UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# Diseño de una estrategia educativa para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia, a través del uso de herramientas tecnológicas

**William Andrés Ardila Palacio**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2024

# Diseño de una estrategia educativa para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia, a través del uso de herramientas tecnológicas

**William Andrés Ardila Palacio**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director (a):
Ing. D., Carlos Iván Camargo Bareño
Codirector (a):
Ing. D., Oscar Rodríguez Bejarano

Línea de Investigación:
Aprendizaje de las Ciencias,
TIC y otros recursos para la Enseñanza / Ambientes de aprendizaje

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Bogotá, Colombia
2024

*A Carmen, mi abuela, quien, junto a mis padres, mis hermanas y hermano, y mi compañera de vida, me apoyaron e inspiraron para buscar este logro académico.*

# Agradecimientos

A mis directores los profesores Carlos Iván Camargo Bareño de la facultad de ingeniería y Oscar Rodríguez Bejarano de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, por su orientación y apoyo.

A Benjamín Mójica coordinador de la institución educativa distrital (IED) Colegio Panamericano, por su apoyo y gestión del espacio y tiempo para la validación con estudiantes.

# Resumen


## Diseño de una estrategia educativa para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia, a través del uso de herramientas tecnológicas

La propuesta de investigación está orientada al diseño de una estrategia educativa para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia. Como producto se plantea una secuencia de acciones, junto con los materiales y recursos educativos, propuestos como apoyo para el acercamiento de los estudiantes a este concepto y el reconocimiento de la redefinición aprobada en 2018 para su unidad de medida, el mol. El proceso implementó una metodología de investigación mixta con dominio cualitativo, y la estrategia educativa se orientó hacia una secuencia de pensamiento de diseño, basada en la experimentación del fenómeno de electrolisis y la relación de la cantidad de sustancia con los valores de voltaje, tiempo y carga eléctrica, incorporando el uso de dispositivos electrónicos (sensor de corriente INA, tarjeta ESP32), y herramientas tecnológicas para la construcción y visualización del código de programación, el cual se incluye en los recursos desarrollados y validados con estudiantes que ingresan a grado 11 en el colegio Panamericano (IED).


**Palabras clave:** ciencia y tecnología, enseñanza de ciencias, enfoque STEM, multidisciplinar, química, cantidad de sustancia, pensamiento de diseño.

# Abstract

## Design of educational strategy for the illustration of the concept of quantity of substance, through the use of technological tools

The research proposal is oriented to the design of an educational strategy for the illustration of the concept of quantity of substance, as a product a sequence of actions is proposed, together with educational materials and resources, proposed as support for the students' approach to this concept and recognition of the redefinition approved in 2018 for its unit of measurement, the mole. The process implemented a mixed research methodology with a qualitative domain, and the educational strategy was oriented towards a design thinking sequence, based on the experimentation of the electrolysis phenomenon and the relationship of the amount of substance with the values of voltage, time and electrical load, incorporating the use of electronic devices (INA current sensor, ESP32 card), and technological tools for the construction and visualization of the programming code, which is included in the resources developed and validated with students entering grade 11 in the Pan American school (IED)..

**Keywords:** science and technology, science teaching, STEM approach, multidisciplinary, chemistry, quantity of substance, design thinking.

pág.

# Contenido

**Introducción ....1**

**1 identificación de momentos históricos, conceptos y experimentos esenciales. ....3**
1.1. La cantidad de sustancia como magnitud y aprobación del Mol como su unidad 3
1.2. Contrastación, análisis e ideación .... 6
1.2.1. Exploración de referentes bibliográficos ....6
1.2.2. Exploración de práctica docente ....7

**2 Propuesta experimental ....14**
2.1. La separación del agua .... 14
2.1.1. Metas de aprendizaje ....15
2.1.2. Secuencia de actividades de aprendizaje ....15

**3 Uso de herramientas tecnológicas ....23**
3.1. Selección de herramientas, aplicaciones y recursos .... 24
3.2. Prototipo para medir cantidad de sustancia .... 29

**4 Validación ....35**
4.1 Diseño y verificación de recursos para la construcción del artefacto (celda) de electrolisis .... 35
4.2 Programación preliminar y Verificación de código .... 36
4.3 Validación in situ .... 39

