



Investigaciones con Spiro

GUÍA PARA EDUCADORES INFORMALES

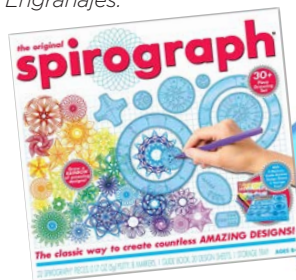
En las Investigaciones con Spiro, los participantes aprenden arte y matemáticas a través de diseños físicos de spiro y con una aplicación digital. Las actividades son un punto de entrada de baja barrera para que los jóvenes exploren ideas en arte, matemáticas y fabricación digital. Los alumnos se mueven entre los mundos físico y digital del diseño a medida que juegan y crean diseños de "spiro" con engranajes físicos y lápices y con la aplicación gratuita Spirogator.



La guía pide a los participantes que desarrollen e investiguen preguntas de manera colaborativa. Al permitir que los alumnos determinen sus propios objetivos creativos, esta investigación puede ayudar los participantes a aprender no solo contenido académico de matemáticas, sino que también a desarrollar nuevas ideas de cómo se ven las matemáticas y para qué se usan. En esta investigación, los fenómenos matemáticos se encuentran entre los materiales que los alumnos utilizan para explorar las posibilidades estéticas de sus diseños.

MATERIALES & HERRAMIENTAS

Engranajes:



Kit de engranajes Spiro comprado en tienda



o, engranajes personalizados cortados con láser



Papel reciclados y/o cartulina lisa



Portapapeles y/o masilla de montaje para mantener los engranajes exteriores fijos



Plumas *eligen plumas con pequeñas puntas que encajarán en los orificios del engranaje. Las plumas de gel son una gran opción y vienen en divertidos colores y elementos metálicos que se mostrarán en papeles más oscuros.



Computadoras para la aplicación Spirogator hay una aplicación de escritorio y una aplicación de navegador disponibles en <https://hightechlowcost.org/resources/tools>





¿Como es HiLo?

Utilizamos el término High Tech Low Cost para proyectos que utilizan herramientas digitales de bajo costo mientras participan en el pensamiento y la creación de alta complejidad. Creemos que el costo no debería ser una barrera para incluir de manera significativa la tecnología en nuestros proyectos creativos.



Las Investigaciones con Spiro es una actividad accesible donde los jóvenes pueden explorar fenómenos artísticos y matemáticos con papel, plumas y un juego de engranajes Spiro y/o con una computadora o teléfono y acceso a Internet. En la aplicación digital Spirogator, los estudiantes pueden investigar las mismas preguntas y diseños utilizando un conjunto ampliado de parámetros que se pueden ajustar con mayor precisión. La aplicación también se puede utilizar con herramientas de fabricación como un cortador artesanal (craft cutter), una impresora, una máquina de pegatinas o un cortador láser. Nuestros estudiantes han convertido sus diseños en pegatinas, plantillas, tarjetas de regalo y tapices. La aplicación Spirogator es gratuita y está disponible en Tools for Spiro.

PRIMEROS PASOS

Los miembros de nuestro equipo han utilizado varios enfoques diferentes para presentar Spiro:

Paula Hooper dirige Spiro tanto con niños en entornos extraescolares como en entornos de aprendizaje profesional para educadores antes y durante el servicio. Como educadora de docentes, utiliza la Investigación Spiro para ayudar a los maestros a desarrollar una sólida comprensión del poder del aprendizaje basado en la investigación con la fabricación de diseño digital. Con jóvenes, ella comienza talleres con todos en un círculo. Ella pasa los engranajes físicos alrededor para que los estudiantes puedan tenerlos en sus manos. Les pregunta si ¿les recuerda de algo? Los estudiantes han relacionado los engranajes con cosas como los engranajes de bicicleta o los mecanismos de lanzamiento para las peonzas. Conectar a los estudiantes con lo que ya saben puede ser especialmente importante para los niños que experimentan estereotipos de género o racializados sobre quién es bueno en matemáticas.

Walter Kitundu, artista multimedia y educador, presenta la investigación a los jóvenes de edad primaria hablando a través del proceso de aprender a usar los engranajes físicos. Comienza con una demostración porque ha visto que los niños pequeños a veces se sienten frustración mientras aprenden a evitar que los engranajes se resbalen. En la imagen arriba, Walter demostró cómo usar engranajes mientras decía: *"Los engranajes internos son pequeños y todos tienen dientes pequeños en el exterior y esos dientes se fijarán a los dientes en el engranaje exterior. Ahora intentaré que esto corra a lo largo del borde para que los dientes se mantengan juntos. Pero voy a tratar de hacer eso con mi pluma. No estoy tratando de dibujar una forma, sólo estoy tratando de mantener los engranajes rodando suavemente juntos. Y debido a la forma en que están los engranajes, termina siendo una imagen realmente agradable".*

Fan Kong facilita programas de aprendizaje permanente en el barrio chino de Nueva York, para jóvenes y personas mayores. Le gusta comenzar recordando a los estudiantes que disminuyan la velocidad y dejen que la pluma siga el movimiento del engranaje, como si estuviéramos *"escuchando a los objetos hablar"*, dice. *"Cuando dejamos que los objetos mismos hagan el trabajo, su patrón y ritmo regulares se sienten como una forma de meditación"*. Esto es especialmente útil para los niños pequeños y los ancianos, que están aprendiendo (o reaprendiendo, como con los ancianos con artritis) la destreza de sus manos, mientras coordinan sus manos y ojos. Cuando los alumnos encuentran su ritmo con este proceso, ven que los diseños emergen, revelándose a sí mismos a medida que los participantes mueven sus manos con los engranajes.

