

Proyectos STEM: una propuesta de formación docente permanente

Mg. Ernesto Cyrulies

Instituto del Desarrollo Humano, Universidad Nacional de General Sarmiento

ecyrule@campus.ungs.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0002-2080-5864>

RESUMEN

Se presenta el diseño, desarrollo y resultados de un taller de capacitación docente sobre STEM llevado a cabo en la Universidad Nacional de General Sarmiento en convenio con un Centro de Capacitación oficial de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. La oferta estuvo dirigida a docentes de Física y Fisicoquímica de nivel secundario. Se desarrolló un ejemplo de trabajo sobre un prototipo donde los docentes resolvieron las actividades. Se realiza un análisis de las producciones elaboradas para acreditarlo y de la implementación de un cuestionario. Se muestra que los resultados dan cuenta de una buena aceptación del enfoque STEM, aunque identifican algunas dificultades para implementarlo en las escuelas, sobre todo por la misma organización escolar imperante.

Palabras clave: STEM; STEAM; Aprendizaje basado en proyectos

STEM projects: a proposal for permanent teacher training

ABSTRACT

The design, development, and results of a teacher training course on STEM carried out at the National University of General Sarmiento in collaboration with an official Training Center of the province of Buenos Aires, Argentina, are presented. The course was aimed at secondary level Physics and Physical Chemistry teachers. A prototype was developed where teachers engaged in the activities. An analysis of the produced work and the implementation of a questionnaire were conducted. The results show a good acceptance of the STEM approach, although some difficulties in implementing it in schools were identified, particularly due to the prevailing school organization.

Keywords: STEM; STEAM; Project-based learning

Projetos STEM: uma proposta de formação permanente de professores

RESUMO

São apresentados o desenho, o desenvolvimento e os resultados de uma oficina de formação de professores em STEM realizada na Universidade Nacional General Sarmiento em convênio com um Centro de Formação oficial da província de Buenos Aires, Argentina. A oferta foi dirigida a professores de Física e Físico- Química do nível secundário. Foi desenvolvido um exemplo de

trabalho em um protótipo onde os professores resolveram as atividades. É realizada uma análise das produções produzidas para credenciamento e a realização de um questionário. Mostra-se que os resultados mostram boa aceitação da abordagem STEM, embora identifiquem algumas dificuldades na sua implementação nas escolas, especialmente devido à própria organização escolar prevalecente.

Palavras-chave: STEM; STEAM; Aprendizagem baseada em projetos

Introducción

En la provincia de Buenos Aires, Argentina, la Dirección de Formación Permanente ofrece cursos y talleres a docente de distintas áreas curriculares y niveles educativos en los Centros de Capacitación, Información e Investigación Educativa. Estas propuestas de formación permanente promueven la reflexión sobre aspectos didácticos por parte de los docentes, superando la formación inicial, particularmente en docentes noveles, abordando temas que hacen a la enseñanza de diferentes áreas disciplinares en dichos niveles. Uno de estos centros, ubicado en el distrito de Malvinas Argentinas, articuló con la Universidad Nacional de General Sarmiento donde se cursa el Profesorado Universitario en Educación Superior en Física, para llevar a cabo un taller de cinco encuentros sobre STEM en la enseñanza. Se convocó a docentes del área de Ciencias Naturales del nivel secundario, particularmente de Física y de Fisicoquímica, tomando al enfoque como una forma integrada de trabajo posible de ser llevada a cabo en aquel nivel. Como objetivo general del taller se tuvo la reflexión sobre la práctica promoviendo el desarrollo de competencias docentes valorables en dicho enfoque.

Revisión teórica

Aprendizaje basado en STEM

La enseñanza de la física y de las ciencias naturales en general se han visto enriquecidas en los últimos años a partir de nuevas miradas de distintos campos y de los desarrollos tecnológicos, entre ellos los relacionados con las tecnologías de información y comunicación (Cyrulies, 2023). Uno de los aspectos más atendidos es la conformación de una imagen de las ciencias contextualizada, vinculada particularmente al mundo social y al tecnológico. Con esto, se impulsa la construcción de sentido en la visión de los estudiantes sobre lo que aprenden en la escuela que permita una mejor problematización de los contenidos relacionándolos con situaciones reales y cercanas de sus propias vidas.

En este contexto, un marco que progresivamente va ganando lugar en la enseñanza de las ciencias es el conocido por las siglas STEM tomando los términos Science, Technology, Engineering and Mathematics. El mismo se inició en Estados Unidos y en países de Europa originado a partir del desinterés de las generaciones jóvenes (particularmente mujeres) por la elección de carreras científicas y técnicas. El concepto luego se expandió sumando la atención en distintos niveles del sistema educativo. Desde algunas miradas actuales recientemente incorporó al Arte (Arts) con lo que la sigla que lo incluye se convierte en STEAM.

Para interpretarlo en sus características más relevantes puede considerarse un campo integrado de disciplinas donde se aprende a partir de la problematización de contenidos relacionados en alguna situación a resolver y que sea de interés pedagógico.

Uno de los aspectos que vale destacar es que las actividades que se proponen en la educación STEM se caracterizan por la resolución de problemas (Aladé et al, 2016). Por su parte, Couso (2017) sostiene que no se reconoce como una metodología, pero incorpora recursos tecnológicos, perspectivas pedagógicas y enfoques metodológicos. Concretamente se busca conformar un escenario en el cual la enseñanza integre campos del saber para abordar situaciones del mundo real donde los estudiantes piensen “como” matemáticas/os, científicas/os e ingenieras/os (Domenech-Casal, 2017). Con esta actuación estudiantil se consigue un compromiso que no se propone en una enseñanza más tradicional y en eso radica la fortaleza del enfoque.

STEM, Ingeniería y ABP

Tanto el STEM (como el STEAM) introducen un concepto muy particular como es el diseño de ingeniería; con el mismo se espera profundizar la integración curricular de ciencias. Resulta una mirada que nos interesa resaltar en virtud de la problematización en nuestra propuesta de capacitación. Es conocido que la ingeniería intenta resolver problemas de índole técnico; aplica conocimientos de las ciencias para generar nuevos productos, procesos o servicios que son necesarios para mejorar la calidad de vida (Bocardo, 2006).

En sintonía con lo anterior, los propósitos del taller consideraron la integración curricular en proyectos de trabajo escolar que relacionen íntimamente ciencias básicas que incluyan consignas de diseño. Esto nos llevó a contemplar consideraciones específicas de la ingeniería, partiendo de que ésta, según lo plantea San Zapata (2006), es un campo que genera conocimiento de un objeto o estructura con el fin de aumentar la utilidad.

