores con GeoGebra. **CoInspiración - Revista dos Professores que Ensinam Matemática** (MT), v. 2, n. 2, e2019001, 2019. <https://doi.org/10.61074/CoInspiracao.2596-0172.e2019001>

Licença de Uso

Licenciado sob Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Porém, não permite adaptar, remixar, transformar ou construir sobre o material, tampouco pode usar o manuscrito para fins comerciais. Sempre que usar informações do manuscrito dever ser atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.