DOS MODOS PARA JUGAR: FÍSICA Y DIGITAL



Especialmente cuando trabajamos con estudiantes jóvenes, nos gusta comenzar con pluma y papel primero y luego pasar a la aplicación para que los estudiantes comiencen con un sentido de familiaridad y experiencia. Independientemente de si los estudiantes juegan primero con engranajes físicos o con la aplicación digital, sus preguntas e intereses probablemente se extenderán a la otra dimensión del juego de Spiro.

EXPLORACIÓN FÍSICA DE SPIRO

Trabajar con engranajes físicos de Spiro implica un compromiso con la destreza y la coordinación con nuestras manos, la mesa y los diferentes partes móviles.

Configuración: Primero, encuentre una manera de fijar el engranaje externo en el papel para que solo el engranaje interno se mueva libremente. Los portapapeles son la solución más fácil que hemos probado, pero limitan dónde se puede colocar el engranaje en el papel. También puede utilizar una pequeña cantidad de masilla de montaje para que el engranaje se pueda colocar en cualquier parte del papel.

Al principio, suele ser un poco difícil encontrar el ritmo y la facilidad de la cantidad de presión externa necesaria para que los engranajes permanezcan enclavados. Para aliviar la frustración que los estudiantes pueden sentir cuando su pluma se desliza, trate esto como un trabajo intelectual importante. Anímelos a pensar en los primeros dibujos como borradores o experimentos.

Preguntas del facilitador para profundizar en la indagación y ampliar la exploración:

Las exploraciones iniciales con engranajes físicos es un momento para que los estudiantes noten cómo las combinaciones de engranajes con diferentes números de dientes y diferentes agujeros de pluma cambian los diseños. Hemos visto que los estudiantes se interesan igualmente en el aspecto de los diseños y/o en averiguar qué significan los números para cuales tipos de diseños se hacen. Estas son algunas de las preguntas que hemos utilizado para profundizar la investigación y apoyar todos los rangos de intereses que los estudiantes tienen mientras usan engranajes Spiro por primera vez:

- *¿Qué notas y qué te preguntas sobre los diseños que estás haciendo?*
- *Cuéntame cómo hiciste esta y qué te gusta de ella*
- *Miremos a los dibujos de otras persona. ¿En qué se diferencian de los tuyos? ¿Cómo puedes hacer uno similar?*
- *Que notas sobre los números de los engranajes y las formas de los diseños?*
- *Si tu amiga quisiera hacer un diseño como el tuyo, qué la dirías para que pudiera hacerlo?*

EXPLORACIÓN DIGITAL DE SPIRO



Configuración: nos parece que una breve introducción a la aplicación y cómo usarla para hacer diseños de Spiro es útil para garantizar que todos los alumnos comiencen con un sentido de familiaridad. Por lo general, no explicamos todos los aspectos de la aplicación. Esto permite a los estudiantes encontrar el uso y la importancia de esas características por su cuenta, o junto con sus compañeros y facilitadores. Los estudiantes a menudo usan esas características de maneras que no les habríamos anticipado o instruido.

La aplicación Spirogator está disponible en una versión web o de escritorio, ambas enlazadas aquí: <https://hightechlowcost.org/resources/tools-for-spiro/>

Características de la aplicación Spirogator basada en la web:

The screenshot shows the Spirogator web application interface. On the left, a drawing area displays a Spirograph design with a cyan pen path and a grey gear. On the right, a control panel includes a play button, a trash icon, and a download button. Below these are sliders for 'Outer Gear Teeth' (120), 'Inner Gear Teeth' (70), 'Pen Distance (percent of radius)' (50), 'Pen Width' (1), and 'Speed' (3). A color palette and a 'Number of petals' field (12) are also visible. Red arrows point from Spanish text annotations to various UI elements.

Annotations in Spanish:

- Comenzar dibujo
- Borrar para empezar de nuevo
- Guardar el dibujo
- Guardar los engranajes para cortar en láser
- Se puede configurar los dientes de los engranajes o con entrar los números directamente o deslizando el punto blanco.
- La ubicación de la pluma en porcentaje del radio del engranaje interior
- Ancho de la línea
- Cree su propia color de pluma
- Velocidad del dibujo
- Avance del número de pétalos que tendrá tu dibujo y el número de vueltas que tomará dentro del engranaje antes terminar.
- Elige con que color dibujar
- Engranaje Interior
- Engranaje Exterior
- Ubicación de la pluma