Una propuesta educativa enmarcada en STEM (o STEAM) además puede ajustarse a marcos con más tradición pedagógica como es el aprendizaje basado en proyectos (ABP) donde la estrategia didáctica consiste en que los aprendices aborden alguna problemática de modo colaborativo integrando distintas áreas de conocimiento (Blumenfeld et al, 1991; Genc, 2014). Se tienen diferentes posibilidades con el mismo; una de ellas, tal vez la más difundida y que resulta de nuestro interés, es la de elaboración de un producto o resolución de un problema tal como lo sostienen Larmer, Mergendoller y Boss (2015). Se asume que al trabajar activa y comunitariamente con esas propuestas se obtienen mayores aprendizajes y posibilidades de ser transferidos (Domenech-Casal et al, 2019). Sobre la integración curricular mencionada que contemplen la ingeniería, se tiene trabajos como los de Gutiérrez-Pérez y Pirrami (2011) o los de Ayerbe López y Perales Palacios (2020) que recomiendan la conveniencia de integrar varias materias simultáneamente en un único proyecto. No obstante, la estructura hegemónica de los sistemas educativos, particularmente de nivel medio y superior, no facilita la implementación del ABP, generando dificultades pedagógicas que requieren una esmerada planificación (Cyrulies y Schamne, 2021). El carácter compartimentado de los espacios curriculares condiciona fuertemente sumado a otros impedimentos como los señalados por Ayerbe López, Perales Palacios (2020) quienes identifican cierta inercia de formas tradicionales de enseñanza y la presión por cumplir con el currículo prescripto.

Prototipos

Con todo lo anterior, para nuestro caso inscribimos conceptualmente al enfoque STEM dentro del ABP, donde la elaboración de un producto como material concreto (prototipo) conforma el marco que brinda posibilidades de aprendizaje vinculando ciencias. Para enriquecer las estrategias de trabajo tomamos además lo que ha sido denominado como Design Thinking, sobre el que puede verse un buen desarrollo conceptual en Li et al (2019). Incorpora en el desarrollo de una secuencia didáctica la empatía hacia los destinatarios que podrían ser favorecidos con el prototipado de un producto elaborado con una implementación STEAM.

Por otra parte, las situaciones de enseñanza que contemplen el prototipado con diferentes elementos, particularmente tecnológicos, tienen gran potencial para el desarrollo de actividades experimentales en las ciencias naturales, especialmente en la física. En ésta, las prácticas de laboratorio cobran especial relevancia cuando se trata de construir una imagen apropiada de esta ciencia. Sin embargo, en muchas ocasiones no se cuenta con los equipos de laboratorio necesarios en las instituciones escolares o no se adecuan a los propósitos del docente. En estas situaciones una alternativa puede consistir en la utilización de dispositivos tecnológicos que no han sido diseñados para la enseñanza, pero que por su diseño y funcionamiento brindan posibilidades didácticas sumado a que pueden ser un buen ejemplo de contextualización de contenidos a enseñar. Esto mismo es lo que puede otorgar mayor sentido a su estudio formal favoreciendo el aprendizaje (Cyrulies, 2017). Pero para su implementación es necesario la consideración de herramientas tecnológicas y perspectivas pedagógicas específicas (Couso, 2017) y, frecuentemente, de ciertos conocimientos técnicos. Los aspectos más relevantes que caracterizan a esta estrategia se tomaron para su estudio en el taller propuesto. Otra alternativa interesante es el diseño, construcción y prueba de prototipos por parte del alumnado, preferentemente en grupos, tema trabajado particularmente en el taller. Y aquí, una fortaleza para tener en cuenta es la posibilidad de desarrollar habilidades que amplíen el aprendizaje ligado al conocimiento conceptual sobre el contenido. Incluye evaluación de una situación, resolución de problemas, elección de materiales, utilización de herramientas, entre otros. Será conveniente que en todo esto se despliegue un proceso de interacción y compromiso en un marco social de cooperación. Cuando la situación se aborda grupalmente se estimulan las estrategias comunicacionales y se utilizan habilidades interpersonales que enriquecen la tarea. En este sentido, nuestro propósito fue conformar un entorno social para abordar los problemas, el que según entienden muchos autores (Perrenoud 2004, Tejada Fernández 2009, Gairín Sallan 2011), promueve competencias específicas. Así, el método consistió en solicitar a los docentes resolverlos tal como se presentarían a los estudiantes en las escuelas, atravesando grupalmente las posibles dificultades que involucran y construyendo colectivamente una mirada didáctica con las mismas (principalmente el ejemplo de modelo STEM que propusimos).

Propuesta y metodología

El taller de 25 horas se desarrolló a través de cinco encuentros, tres presenciales y dos virtuales de 3 horas más 10 horas no presenciales, además de incluir un encuentro virtual de consulta. Los primeros dos conformaban un panorama general como de características STEM particulares. Quienes transitaban el trayecto completo podían acreditar el taller, obteniendo puntaje docente en la jurisdicción. De los 14 participantes del área de la fisicoquímica que iniciaron el taller, lo completaron 10 (3 hombres y 7 mujeres) los que conformaron equipos libremente y sobre los que se

detallan sus trabajos más abajo constituyendo el grupo para recolección de datos. Para todos los encuentros se trabajaron marcos teóricos y se tuvo trabajo en grupo con lecturas y puesta en común. En los presenciales se incluyeron actividades experimentales; las primeras consistieron en intervenciones creativas con intenciones didácticas sobre artefactos comerciales (electrodomésticos) que permiten prácticas STEAM (donde al Arte lo relacionamos al diseño con una visión holística del artefacto y humanista en cuanto a las problemáticas). Otras se enmarcaron en un proyecto modelo de trabajo STEM sobre un prototipo que se presenta más abajo. Se procuró, teniendo en cuenta el contexto específico, establecer vinculaciones con propósitos generales de la escuela secundaria; particularmente con aquellos con los que se encuentra correspondencia a partir de lo que pronuncia el enfoque STEM. Tomamos los que pueden resumirse, según autores como Brown (2016) y Chiu et al (2015), en tres campos: considerar la comunidad, el mundo laboral y la industria. Este delineado resultó necesario, considerando que existe cierta ambigüedad que aun caracteriza el uso del acrónimo (Martín Páez et al, 2019).

La acreditación para quienes completaron el recorrido fue establecida con una producción grupal involucrando un proyecto STEM que incorpore materias asociadas al enfoque en una secuencia didáctica. Las producciones fueron enviadas por correo electrónico unos pocos días después de terminado el taller y se realizaron las devoluciones necesarias. Además, cada docente debió presentar respuestas por escrito y de modo individual.

En términos algo más investigativos nos propusimos evaluar los resultados de la capacitación poniendo el foco en las representaciones docentes sobre el tema luego del trabajo. Como instrumento para indagar dichas representaciones se les solicitó responder una serie de preguntas con un cuestionario al finalizar el trayecto; en el procesamiento se consideró una metodología cualitativa. Según sostienen Denzin y Lincoln (2000), se basa en datos dentro de una exploración abierta en función de lo que se espera en los resultados. El método además sostiene no considerar hipótesis a ser confirmadas. Esto dio cuenta del posicionamiento docente luego de atravesar una capacitación específica y nos permite profundizar la reflexión sobre la implementación en las escuelas en un territorio concreto. Los resultados se muestran más abajo.

Objetivos y contenidos del taller

Con los docentes asistentes nos propusimos los siguientes objetivos:

- Promover prácticas que impliquen un trabajo pedagógico que involucre diferentes áreas de conocimiento que problematizan la enseñanza a través de materiales y equipos tecnológicos.
- Elaborar propuestas de enseñanza que integren áreas STEAM, factibles de ser aplicadas y evaluadas en condiciones institucionales reales propias de los participantes.
- Contextualizar a la Física/ Fisicoquímica escolar en el STEM/ STEAM concibiendo formas de enseñanza y aprendizaje más genuinas y ligadas a situaciones auténticas.

Los contenidos planteados en el curso se muestran a continuación.

Para los primeros dos encuentros:

1º encuentro (presencial):

El enfoque STEM/STEAM, problematización de contenidos en proyectos. Rol del docente y del alumno. Enseñanza y aprendizaje en proyectos escolares integradores.

2º encuentro (virtual):

Dispositivos técnicos en situaciones problemáticas. Contenidos curriculares y trabajos de diseño. Rediseño de dispositivos comerciales como oportunidad STEAM “de ingeniería”.

Para los tres últimos encuentros (para acreditar puntaje con la entrega de una producción)

3º encuentro (presencial):

Prácticas experimentales en situaciones auténticas. La construcción de dispositivos didácticos para su uso en actividades de laboratorio STEM.

4º encuentro (virtual):

El trabajo de diseño por parte del alumnado en propuestas del tipo “Design Thinking”. El diseño de una secuencia. Construcción con materiales accesibles para su uso en una práctica experimental.

5º encuentro (presencial):

Cierre del trabajo en grupos en el diseño de una secuencia de enseñanza. Operaciones manuales que incluyan acciones básicas de taller que se ajusten al proyecto discutido en los encuentros.

Caso particular elaborado para la propuesta de capacitación

Para brindar mayor claridad al tema se abordó un ejemplo concreto que reúna aspectos STEM y sea posible de implementar en la escuela como generador de ideas y discusión. Para esto se diseñó un caso específico que consistió en un telégrafo escolar vinculando áreas de conocimiento del nivel secundario. El ejemplo se elaboró contemplando el segundo año del diseño curricular de la provincia de Buenos Aires. Resultó un proyecto estructurante para ser implementado en Fisicoquímica, con vínculos concretos con contenidos de Matemática, pero con actividades propias del campo de la ingeniería, el diseño y construcción de un elemento tecnológico. Claramente no se trata de un objeto cotidiano, pero se consideró oportuno por permitir ampliar el contexto sumando contenidos de Historia del mismo año escolar y es sumamente inteligible desde el punto de vista técnico. La propuesta permitiría un tratamiento no lineal del diseño curricular, donde los momentos de conceptualización de contenidos para resolver las situaciones problemáticas lo definiría el docente. La construcción del telégrafo se llevó a cabo con los materiales, instrumentos y algunas herramientas por parte de los docentes, quienes resolvieron las consignas (presentadas más abajo). Se invitó a un análisis didáctico de las experiencias de aprendizaje científico que, tal como sostienen Amat González et al citados por Lobato y Sanmartí Puig (2024), sigan la misma metodología que se pretende que ellos implementen con sus alumnos. El ejemplo entregado en papel a los docentes con estas consideraciones se presenta en el ANEXO.

Cuestionario

Como se adelantó, al finalizar el trayecto se implementó un cuestionario individual. En la figura 1 se muestra el instrumento utilizado.

Figura 1. Cuestionario implementado con los 10 docentes

Estimada/o docente

Te solicitamos responder las preguntas para poder evaluar el trabajo realizado en los encuentros. Tu opinión es muy importante para considerar las posibilidades de implementar estas prácticas en secundaria y también para hacer los ajustes necesarios en el caso que se repita la capacitación.

Nombre y apellido:

Materia/s en la que te desempeñas:

A) Considerando proyectos escolares que involucren una enseñanza STEM/STEAM se pide responder:

- *Sobre el aprendizaje por parte del alumnado a través de una propuesta de este tipo en tu escuela:*

1- ¿Cuáles son los aspectos positivos que identificás?

2- ¿Cuáles pueden ser los obstáculos que deberíamos resolver?

- *En cuanto a tu propio ejercicio docente desarrollando un trabajo que integre las áreas que propone el STEM/STEAM:*

3- ¿Qué reconocés como valorable?

4- ¿Identificás dificultades? ¿Cuáles?

- *Sobre el prototipado como propuesta de aprendizaje*

5- ¿Qué opinás sobre el diseño y construcción de prototipos por parte de alumnos/as?

6- Suponiendo que se tienen las condiciones necesarias, ¿cómo te ves en el rol de guía de ese trabajo escolar específico?

B) Se te pide una opinión libre sobre el taller (actividades, recursos, cosas mejorables, etc.)

Resultados

Los docentes que participaron del taller se mostraron muy participativos a lo largo de la propuesta. Como era de esperarse, eso se vio especialmente durante las prácticas experimentales, sobre todo las dedicadas al telégrafo didáctico ya que generó mucho entusiasmo en los docentes. El hecho de involucrarse grupalmente en actividades experimentales con un objetivo concreto ocasionó gran movilización. Según Jaime y Escudero (2010), para la modelización en el nivel superior la interacción personal y/o grupal con materiales, docente y compañeros es una importante oportunidad para el buen aprendizaje. Además, como sostienen Höttecke et al (2012), replicar instrumentos históricos permite estudiar los experimentos entendiendo la ciencia como un proceso. Remarcan también la importancia de que los estudiantes participen en el diseño, ya que exige la comprensión del principio de funcionamiento y conocer sus detalles técnicos.

En dicha actividad se conformaron pequeños grupos para la división de tareas, uno calculando y construyendo el electroimán, otro armando el circuito de la base receptora, etc. La labor resultó modélica de posibles actividades de aula y sobre eso se centraron algunas discusiones. Uno de los

momentos más estimulantes fue cuando se llevaron a cabo con bastante éxito comunicaciones sencillas en clave Morse, generándose cierto clima de esparcimiento. Para esto, un grupo se ubicó en un aula de la universidad y otro fuera de ella, a varios metros de distancia. Cabe aclarar que los pulsos recibidos se generaban de tres formas en simultáneo; auditiva con el zumbador, visual con una lámpara y con el accionamiento del electroimán atrayendo una lámina metálica. Por simplicidad sólo se construyó un emisor y un receptor, de modo que los mensajes fueron unidireccionales.

Los docentes conformaron cinco grupos en total y cada uno de éstos produjo para el encuentro final un proyecto particular escribiendo la secuencia didáctica y construyendo el prototipo como modelo de lo que se pediría a los estudiantes. Los proyectos preliminares se discutieron en plenario en el cuarto encuentro, donde se presentaron y se promovieron intercambios que aporten desde una mirada crítica planteando como consigna la identificación de posibles fortalezas y debilidades de los proyectos de los demás. Esto resultó particularmente valioso y permitió implementar mejoras. En el quinto y último, cada grupo finalmente socializó lo producido. Como se anticipó, los proyectos STEM, escritos según un formato preestablecido, fueron completados por los participantes luego de finalizada la cursada y enviados por correo electrónico; luego se realizaron devoluciones con sugerencias.

Los trabajos propuestos por los grupos se ajustaron a lo solicitado y los temas que fueron abordados resultan apropiados y podrían ser recomendables para ser trabajados en la escuela secundaria. Las producciones abordaron diferentes temáticas mencionadas a continuación.