MOVERSE ENTRE LAS EXPLORACIONES FÍSICAS Y DIGITALES

Idealmente, Spiro es una exploración de los modos físicos y digitales de crear diseños interesantes. Las experiencias en los dos modos- digital y física- hacen posible que los alumnos vean relaciones entre el dibujo de los diseños que no pueden provenir de solo trabajar en un modo. Por ejemplo, usando engranajes físicos, los estudiantes pueden notar el número de bucles que se dibujan a través de la rotación física del engranaje interno y sentir los giros que hacen que los bucles surjan. Al usar la aplicación digital para hacer diseños Spiro, ellos pueden investigar cuántos bucles se harán con ciertos números de dientes de engranajes. Puede que noten que los bucles que se crean en los diseños del app pueden ser mucho más detallados que los de los diseños físicos aunque los diseños se hacen de la misma manera. Esta creación de sentidos encarnada invita a los participantes a trabajar a través de los medios y encontrar múltiples caminos en la exploración del fenómeno.

GENERAR PREGUNTAS AL PRINCIPIO DE LA INVESTIGACIÓN

Un idea para aprender con Spiro es que los participantes generen sus propias preguntas, para que sirven como guías para ayudarlos a profundizar su comprensión o investigación. Algunos educadores eligen hacer la generación de preguntas más explícita pidiendo a los estudiantes que escriban sus preguntas para compartirlas fácilmente con el grupo. Luego, estas preguntas estarán disponibles para que todos los alumnos se centren en una segunda ola de investigación de Spiro (consulta "Prueba esto" a continuación). Otros pueden optar por apoyar informalmente la generación de preguntas en conversaciones individuales mientras trabaja con niños (consulte "Preguntas del facilitador para iniciar la investigación y la exploración", arriba).

Cuando los educadores apoyan a los niños a responder colectivamente a preguntas sobre Spiro, tienen la oportunidad de identificar las matemáticas dentro de las creaciones de los estudiantes. En otras palabras, el proceso de crear un diseño/objeto significativo involucra a los alumnos en las posibilidades entre el arte y las matemáticas, y entre el aprendizaje escolar y las preguntas cotidianas.

Que pasa si aumento los dientes del engranaje interior y exterior por el mismo nro.?

Por qué algunos de los diseños son más curvos y otros apuntados?

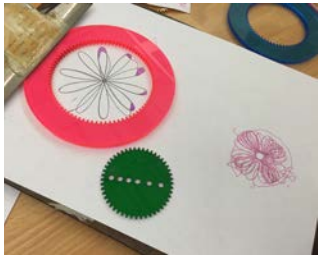
¿QUE AFECTA LAS VUELTAS UN ENGRANAJE DEBE DE HACER PARA COMPLETAR UN DIBUJO?

Prueba esto:

Después de que los estudiantes tengan algo de tiempo para jugar con los engranajes o la aplicación, pídeles que expresen o escriban sus preguntas sobre lo que están notando. Después de generar preguntas, pida a los estudiantes que escriban su pregunta favorita en una tira de oración o un pedazo de papel y que la coloquen en la pared. Invite a los estudiantes a elegir una pregunta que no sea suya e investigue esa pregunta durante una segunda ronda de exploración.

BUENOS PROBLEMAS

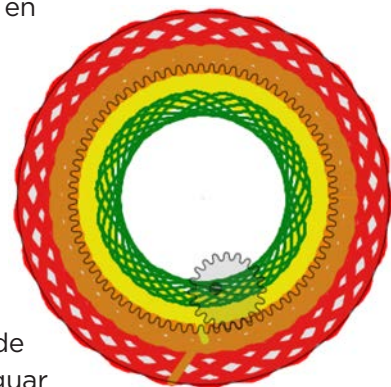
Los engranajes se deslizan y estropean el dibujo



Es fácil que los dientes del engranaje se deslicen y causen que la pluma haga marcas errantes. Esto puede ser motivo de frustración. Los facilitadores pueden tomar esto como una oportunidad para llamar la atención sobre los dientes de los engranajes y la presión y coordinación que necesitan de sus manos para moverse suavemente juntos. Un enfoque en la coordinación permite a los participantes ser más conscientes de cómo posicionan sus cuerpos mientras trabajan. Esto les permite reducir la velocidad y prestar atención a su respiración mientras mantienen sus manos firmes. Una vez que los jóvenes adquieren fluidez con la forma en que los engranajes se mueven físicamente juntos, podrían usar esas habilidades de maneras novedosas.

¿Qué pasa si los niños están interesados en los diseños pero no en los números?

Incluso cuando una persona es impulsada principalmente por un interés estético en Spiro, los métodos y procesos con los que está trabajando están hechos de "material" matemático. Del mismo modo, otros que están más motivados por preguntas matemáticas específicas encontrarán que sus investigaciones dan como resultado patrones artísticos. Como facilitadores, tenemos esto en cuenta al observar lo que les interesa a los estudiantes, sabiendo que las preguntas auténticas que impulsan el aprendizaje no siempre son aquellas que suenan explícitamente a matemáticas. En cambio, cuando participan en la creación de arte, los participantes a menudo se encuentran haciendo preguntas implícitas de las herramientas y materiales. Por ejemplo, se observó a un estudiante tratando de hacer un diseño de espiro arco iris. Para lograr esto, el estudiante tuvo que averiguar cómo cambiar los parámetros para que el diseño se hiciera más y más pequeño sin superponer colores. Para cada color a seguir sin interrupción, alinearon los dientes de los engranajes hasta donde terminó el último antes de comenzar el próximo. En este ejemplo, como tantos otros, un objetivo estético inspiró la experiencia técnica.