- 1- Termómetro casero por dilatación de aire
- 2- Dispositivo para conexiones eléctricas básicas
- 3- Biogestor para uso en la escuela
- 4- Maqueta de vivienda con instalación eléctrica
- 5- Maqueta de vivienda con panel solar

En los cinco proyectos se contempló que los prototipos sean construidos por los alumnos dentro de situaciones de enseñanza en el aula. No obstante, los propósitos terminaron siendo diferentes según los grupos concibiendo diferentes objetivos y modos de implementación. En el caso de (1) representa la construcción de un instrumento, que considera la medición por medio del cambio de una variable física, previendo el trabajo con la ecuación general de los gases. En el (2) se identificó más que en los demás el potencial uso como recurso docente para la enseñanza ya que permitía el armado rápido de circuitos eléctricos (aunque incluía características lúdicas al incorporar la posibilidad de relacionar “preguntas y respuestas” con el cierre de circuitos, inspirado en un antiguo juguete comercial conocido como “Cerebro Mágico”). En (3) se contempla una mirada sustentable y fue pensado para una implementación real en una escuela, al menos como dispositivo demostrativo, pero de instalación fija. Resultó muy oportuno en virtud de la promulgación de la reciente ley de Educación Ambiental Integral (2021). Los ejemplos (4) y (5) son prototipos que pueden considerarse modelizadores de situaciones reales que permiten explorar posibilidades configurando cambios en las maquetas (por ejemplo, orientando el panel solar frente a una fuente de luz y registrando la potencia generada).

Dado que la consigna lo exigía, se tuvo en los cinco desarrollos consideraciones matemáticas en el trabajo, aunque también en diferente grado e intención. En algún caso, contemplando resolver

situaciones en relación al diseño (por ejemplo, determinación de volumen a partir de la geometría del termómetro) y en otros de aplicación del prototipo acudiendo a contenidos a trabajar con el mismo ya terminado (ley de Ohm en el dispositivo de conexiones). Aunque en ninguno se planteó como un proyecto con el cual se aprendieran nuevos conceptos matemáticos, sino de aplicación de pensamiento matemático básico considerando el año de destino. Esto dio indicios de un formato que podría ser el considerado en su práctica docente, la de aplicación de conocimientos previos.

Para el armado se recurrió en forma general a elementos caseros y materiales de bajo costo, algo recomendable considerando la posible construcción por parte de estudiantes. Un prototipo particular fue el (3) ya que se trató de un proyecto de mayor envergadura; si bien se presentó el proyecto escrito como los avances experimentales, quedó para una etapa posterior un armado definitivo y seguro en la escuela incluyendo el uso de la plataforma Arduino para la medición de temperatura y presión (se expresaron intenciones de empatía con su posible uso).

Registramos que, en ciertas etapas, se tuvo mayor trabajo de orientación con los grupos en cuestiones técnicas básicas de armado y sugerencias de diseño como de elección de materiales y elementos de unión. Pero además se tuvieron valiosos intercambios al respecto dentro de un trabajo colaborativo en la presentación final, lo que muestra la importancia del trabajo docente en equipo. Esa clase de marco social, según Coll et al (2006), da un particular sentido al aprendizaje en un proceso de interacción y compromiso. Se observó que el aspecto que denominamos “de ingeniería” tuvo particulares dificultades y puede ser un tema que requiera profundizarse en esta clase de capacitación. Debe considerarse que no es lo habitual que docentes de física o de fisicoquímica cuenten además con alguna formación técnica; esto sin ser una condición necesaria, representaría una ventaja en una implementación STEM, al menos en algunos criterios ligados al diseño. Las consideraciones sobre el Arte (para considerarlo STEAM), si bien implícitamente puede aceptarse que estuvieron presentes al atravesar procesos de diseño, no se tuvieron claras menciones al mismo con una mirada didáctica.

Como ya se dijo, a los docentes se les pidió una producción escrita donde se detalle la propuesta en un formato de secuencia didáctica. Naturalmente, estos formatos resultan familiares en el campo educativo, por lo que se tuvo producciones acordes a lo esperado. No obstante, se hicieron devoluciones atendiendo a la especificidad comunicacional que caracteriza a esos formatos, como señalamientos sobre objetivos ambiciosos, sobre el poco detalle en ciertas actividades, entre otros.

Un tema que resaltamos como resultado es qué tipo de tratamiento se les da a los contenidos en las secuencias. Prevaleció un formato en el cual el prototipo implica considerarlo un “producto final” como se le suele llamar en el ABP (Ayerbe López y Perales Palacios, 2020). Esto es, tomar el proyecto de modo periférico del currículo y no como centro (Thomas, 2000). Es deseable que los contenidos escolares sean contextualizados y conceptualizados en el trabajo para construir respuestas en un escenario de problematización. Es algo que recupera el marco STEM y que hemos trabajado en el taller. Pero debe reconocerse también que es un concepto algo idealizado, que bien vale considerar, pero en general sólo podrá aplicarse a contenidos específicos; sería impracticable darle mayor grado de generalidad. Naturalmente, siempre resulta necesario contar con conocimientos previos para resolver situaciones nuevas y muchos se habrán construido sin un marco problemático

planificado. Según Ausubel (1976), el aprendizaje significativo ocurre cuando se relaciona de modo sustancial con lo que ya se sabe. La integración de campos de conocimiento que implica el STEM conlleva mayor amplitud sobre todo lo que puede relacionarse con los saberes en una situación de aprendizaje, incluyendo los adquiridos fuera de la educación formal. De este último campo, un ejemplo es contar con destrezas en el uso de herramientas; del campo formal puede citarse a la competencia matemática que, transferida, permite resolver situaciones modelizadas en la física. Con todo este análisis, los cinco proyectos abordados dejaron algo difusa la conceptualización de los contenidos involucrados resultando una visión más “aplicativa” de los mismos. Interpretamos que las situaciones problemáticas explicitadas podrían ser resueltas con lo que los alumnos ya aprendieron previamente. No se hizo mención de lo contrario, es decir que las situaciones (incluyendo el prototipado) creen la necesidad de aprender y sean la oportunidad para dar sentido a ese aprendizaje. A esto lo consideramos un hallazgo y es posible asignar esta situación a lo que señalan algunos autores (Davini, 2008; Ayerbe López y Perales Palacios, 2020) sobre el desarrollo de proyectos integrados que requieran cambios en el rol docente, allí las formas rígidas de organización y de la labor diaria operan como un obstáculo.

Por otra parte, los resultados del punto A del cuestionario fueron procesados y se presentan en las tres tablas a continuación. Allí se agrupan las respuestas a las preguntas 1- 2, 3- 4 y 5- 6 respectivamente, las que, categorizadas, muestran algunos datos sobre la implementación del STEM/STEAM según la interpretación de los propios docentes. El punto B, de libre opinión, permitió, sin operacionalización, comprobar la gran aceptación que tuvo la propuesta formativa. En todas las respuestas se pudieron leer comentarios positivos y en concordancia con lo expresado en el punto A.

Se aclara que en todos los casos la suma de la cantidad de respuestas supera a la de participantes. Se explica porque las respuestas de algunos incluyeron más de una de las categorías consideradas en el análisis.

Tabla 1: Resultados del cuestionario en relación al aprendizaje de los alumnos

<i>Sobre el aprendizaje por parte del alumnado en una propuesta de este tipo en tu escuela</i>			
<i>1- Aspectos positivos que identifican</i>		<i>2- Obstáculos que identifican</i>	
categoria	cantida d	categoria	cantida d
Encontrar relaciones relevantes entre materias	6	Posibles dificultades de los alumnos en las otras áreas como matemática	4
Involucrar áreas en un solo tema	3	El costo de materiales para trabajar	3

Promueve el debate entre estudiantes cuando trabajan en grupo	3	Dificultad de transferir contenidos a escenarios reales	3
Da la posibilidad a los estudiantes de asumir roles valiosos	2	Condiciones necesarias en escuelas (grupos numerosos, espacios)	3
Genera creatividad y autonomía	2	Possible falta de compromiso de alumnos	2
Los involucra en proyectos y en casos convocantes	2	Possible resistencia en las escuelas	1
Genera vínculos con lo experimental	1	Requerimiento de habilidades prácticas	1
Los alumnos son más activos por el mayor interés	1	Comunicación necesaria entre áreas	1
Facilita la metacognición	1	Continuidad necesaria en un proyecto	1
Permite el planteo de hipótesis	1	Ninguna	2

Tabla 2: Resultados del cuestionario en relación al ejercicio docente

<i>En cuanto a tu propio ejercicio docente en un trabajo que integre las áreas STEM/STEAM:</i>			
<i>3- Reconocen como valorable</i>		<i>4- Dificultades que identifican</i>	
categoría	cantidad	categoría	cantidad
El trabajo colaborativo con colegas	6	Falta de tiempo de los docentes para coordinar acciones	5
Integrar y relacionar conceptos distintos a los disciplinarios	4	Condiciones institucionales/ del sistema educativo necesarias	3
Pensar las clases con objetivos más amplios	2	Lograr verdadera interdisciplinariedad (no forzada)	3
Trabajar de formas diferentes a lo tradicional	1	Limitaciones profesionales para problematizar adecuadamente	2

Involucrar vocabulario específico ajeno a la disciplina	1	Contar con elementos y materiales necesarios	2
		Possible dificultad de alcanzar objetivos más ambiciosos	1
		Posibilidad de colegas no interesados (estructurados)	1

Tabla 3: Resultados del cuestionario sobre el prototipado

<i>Sobre el prototipado como propuesta de aprendizaje</i>			
5- Opinión sobre el diseño y construcción de prototipos		6- Cómo se perciben en el rol de guía del aprendizaje	
categoría (a favor)	cantidad	Categoría (implican que se perciben bien en el rol)	cantidad
Genera interés por el material concreto facilitando el aprendizaje	5	Es un gran desafío para los docentes pero apropiado para la enseñanza	5
Potencia el desarrollo de habilidades	4	Requeriría más instancias de formación docente permanente	3
Aprender de los errores que se manifiestan en los prototipos	3	Estimula abordar trabajos grupales orientando como guía	3
Abren posibilidades distintas para trabajar	2	Resignifica rol de guía menos claro en situaciones más tradicionales	2
Buena oportunidad para guiar el aprendizaje	2	Resulta interesante para abordar nuevas propuestas de enseñanza	2
Acerca más a los estudiantes a prácticas técnicas y científicas	2	Posibilita aprender junto a los alumnos	1
(en contra)			
Puede ser difícil diseñar actividades adecuadas a los contenidos	2		
Puede desviar demasiado del currículum	1		

Las categorías consideradas en las tablas permiten comprobar que el enfoque STEM/STEAM fue muy valorado por los docentes concibiendo distintas dimensiones del mismo.

Queda claro en la tabla 1 que, sobre los alumnos, los docentes señalan gran protagonismo de aquellos en estas propuestas (roles, actividades en grupo, etc.) aunque no sin ver allí ciertas dificultades a sortear. Es notable que aparezca la matemática en mayor grado, siendo tan corriente su uso en la Física, aun en formatos tradicionales de enseñanza. Sobre la ponderación de la dificultad de identificar escenarios reales, en nuestra opinión la tabla tal vez no refleje plenamente lo discutido en los encuentros. En efecto, fue un tema de permanente debate la complejidad que implica reconocer situaciones contextuales valiosas y la exigencia que pueden significar para los docentes su tratamiento didáctico. En relación con el aprendizaje en dicha tabla 1 se observa que mayoritariamente se concibe a la vinculación de áreas de conocimiento como un facilitador del aprendizaje. El concepto de “relevante” es el que encontramos para sintetizar la variedad de respuestas. Los docentes coincidían en la importancia de encontrar relaciones verdaderamente estructurantes frente a otras posibles de menor valor entre materias. Sostenemos que pueden incluirse los conceptos que no son directamente expresados en las propuestas curriculares como se indica en la tabla 2 (no disciplinares). La idea se refuerza con la categoría de la interdisciplinariedad no forzada, mencionada en la misma tabla. Esta interesante mirada colectiva construida en el taller nos importa remarcarla como un resultado; una propuesta STEM/STEAM, que se precie como tal, debería considerar problemáticas que acentúen genuinamente las relaciones estructurantes en un proyecto de trabajo. Existe, como sostienen algunos autores (Bogdan Toma y García Carmona, 2021), una tendencia a utilizar el acrónimo STEM de manera superficial y acrítica, inclusive haciendo un uso injustificado del término.

En la tabla 2 puede verse que es valorado el trabajo en equipo en las escuelas, pero sobre esto mismo se marca la falta de tiempo para una adecuada coordinación y alcanzar acuerdos, poniendo también la mirada en las condiciones institucionales necesarias, detalle también señalado en la tabla 1 (en conversaciones se distinguieron enfáticamente los denominados “makerspaces” idealizados de los ambientes reales en las instituciones educativas).

La tabla 3 manifiesta una posición entusiasta con la implementación del prototipado, donde se resalta el potencial didáctico que se atribuye al material concreto, más aún cuando contempla el diseño que incluye la toma de decisiones. Afortunadamente deja ver también la importancia del acompañamiento docente, entendido como tarea compleja. Esta perspectiva es valiosa como punto de partida para concebir y reforzar una formación docente donde no se trivialice la guía del profesor y la interpele. Resultó interesante la consideración de aquellos errores que “solo” se visibilizarían en el armado y prueba de prototipos dando lugar a la reflexión y por su impacto metacognitivo en el aprendizaje, particularmente si se sostiene una mirada constructivista del mismo donde el error es parte del proceso. Bien puede tomarse como un argumento potente a favor del prototipado.