¿Está bien usar la aplicación de esta manera?

A veces, los alumnos se interesan por superar los límites de la aplicación. "Glitching" la aplicación puede ser una maravillosa exploración de las posibilidades del reino digital. Algunas de las exploraciones que hemos visto los estudiantes hacer implican hacer que el número de dientes en el engranaje interior sea mayor que el número de dientes en el engranaje exterior. A veces, los alumnos intentan mover los controles deslizantes mientras la aplicación está dibujando. Esto puede abrir conversaciones de "qué pasaría si" sobre lo que es posible cuando no estamos limitados por las leyes de la física, como "¿Qué pasaría si pudiéramos dibujar a través del plástico?"



Menos interés en el modo digital

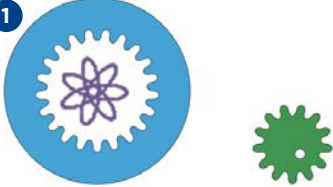
Puede parecer que los niños se centran exclusivamente en lo físico o en lo digital y dudan en moverse entre ellos. Esto presenta una oportunidad para observar y hablar con el estudiante para comprender qué opciones únicas les ofrece su modo preferido. Por ejemplo, algunos niños prefieren crear diseños en papel porque pueden usar plumas de colores metálicos en papel de colores, una estética que no es posible con la aplicación digital. Aunque pasar de lo físico a lo digital es una posible vía para esta actividad, las exploraciones pueden tomar muchos caminos. No todas las tecnologías son digitales: los potenciales de aprendizaje y exploración no son superiores en el espacio digital, solo diferentes.

¿DÓNDE ESTÁN LAS MATEMÁTICAS?

En nuestra propia enseñanza, no comenzamos con la presentación de la teoría matemática cuando presentamos la actividad Spiro a los estudiantes. Descubrimos que permitir que los estudiantes exploren sus ideas dentro del patio de recreo de las matemáticas complejas puede ser una experiencia más creativa y generativa. Sin embargo, es útil tener estas explicaciones disponibles siempre y cuando los estudiantes o educadores sientan curiosidad. En esta sección ofrecemos tres explicaciones que nos ayudan a entender las matemáticas debajo de la superficie de los diseños de spiro.

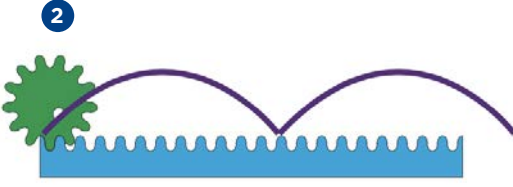
Relaciones entre los números de engranajes

El número de pétalos que tiene un dibujo de Spiro tiene que ver con la relación entre los números de los dientes en los engranajes internos y externos. Cuando la pluma deja de hacer nuevos bucles y comienza a volver a rastrear lo que ya se ha dibujado, el engranaje interno y el engranaje externo han llegado al mismo lugar donde comenzaron. Algunas relaciones de engranajes requieren más vueltas que otras antes de alcanzar el punto en el que comenzaron. Estas figuras representan los engranajes internos y externos como si estuvieran aplanados en piezas rectas:



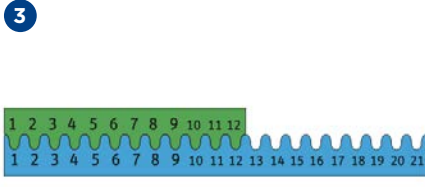
1

El patrón de color violeta de arriba está hecho con un engranaje externo de 21 dientes y un engranaje interno de 12 dientes.



2


Imagine aplanar el engranaje exterior y enrollar el engranaje interior por encima.



3


Si también aplanamos el engranaje interior, podemos ver que no podemos volver al mismo punto de partida con solo una o dos rotaciones del engranaje interior.

4



En cambio, el engranaje interno (verde) debe hacer 7 rotaciones antes de que pueda terminar en el mismo diente de engranaje externo (azul) que comenzó.