Conclusiones

La oferta de capacitación permitió desarrollar un trabajo que fue valorado por los docentes, quienes no conocían el enfoque, aunque sí el ABP ya que oportunamente fue promovido por el ministerio de educación provincial. Permitió muchos momentos de reflexión en torno a la práctica docente y el tipo de actividades de enseñanza que predominan en las escuelas de nivel secundario, donde en general se tiene escasa integración entre las asignaturas. Se reconoció al STEM/STEAM como una

referencia a considerar que puede ajustarse muy convenientemente a los propósitos formativos de las escuelas. Una característica particularmente reconocida fue la posibilidad de una enseñanza contextualizada de contenidos, inclusive abordando la conceptualización aun dentro del desarrollo de un proyecto y no antes (aunque tuvo poca consideración en los proyectos). De este modo, en lugar de concebir a este último con una visión aplicativa se toma como movilizador del aprendizaje ya que surgiría de una necesidad de dar respuestas a problemas de interés. Autores como Larmer y Mergendoller (2010) sostienen que esa mirada consiste en tomar a un proyecto como el eje vertebrador y no como colofón del proceso de enseñanza.

Un punto que deseamos resaltar sobre el prototipo de telégrafo es la decisión de concebirlo con un diseño sencillo. Nuestro grupo se especializa en la construcción de equipos específicos para la enseñanza de la física, lo que a priori nos moviliza a construir con precisión técnica. Sin embargo, acordamos con Lobato y Sanmartí Puig (2024) en que al esperar que un instrumento sea reproducido en el aula (aun siendo un posible modelo), los alumnos podrían centrarse más en la construcción que en el pensamiento asociado al porqué del funcionamiento y a los objetivos de aprendizaje (curiosamente en cierta medida esto se observó en el grupo del termómetro). Pero esto tampoco deja afuera una mirada básica que se espera sobre la ingeniería por lo que existió un mínimo trabajo de diseño y construcción (prototipado) como pudo leerse en las consignas presentadas más arriba. En relación con esto cabe señalar que a partir de algunos estudios (Herschbach, 2011; Williams, 2011) surge que suele encontrarse menos presencia de la ingeniería en propuestas STEM. Además, es interesante notar que, considerando que ningún docente participante tenía formación técnica, eso no se vio reflejado como una dificultad desde sus propias representaciones, según pudo verse en las tablas que presentamos más arriba. Nuestro análisis nos lleva a concluir que en nuevas capacitaciones sobre STEM/STEAM sería conveniente profundizar más en consideraciones técnicas, lo que les permitiría contar con mayores competencias para abordar la mirada ingenieril.

La capacitación se realizó con un pequeño grupo de docentes, pero la experiencia podría sentar las bases para considerar el enfoque en las escuelas secundarias ampliándolo en el territorio donde aún es bastante desconocido; no sin problematizarlo y atendiendo a las necesidades de la población estudiantil, a su idiosincrasia e identidad. Esta visión es coincidente con la de Ortiz Revilla et al (2020), quienes afirman que no importan los orígenes ideológicos del concepto STEM, lo esencial es que sea recontextualizado, sea pedagógicamente poderoso y compatible con los objetivos proclamados en un contexto educativo.

Finalmente, consideramos que el STEM/STEAM, aunque lentamente, está teniendo cada vez más presencia en el currículum escolar y con interpretaciones que evolucionan. Nuestra propuesta fue la primera de su tipo en la provincia y otorgó puntaje docente; ninguno de los asistentes había tenido alguna formación sobre el tema (en la figura 2 se ven algunos en plena actividad). En todos los casos habían transitado su formación inicial con un plan de estudios vigente durante más de 20 años. Cabe señalar que en 2023 entró en vigencia un nuevo plan de profesorado en la jurisdicción donde sí se menciona al STEAM como un modo particular de enseñanza de las ciencias naturales.

Figura 2. Escenas de las actividades con el proyecto del telégrafo. Armado del dispositivo y comunicaciones en clave Morse entre docentes.



Agradecimientos

A Mariana Schamne, directora del Centro de Capacitación, Información e Investigación Educativa por llevar adelante las gestiones necesarias para que sea posible la realización del taller. A los docentes participantes por demostrar interés y predisposición en la capacitación.

Referencias consultadas

- Aladé, F, Lauricella, A, Beaudoin- Ryan L y Wartella, E. (2016). Measuring with Murray: Touchscreen technology and preschoolers' STEM learning. *Computers in Human Behavior*, nº 62, p.p. 433-441.
- Ausubel D. (1976). Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México. Trillas.
- Ayerbe López, J y Perales Palacios, J. (2020). Reinventa tu ciudad: aprendizaje basado en proyectos para la mejora de la conciencia ambiental en estudiantes de Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, vol 38 n 2. p.p. 181-203. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2812>

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., y Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing supporting the learning. *Educational Psychologist*, vol 26, n 3, p.p. 369-398.

Boccardo, R. (2006). Creatividad en la Ingeniería de diseño, Caracas: Equinoccio, Universidad Simón Bolívar.

Bogdan Toma, R. y García-Carmona, A. (2021). De STEM nos gusta todo menos STEM. Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), p.p. 65-80. 65. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>

Brown, J. (2016). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education*, vol 17, n 4, p.p. 52-56.

Chiu, A., Price, C. A., Ovrahim, E. (2015). Supporting Elementary and Middle School Stem Education at the Whole-school level: A Review of The Literature. In In NARST 2015 Annual Conference.

Coll, C., Mauri, T. y Onrubia, J. (2006). Análisis y resolución de casos problema mediante el aprendizaje colaborativo. *Revista de Universidad y Sociedad de Conocimiento*, 2(2), p.p. 29-41.

Cousó, D. (2017). Perquè estem a STEM? Definint l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors, Ciències, nº 34, p.p. 21-29.

Cyrulies, E. (2017). Actividades de capacitación docente en física utilizando un automóvil. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 39, n 4. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0048>

Cyrulies, E. y Schamne, M. (2021). El aprendizaje basado en proyectos: una capacitación docente vinculante. *Páginas De Educación*, 14(1), 01-25. <https://doi.org/10.22235/pe.v14i1.2293>

Cyrulies, E. (2023). El enfoque STEAM y la actividad experimental en Física: una propuesta de capacitación docente. *Educación científica para el desarrollo iberoamericano*. Universidad de Alcalá, p.p. 590-597.

Davini, M. C. (2008). Métodos de enseñanza: didáctica general para maestros y profesores. Buenos Aires, Argentina: Santillana.

Denzin, N. y Lincoln, Y. (2000). The discipline and practice of qualitative research. En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (eds.). *Handbook of Qualitative Research* (1-28). Second Edition. California: Sage Publications.

Domenech-Casal, J (2017) Aprendentatge Basat en Projectes en ambits STEM. Claus metodològiques i reptes. *Revista Ciències*, vol. 33, p.p. 2-7. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.7>

Domènec-Casal, J., Lope, S. y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.

https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203

Genc, M. (2014). The project-based learning approach in environmental education. *International Research in Geographical and Environmental Education*, vol 24 n 2, p.p. 105-117. <https://doi.org/10.1080/10382046.2014.993169>

Jaime, E. y Escudero, C. (2010). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 2011, vol 29 n 3, p.p. 371–380.
<https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.167>

Herschbach, D. (2011). The STEM initiative: constraints and challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, vol 48 n 1, p.p. 96–122.

Hötteleke, D., Henke, A., y Riess, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching : Strategies , Methods , Results and Experiences from the European HIPST Project. *Science y Education*, 21, p.p 1233-1261.

<https://doi.org/10.1007/s11191-010-9330-3> DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9330-3>

Larmer, J. y Mergendoller, J. R. (2010). Seven essentials for Project-Based Learning. *Educational Leadership*, vol 68 n 1, p.p 34-37.

Li, Y., H. Schoenfeld, A. diSessa, A. Graesser, L. Benson, L. English y R. Duschl (2019). Design and Design Thinking in STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, vol. 2, p.p. 93-104.
<https://doi.org/10.1007/s41979-019-00020-z>

Lobato J. y Sanmartí Puig N. (2024). Instrumentos de medida como núcleo del proceso de enseñanza-aprendizaje en la formación de maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol 21 n 2, 2602.

https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2602

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, vol 103 n 4, p.p. 799–822.

<https://doi.org/10.1002/sce.21522>.

Ortiz Revilla, J, Adúriz Bravo, A. and Greca, LL. (2020). A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. *Science & Education*.
<https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>

San Zapata, J. (2006). Diseño de elementos de máquinas I.

Thomas, J. (2000). A review of research on project-based learning. California: Autodesk Foundation.

Williams, J. (2011). STEM Education: proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, vol 16 n 1, p.p. 26–35.

ANEXO

Material entregado a los docentes

En tiempos de redes sociales y videollamadas, un telégrafo escolar puede ser un buen proyecto STEM

Se propone como proyecto para abordar con el alumnado el diseño, construcción y prueba de un modelo de telégrafo sencillo. Se toma como un estudio de caso que permite trabajar contenidos específicos. Es posible,

tomando como centrales a la electricidad y al magnetismo, propios de la Fisicoquímica de 2º año, trabajar transversalmente Matemática e Historia dentro de la materia. Pero también puede ser un proyecto común a las tres asignaturas incluyendo la inclusión de la Tecnología e Ingeniería como estrategia pedagógica según lo plantea STEM.

Contenidos considerados del Diseño Curricular:**Fisicoquímica**

Circuitos eléctricos, ley de Ohm. Unidades: Volt, Ampere, Ohm. Interacción con corrientes eléctricas, Electroimanes.

Matemática

Números y operaciones. Probabilidades y estadística, tablas y gráficos. Geometría. Geometría y magnitudes: cilindro, perímetro, volumen.

Historia

El caso de la revolución francesa. Las transformaciones sociales en Francia en el siglo XVIII. El iluminismo. El estado absolutista y la economía mercantil.

Tecnología y diseño de ingeniería (contenidos extras de este taller STEM)

Diseño y construcción de dispositivo con funcionalidad establecida. Operaciones con materiales y dispositivos tecnológicos.

Mostramos a continuación posibles consignas a utilizar en la escuela (las secuencias de enseñanza se completarían con las acciones que consideren).

Inicio

Contamos con una serie de elementos para construir un telégrafo (aparato que servía para comunicaciones). Imaginen que estamos en tiempos anteriores al desarrollo de las comunicaciones por medios tecnológicos. ¿Qué tan rápido les parece que podría viajar un mensaje, de una ciudad a otra por ejemplo? ¿De qué manera?

Possible texto disparador sobre un antecesor (historia):**El telégrafo óptico**

Cuando se inventó el telégrafo óptico, a fines del 1700 en Francia, se pudo contar con un sistema que resultó revolucionario por ser mucho más rápido que el transporte más veloz de esos tiempos: el caballo. Y además codificado, permitiendo que las comunicaciones sean secretas. Se basaban en señales efectuadas con brazos móviles en torres que eran reproducidas de una a otra (separadas varios km) por medio de vigías con catalejos. Hubo varios modelos y abarcaron gran parte de Europa sumando miles de km de líneas. Mensajes que antes tardaban días en llegar, lo hicieron en minutos. Su uso estaba reservado a gobiernos europeos, militares y servicios de comunicación. Tuvo gran importancia en momentos históricos claves como el de la revolución francesa.

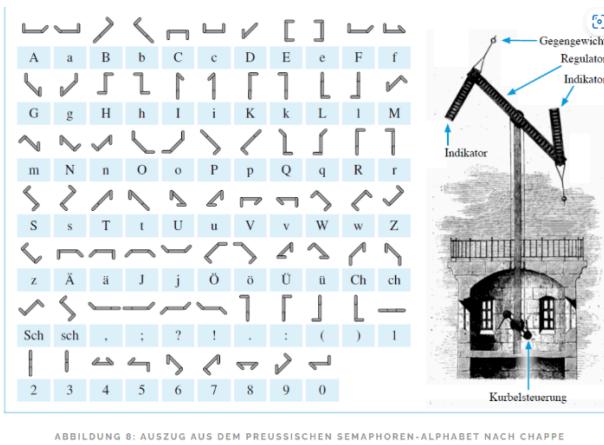


ABBILDUNG 8: AUSZUG AUS DEM PREUßISCHEN SEMAPHOREN-ALPHABET NACH CHAPPE



Imagen izquierda: ¿Qué letra está transmitiendo esta torre? Imagen derecha; hermoso grabado de época, se observa un telégrafo en la torre de la iglesia y uno lejano arriba de una colina.

Imágenes tomadas de: [Zwischen Morsecode und digitaler Fonttechnologie Teil 1: Die Elektrifizierung des Alphabets – Blog zur Druck- und Mediengeschichte \(druck-mediengeschichte.org\)](https://druck-mediengeschichte.org/zwischen-morsecode-und-digitaler-fonttechnologie-teil-1-die-elektrifizierung-des-alphabets/)

El telégrafo eléctrico

Este nuevo avance técnico permitió enviar mensajes por medios eléctricos. Con el mismo se logró cubrir grandes distancias en tiempos prácticamente instantáneos, difundiéndose su uso en todo el mundo a través de cables, inclusive debajo de los océanos. Tuvo muchos desarrolladores entre los que se destaca el modelo del pintor estadounidense Samuel Morse de 1886, quien, junto a un amigo, inventó el conocido código que lleva su nombre. El telégrafo sentó las bases de las comunicaciones a nivel mundial. ¡Gracias Samuel y a todos los demás!

Vamos a construir un modelo escolar de este dispositivo

¿Con qué contamos?

Se cuenta con dos fuentes de tensión de 6 V 3 A CC, 40 m de cable conductor, alambre de bobinado, núcleo de hierro, búzzers, lámparas, pulsadores, bases de madera, elementos varios de unión.

Para conformar el circuito necesitamos el pulsador, que al ser operado desde la estación emisora del mensaje, cerrará el circuito eléctrico alimentado por una fuente de tensión. La estación receptora recibirá el mensaje cuando el impulso eléctrico active una señal sonora (zumbador o buzzer) y el movimiento de un dispositivo electromecánico (electroimán) junto al encendido de una lámpara.

Consigna: Diseñemos el circuito eléctrico con los componentes anteriores con el buzzer, la lámpara y el electroimán conectados en paralelo.

Si tenemos duplicados todos los elementos anteriores se puede lograr un sistema que permita conversar “en clave” donde el emisor y el receptor puedan invertir su rol. Representemos el esquema completo. Pregunta desafío para discutir en el grupo: ¿harán falta cuatro cables entre ambas estaciones?