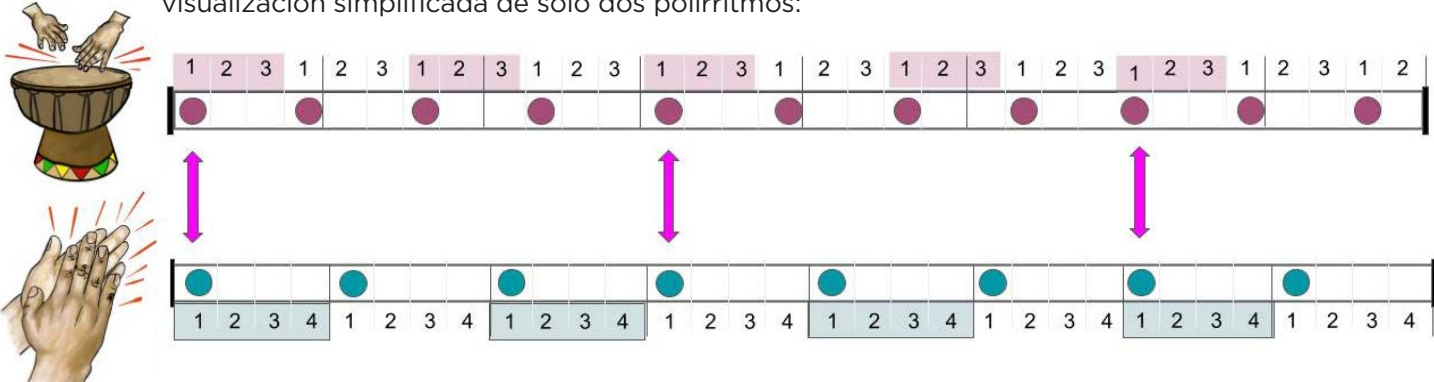
5



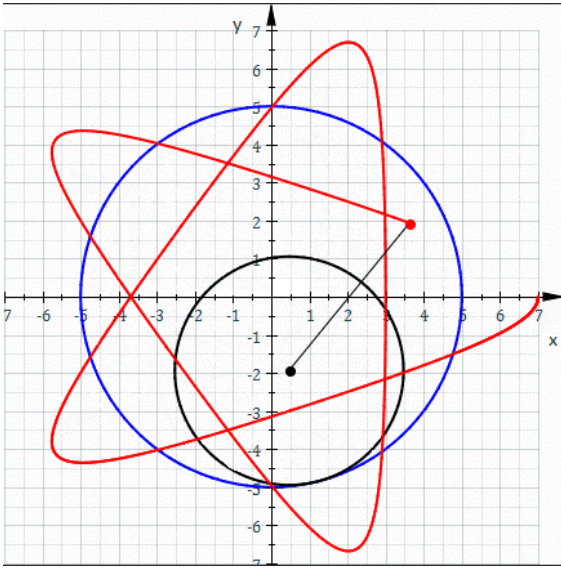
Es por eso que el dibujo da como resultado un patrón con 7 pétalos.

Periodicidad en Música

Patrones similares se pueden encontrar en los ritmos de la música. Por ejemplo, los polirritmos de la música africana subsahariana entrelazan diferentes ritmos a la vez. Un baterista podría estar tocando cada tercer tiempo (puntos rojos), y otro músico aplaudiendo el primero de cada cuatro tiempos (puntos azules), lo que significa que solo tocarían en el mismo tiempo cada cuatro compases. A continuación se muestra una visualización simplificada de solo dos polirritmos:



Patrones Hipotrocoides:



Uno de los principios matemáticos subyacentes representados en los diseños de Spiro se llaman patrones hipotrochoides (mostrados arriba). Spiro permite a los jóvenes jugar con las matemáticas de las gráficas hipotrochoides sin necesidad de entender primero las ecuaciones más abstractas detrás de ellas. Al experimentar con los diferentes parámetros de engranajes y sus diseños resultantes, perfeccionar sus propias motivaciones estéticas y seguir sus intuiciones matemáticas, los estudiantes están desarrollando su propia comprensión de este concepto/fenómeno gráfico.

*La curva roja es un hipotrochoide dibujado como el círculo negro más pequeño (r) rueda dentro del círculo azul más grande (R). La distancia de la pluma desde el centro del círculo negro más pequeño se representa como d . (Los parámetros son $R = 5$, $r = 3$, $d = 5$). *Imagen prestada de wikipedia*

EN SUS PROPIAS PALABRAS

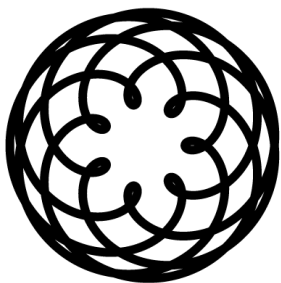
Mientras que las curvas hipotrocoides y la periodicidad no suelen estar en los planes de estudio de matemáticas K-12, el razonamiento multiplicativo y proporcional sí lo están. Ayudar a los educadores y estudiantes a ver cómo estos conceptos están presentes en la actividad artística cotidiana es útil para establecer conexiones entre el plan de estudios y el juego. La introducción de proyectos que involucran conceptos complejos puede revelar que los niños son capaces de pensar de manera más avanzada de lo que podríamos esperar. Las Investigaciones Spiro hace que los conceptos complejos sean accesibles para los niños sin guiarlos a través de las ideas más simples primero. Animamos a los facilitadores a buscar evidencia de sentido en el lenguaje cotidiano que los jóvenes usan mientras juegan con Spiro. Por ejemplo, considere cómo este intercambio entre dos niños demuestra sus pensamientos en las relaciones entre el tamaño, la distancia y la velocidad a medida que un engranaje muy pequeño se mueve alrededor de uno grande:

Maria, 8 años: "¿Por qué es tan grande y tan lento el tuyo?"