Sobre la pregunta desafío, relativamente compleja, el/la docente orientará para concluir en de que pueden ser tres. Debido a que ambas fuentes pueden compartir un conductor aun siendo circuitos distintos (igualan potencial eléctrico allí)

Tecnología e Ingeniería (con algo de matemática...)

Diseño de electroimán

Siempre que circulan cargas eléctricas por un conductor se genera en torno al mismo un campo magnético. Luego, si el conductor es lo suficientemente largo podremos arrojarlo en torno a un núcleo cilíndrico formando con el mismo muchas vueltas. El campo magnético producido por cada una de las espiras se sumará al producido por las vecinas, con lo que, localmente, el campo resultante será mucho más intenso que el producido por el conductor libre, no enrollado. De esta forma, habremos construido un electroimán. Para la construcción de un electroimán debemos tener presente la fuente de tensión que utilizaremos para alimentarlo, de que alambre disponemos, etc.

Como ingenieros/as necesitan lograr que el diseño sea bien eficiente. Para aprovechar adecuadamente la potencia de la fuente, habrá que calcular la cantidad de cobre a enrollar. Para eso, unas preguntas guía:

¿Qué resistencia debe tener el circuito para que circulen 2 A de corriente? (aprovechamos 2/3 de la potencia de la fuente, recordemos que es de 6 V, 3 A)

Conociendo la resistencia del cable entre emisor y receptor (medirla con el tester), ¿qué cantidad de metros de alambre de cobre (esmaltado) tendrán que enrollar en el electroimán? El alambre que usarán (diámetro 0,25 mm) tiene 340 Ohm por kilómetro.

Puede ser más sencillo contar vueltas que medir longitud. ¿Podrá el equipo de ingeniería hacer una estimación de la cantidad de vueltas? Intenten calcularlo, pero no se preocupen, el resultado no debe ser exacto para que el dispositivo funcione!

Matemática (con algo de informática...)

En esta área se propone, además de las operaciones algebraicas del apartado anterior, deducir matemáticamente las posibilidades de combinación que permite un sistema binario (punto y raya) en un tren de pulsos. Una alternativa es expresarlo en base 2 (este concepto es pertinente relacionarlo con el de *bits* generalizado en la informática, para el caso debe tomarse 2^n como el número de variaciones donde n es el número de bits). Recuerden que el caso estudiado puede representar la situación para la enseñanza de nuevos contenidos matemáticos.

Aprendamos sobre el código

¿Cuántas posibilidades de signos tendremos usando todas las combinaciones de puntos y rayas utilizando series desde uno a seis caracteres? Por ejemplo, si sólo se utilizan dos pulsos, hay cuatro formas de combinar punto y raya en una serie.

Resultados a obtener con el alumnado			Información sobre el uso histórico (para acortar mensajes se eligieron las letras de uso más común en inglés para las series menores)																																																																																												
Cantidad de pulsos de la serie	Variaciones	Cantidad posible de combinaciones de pulsos	Cantidad usada en código Morse	Caracteres correspondientes utilizados en código Morse	Morse Code																																																																																										
1	2^1	2	2	E, T	<table border="0"> <tr><td>A</td><td>• -</td><td>P</td><td>• - - -</td><td>1</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>B</td><td>• - -</td><td>Q</td><td>• - - -</td><td>2</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>C</td><td>• - - -</td><td>R</td><td>• - - -</td><td>3</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>D</td><td>• - - -</td><td>S</td><td>• - - -</td><td>4</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>E</td><td>•</td><td>T</td><td>-</td><td>5</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>F</td><td>• - - -</td><td>U</td><td>• - - -</td><td>6</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>G</td><td>• - - -</td><td>V</td><td>• - - -</td><td>7</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>H</td><td>• - - -</td><td>W</td><td>• - - -</td><td>8</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>I</td><td>• •</td><td>X</td><td>• - - -</td><td>9</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>J</td><td>-</td><td>Y</td><td>• - - -</td><td>0</td><td>• - - - -</td></tr> <tr><td>K</td><td>-</td><td>Z</td><td>• - - -</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>L</td><td>• - - -</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M</td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N</td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>O</td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	A	• -	P	• - - -	1	• - - - -	B	• - -	Q	• - - -	2	• - - - -	C	• - - -	R	• - - -	3	• - - - -	D	• - - -	S	• - - -	4	• - - - -	E	•	T	-	5	• - - - -	F	• - - -	U	• - - -	6	• - - - -	G	• - - -	V	• - - -	7	• - - - -	H	• - - -	W	• - - -	8	• - - - -	I	• •	X	• - - -	9	• - - - -	J	-	Y	• - - -	0	• - - - -	K	-	Z	• - - -			L	• - - -					M	-					N	-					O	-				
A	• -	P	• - - -	1	• - - - -																																																																																										
B	• - -	Q	• - - -	2	• - - - -																																																																																										
C	• - - -	R	• - - -	3	• - - - -																																																																																										
D	• - - -	S	• - - -	4	• - - - -																																																																																										
E	•	T	-	5	• - - - -																																																																																										
F	• - - -	U	• - - -	6	• - - - -																																																																																										
G	• - - -	V	• - - -	7	• - - - -																																																																																										
H	• - - -	W	• - - -	8	• - - - -																																																																																										
I	• •	X	• - - -	9	• - - - -																																																																																										
J	-	Y	• - - -	0	• - - - -																																																																																										
K	-	Z	• - - -																																																																																												
L	• - - -																																																																																														
M	-																																																																																														
N	-																																																																																														
O	-																																																																																														
2	2^2	4	4	A, I, M, N																																																																																											
3	2^3	8	8	D, K, O, Q, R, S, U, W																																																																																											
4	2^4	16	10	B, C, F, H, L, P, V, X, Y, Z																																																																																											
5	2^5	32	12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, /, =																																																																																											
6	2^6	64	11	.,.,;,i,?,(,),“,-,‘, subrayado, aparte																																																																																											
			Otras combinaciones con más pulsos representan frases enteras. Por ejemplo: Error en la transmisión: - - - - -																																																																																												

Comienza la comunicación

¡Ya casi están listos para iniciar las primeras comunicaciones! Los antiguos telegrafistas, antecesores en la comunicación a distancia, separaban por un breve tiempo entre punto y raya (pulso de corta y larga duración) equivalente a un pulso. Para separar las letras se usa un tiempo equivalente a tres puntos y para separar palabras un tiempo de siete.

Nos organizamos para enviar mensajes desde el aula a otros espacios posibles de la escuela donde instalaremos nuestras estaciones. Tengamos paciencia porque el método requiere mucha práctica. Para ver y oír la velocidad que tenían las comunicaciones por parte del personal entrenado prueben frases en el siguiente link (¡que rápido!):

[Código morse traductor - Traductor morse \(morsedecoder.com\)](http://morsedecoder.com)

¡Muy bien! Trabajaron en este proyecto como científicos/as, matemáticos/as e ingenieros/as

Por último:

...- . - - .. - - - .. - . - .. - - - - ..