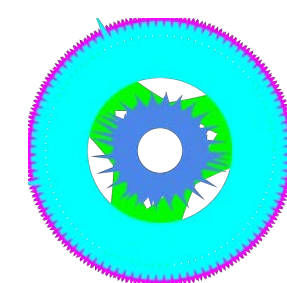
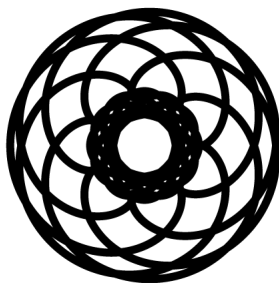
Arthur, 7 años: "Porque es grande. Es por eso que es lento."

EJEMPLOS DE UNA DIVERSIDAD DE PENSAMIENTO

Estos ejemplos demuestran que los jóvenes pueden utilizar la herramienta Spiro para crear una amplia variedad de diseños e ideas. Los facilitadores pueden fomentar esto tratando explícitamente a Spiro como un proceso de descubrimiento y creatividad en lugar de llegar a resultados y conclusiones predeterminados.



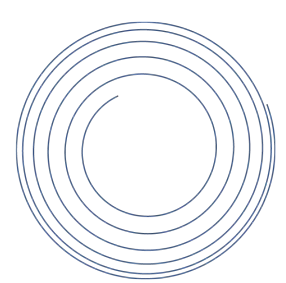
A menudo, los estudiantes superponen múltiples formas para elaborar su diseño.



Este efecto de pincelada se realizó cambiando el ancho de la pluma y el radio de la pluma mientras la aplicación Spirogator dibujaba.



Este facilitador adolescente pasó mucho tiempo tratando de hacer una espiral. No encontró la espiral, pero este hermoso diseño resultó de hacer su engranaje interior más grande que su engranaje exterior.



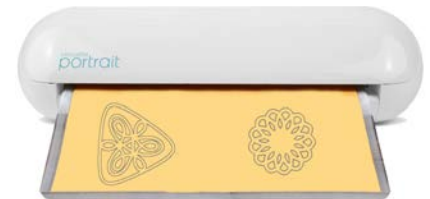
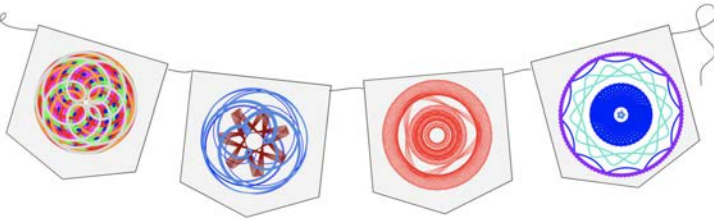
Más tarde, un estudiante que trabajaba con el facilitador descubrió que podían hacer una espiral usando tamaños de engranajes similares al ejemplo rojo a la izquierda y deteniéndolo antes de que completara la forma.

LLÉVALO MÁS ALLÁ - IMPRESIÓN Y FABRICACIÓN

Trasladar el trabajo de las pantallas individuales de las computadoras al mundo físico le da una nueva vida de la que se puede aprender, compartir y construir

Hacer impresiones de color:

Algunos de los diseños más intrincados y coloridos que los jóvenes hacen en la aplicación hacen hermosas impresiones. A menudo hemos traído impresoras de inyección de tinta pequeñas y portátiles a talleres extraescolares para que los niños puedan compartir sus creaciones con amigos, familiares y entre sí. Una vez construimos una serie de huellas y las colgamos en el centro después de la escuela como papel picado o banderas de papel. Aquí hay algunos diseños de ejemplo hechos por nuestros estudiantes que hacen buenas huellas:

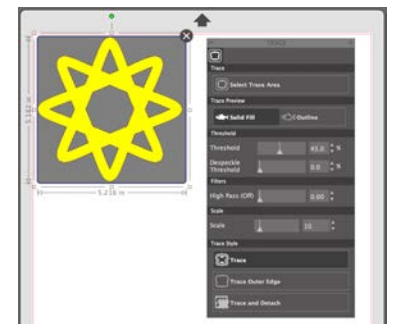


Cortar de calcomanías, parches de planchado, plantillas, etc.:

El uso del cortador artesanal/vinilo para cortar diseños de espiro es otra gran manera de llevar los diseños digitales a la forma física. **Los diseños más simples con líneas gruesas hacen grandes pegatinas o plantillas.** Diseñar con este propósito en mente puede ser una excelente oportunidad para que los estudiantes utilicen el conocimiento que han desarrollado para pensar en qué tipo de parámetros sería fácil de cortar para el cortador de manualidades. A continuación se presentan ejemplos de diseños que nuestros estudiantes han hecho en calcomanías:

CONSEJOS para cortar pegatinas o plantillas en el cortador artesanal:

- Usa colores oscuros como el negro o el azul, que se rastrearán fácilmente en el software del cortador.
- Exporta tu diseño y guarda el archivo donde podrás encontrarlo
- Abra el archivo en el software de su cortador artesanal y use el rastreador para crear una línea de corte.

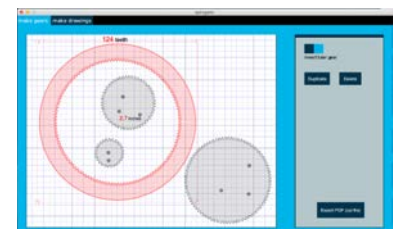


Diseño para un cortador láser:

Si tiene acceso a un cortador láser, los mismos principios para hacer pegatinas se aplican al cortar o grabar en otros materiales como la madera.

Corte de sus propios engranajes físicos:

La aplicación Spirogator te permite diseñar y cortar tus propios engranajes para usarlos en talleres o para que los estudiantes se los lleven a casa. Recomendamos 1/4" plexi para engranajes exteriores y 1/4" o 1/8" para engranajes interiores. La versión de escritorio de la aplicación genera un archivo pdf basado en vectores para cortar con el software de su cortador láser. La versión web de Spirogator genera un archivo svg también legible por el software de su cortador láser. Ambas versiones, así como los archivos de corte prefabricados, están disponibles en <https://hightechlowcost.org/resources/tools-for-spiro/>



RINCÓN DE LA TEORÍA



Te invitamos a pensar con esta sección sobre cómo está diseñado Spiro y por qué puede ser una buena herramienta para aprender y hacer. También puede utilizar las ideas y diseños detrás de Spiro para crear otras actividades de aprendizaje.

El construccionismo como teoría y principio de diseño: Investigaciones Spiro como una buena herramienta para el aprendizaje, el juego, la exploración & hacer

Una forma de entender por qué Spiro puede usarse para apoyar el aprendizaje en espacios informales es a través de una lente de teoría construccionista (Papert, 1993). Spiro encarna la teoría construccionista del aprendizaje, que argumenta que el aprendizaje a través de la creación de proyectos es una forma particularmente buena de formar nuevas ideas (Hooper & Freed, 2013). Las experiencias de Seymour Papert jugando y construyendo con engranajes de niño ayudaron a formar su comprensión del aprendizaje como una conexión entre la toma de sentido con herramientas físicas y la formación de conceptos matemáticos como las relaciones de engranajes (Papert, 1980). El construccionismo es tanto una teoría del aprendizaje como un principio para diseñar entornos de aprendizaje. Como teoría del aprendizaje, el construccionismo explica que a través del juego con la creación de formas de Spiro, los alumnos forman sus propias ideas matemáticas al dar sentido a los patrones dentro de sus diseños. Como principio de diseño, el construccionismo utiliza ideas computacionales como herramientas para aprender matemáticas a través de la creación y el juego. Por ejemplo, en la Investigación Spiro, el proceso de trabajar con herramientas físicas y digitales ayuda a los alumnos a crear sus propias ideas matemáticas a medida que hacen sus diseños (consulte la sección sobre curvas hipotrochoides en ¿Dónde están las matemáticas?). Desde una perspectiva construccionista, es importante que los maestros apoyen a los alumnos para que formen sus propias preguntas y usen las herramientas para investigar más a fondo los diseños que son interesantes para ellos.

Fluidez Digital y Física: El poder de las herramientas que relacionan lo físico y lo digital

Spiro tiene herramientas físicas y digitales complementarias que ofrecen diferentes formas de crear representaciones similares. Este "fluidez digital y física bidireccional" los alienta a usar su comprensión en una disciplina hacia el crecimiento en otra disciplina (Eisenberg y Eisenberg, 1999). Es importante para esta práctica cómo los educadores eligen herramientas y materiales para apoyar las investigaciones de los jóvenes sobre STEM y las prácticas informáticas (Blikstein, Kafai & Pea, 2019).

En entornos donde los jóvenes se han involucrado en Spiro, su juego fluido y construcción en espacios físicos y digitales permitieron que sus consultas de matemáticas y arte se entrelazaran (Vossoughi, Hooper y Escudé, 2016; Qi y Buechley, 2014; Eisenberg, 2003). La comunicación, la reflexión y la iteración entre el grupo permite a los jóvenes descubrir nuevas ideas tanto individual como colectivamente (Hooper & Freed, 2013).

Apoyo para crear entornos que fomenten la equidad y múltiples formas de conocer

La exploración, la colaboración y la comunicación que pueden ocurrir cuando los alumnos participan en Spiro son formas particularmente buenas de apoyar la equidad y la inclusión dentro de los espacios de los creadores. Las actividades de Spiro en espacios de creadores pueden convertirse en un ejemplo de cómo nutrir "formas culturales de saber entrelazadas con el construccionismo" (Hooper, 1998). Específicamente, hay tres dimensiones de equidad que los educadores pueden usar Spiro para apoyar:

1) Contrarrestar los discursos racializados sobre quién puede desarrollar ideas matemáticas complejas

Los estudiantes que crean diseños de Spiro a menudo están trabajando a través de problemas matemáticos complejos, independientemente de sus niveles de rendimiento o identidades matemáticas en la escuela. Las prácticas comprometidas fuera de la escuela pueden proporcionar oportunidades para que los educadores creen espacios donde los jóvenes desarrollen ideas y prácticas matemáticas que contrarresten los discursos racializados que a menudo circulan en las aulas de matemáticas (Nasir et al., 2008; Shah & Leonardo, 2017). Spiro es una práctica tan comprometida que se puede utilizar para dar forma a las experiencias matemáticas relacionadas con los esfuerzos personales, artísticos y creativos, al tiempo que subvierte los discursos racializados sobre la capacidad matemática.

2) Cambie el objetivo de encontrar respuestas a explorar conjuntamente fenómenos matemáticos

Las investigaciones Spiro involucra esta segunda dimensión de equidad al proporcionar la investigación matemática como una herramienta para la creación de diseños (Hooper & Freed, 2013). Este idea cambia el objetivo de aprender de encontrar respuestas a desarrollar preguntas personalmente significativas, y de encontrar respuestas a explorar conjuntamente fenómenos matemáticos.

3) Centrar las diversas formas que el pensamiento matemático puede tomar

Spiro apoya una tercera dimensión de la equidad al centrar las diversas formas que el pensamiento matemático puede tomar, especialmente a través de una variedad de prácticas culturales. Las actividades de Spiro tienen resonancia con otras prácticas informales de matemáticas que tienen lugar en entornos familiares y fuera de la escuela. Por ejemplo, Nasir et al. (2002) examinaron el juego dominó de los jóvenes afroamericanos donde desarrollaron una estrategia matemática compleja a través de la resolución conjunta de problemas y tradiciones de juego arraigadas en las historias culturales de la diáspora africana. Al igual que las fichas de dominó, Spiro ofrece oportunidades para la investigación matemática junto con la alegría colectiva y la expresión creativa que puede ser culturalmente resonante. La forma en que los jóvenes pueden participar en la práctica matemática fuera de la escuela puede cambiar el paradigma de lo que significa para los jóvenes ser matemáticos.

DE LOS AUTORES: DETRÁS DEL DISEÑO DE LA ACTIVIDAD

Paula y Natalie crearon las actividades de Spiro a través de años de trabajo conjunto en el Exploratorium y en muchos otros entornos. Su trabajo con jóvenes haciendo investigaciones con Spiro les permitió ver las posibilidades de enseñar y aprender con estos emocionantes conceptos y herramientas.

Dra. Paula K. Hooper,
Profesora Asistente de Instrucción, Northwestern University



Natalie Freed
Estudiante de Doctorado, Universidad de Texas Austin

Diseñamos la Investigación Spiro como una forma de ayudar a las escuelas y otros entornos de aprendizaje a convertirse en lugares donde las personas están entusiasmadas con averiguar y desarrollar sus intereses. Queríamos ayudar a los alumnos a desarrollar fluidez con las herramientas computacionales a través del trabajo con tecnologías que fomentan nuevas ideas y formas de trabajar juntos. Creemos que cuando las personas están en sintonía para escuchar las ideas de los demás, entonces pueden surgir momentos en los que el grupo piensa juntos. También tenemos un compromiso con la equidad que está integrado en la forma en que imaginamos que se utilizará la Investigación Spiro. La equidad no es un gancho. La equidad no es una cosa. Es una postura. Es la característica de una experiencia. La equidad se crea dentro de entornos de aprendizaje abiertos a la conexión cultural y a través de múltiples modos de acceso a las ideas. Al crear una cultura de aprendizaje en su aula que diga: "Vamos a desarrollar ideas muy sofisticadas juntos".

Recibimos preguntas como: "¿Qué matemáticas son estas? ¿Y cómo se lleva a los alumnos a las matemáticas?" También lo preguntamos en diferentes momentos. Resulta que cuanto más lo hemos explorado, hay un montón de matemáticas diferentes en Spiro. Y luego está el pensamiento algorítmico, y está el pensamiento paramétrico. Creo que si se apresura demasiado rápido para decir: "Esta era la conexión que se suponía que debía hacer" o "Esta es la versión formalizada de la matemática que está presente en esto", se perderá muchos de los descubrimientos que son posibles. Resulta que realmente no hay una sola respuesta.



ACERCA DE ESTE GUÍA



Este proyecto fue creado por el proyecto High Tech, Low Cost ("HiLo"). Usamos el término HiLo para proyectos que utilizan herramientas digitales de "alta tecnología y bajo costo" mientras se participan en el pensamiento y la creación de alta complejidad. Creemos que el costo no debería ser una barrera para incluir de manera significativa la tecnología en nuestros proyectos creativos.

Visite hightechlowcost.edu para obtener más guías de educadores como este y para videos de proyectos que se pueden realizar en casa.

¡Se necesitó un pueblo para hacer estas guías! La investigación Spiro fue desarrollada por Paula K. Hooper Ph. D. y Natalie Freed. La creación de la guía fue dirigida por Meg Escudé con los coautores Molly Shea Ph. D., Paula K. Hooper Ph. D., Natalie Freed y Fan Kong. Las ilustraciones son de Jake Montano y el diseño gráfico de Dave Stock. La versión web de esta guía fue creada por Xinxin Feng. Estamos agradecidos por la contribución de nuestro equipo más grande, a saber, Susan Jurow, Walter Kitundu y Darren Gertler

Este proyecto fue apoyado por The National Science Foundation con la subvención #1722504



National Science Foundation