**5 Conclusiones y recomendaciones ....49**
1.1 Conclusiones .... 49
1.2 Recomendaciones .... 50

**Anexo A: Participantes reconocimiento docentes ....51**

**Anexo B: Instrumento puntos de encuentro ....52**

**Anexo C: Guía de validación con estudiantes ....53**

**Bibliografía ....62**

# Lista de Figuras

**Figura 1-1: Procedimiento para convertir entre masa y número de unidades fórmula. ..... 7**

**Figura 1-2-1: Respuestas noción 1 ..... 8**

**Figura 1-2-2a: Respuestas noción 2 ..... 9**

**Figura 1-2-3a: Respuestas noción 4 ..... 10**

**Figura 1-2-3b: Respuestas noción 4 ..... 11**

**Figura 1-2-3c: Frecuencia estrategias y dispositivos para ilustración de conceptos de cantidad de sustancia ..... 12**

**Figura 3-1-1. Placa ESP32-DevKitM-1 ..... 25**

**Figura 3-1-2. Medición de tensión INA219 ..... 26**

**Figura 3-2-1 conexión placa ESP32 a módulo INA219 ..... 30**

**Figura 3-2-3 conexión pantalla OLED ..... 31**

**Figura 4-1 Diseño experimental base ..... 35**

**Figura 4-2 Diseño artefacto experimental propuesto ..... 36**

**Figura 4-3 confirmación de la instalación ..... 37**

**Figura 4-4 el lenguaje de programación de bloques Bipes ..... 37**

**Figura 4-5 código Python ..... 38**

**Figura 4-6 validación del funcionamiento del sensor ..... 38**

**Figura 4-7 pantalla OLED ..... 39**

**Figura 4-6 Grupo de estudiantes participantes ..... 40**

**Figura 4-7 Materiales ..... 40**

**Figura 4-8 Estudiantes compartiendo la guía ..... 41**

**Figura 4-9 Realizando el montaje ..... 42**

**Figura 4-10 Realizando el montaje ..... 42**

**Figura 4-11 Elaboración de montaje en grupo ..... 43**

**Figura 4-12 Impermeabilizando el montaje ..... 44**

**Figura 4-12 Disfrutando el experimento .....44**

**Figura 4-13 Confirmando el experimento .....45**

**Figuras 4-14 ,4-15 y 4-16 Realizando el experimento.....46**

# Lista de tablas

**Pág.**

**Tabla 1-1: Marcos de referencia ..... 3**

**Tabla 2-1 Instrumento de diagnóstico ..... 22**

**Tabla 2-1 Estrategia de evaluación del aprendizaje .....** ¡Error! Marcador no definido.

**Tabla 3-1. Ejemplo relación lenguaje de programación textual y por bloques ..... 28**

**Tabla 3-2 Código prototipo ..... 31**

**Tabla 4-1 materiales para experimento ..... 41**

**Tabla 4-2 Instrumento diligenciado ..... 48**

.

# Introducción

A finales del año 2018, en la XXVI reunión de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) se ratificó la redefinición de unidades para cada una de las magnitudes del Sistema Internacional, entre ellas la cantidad de sustancia; un avance con el cual la comunidad científica ajustó los patrones de medida. Para la enseñanza de las ciencias, este nuevo contexto representa un cambio, con la inclusión de la constante de Avogadro en la definición de la magnitud, y para la enseñanza de ciencias a nivel escolar, una oportunidad de fortalecer las acciones y materiales con los que se abordan estos conocimientos en los procesos educativos.

Al entrar en vigencia los postulados acordados por la CGPM, publicados en 2019 por La Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM según sus siglas en francés), la redefinición de mol será: El mol, cuyo símbolo es mol, es la unidad de cantidad de sustancia del SI de una entidad elemental especificada, que puede ser un átomo, molécula, ión, electrón, cualquier otra partícula o un grupo especificado de tales partículas. Se define asignando el valor numérico fijo de 6,02214076 x $10^{23}$ equivalente a la constante de Avogadro cuando ésta se expresa en la unidad mol $^{-1.}$ (Bureau International des Poids et Mesures – BIPM, 2019, p. 14)

Quedará entonces relegado el postulado de *"es la cantidad de átomos que hay en 0,012 kg de carbono 12"*; una proporción que promovía el uso del equivalente gramo como unidad de medida, y se establece un cambio con la inclusión de la constante de Avogadro en la definición de la magnitud; con lo cual la comunidad científica internacional busca diferenciar la cantidad de sustancia de la masa.

Este nuevo panorama demandará cambios en los materiales, libros de texto y recursos de apoyo empleados para el desarrollo de los procesos de aprendizaje; en los cuales será necesario actualizar esta definición y presentar la metodología con la cual se logró establecer la constante de Avogadro. Si bien, teóricamente la magnitud de cantidad de sustancia se ha relacionado con el número de Avogadro y el mol; actualmente las prácticas escolares para ilustrar el concepto se siguen basando en el uso de la balanza y procesos más cercanos al patrón de Kilogramo.

Según Furió y Padilla (2003), la exploración de los componentes elementales de las sustancias y la estequiometría han jugado un papel fundamental en la evolución de la química como ciencia moderna; la investigación en estos campos promovió avances como

la notación química o el reconocimiento de los mecanismos y circunstancias que explican las reacciones químicas; temas fundamentales para lograr una buena comprensión de esta disciplina.

Otro factor importante a considerar es el desarrollo tecnológico actual y la naturaleza transdisciplinar de la magnitud; Según Lax, P. (citado por Hall, A., Barnas, A., & Genaro, P. 2018):

La mayoría de las disciplinas científicas parecen beneficiarse del modelado, el análisis y la visualización por computador y, de hecho, la importancia de la computación ha cambiado el paradigma de la investigación científica para incluir la simulación, junto con el experimento y la teoría, como una técnica científica fundamental. (p. 15)

Si a esto le sumamos que diferentes organizaciones (ONU, OEI, MinEducación, entre otras) han expresado la necesidad de fomentar el aprendizaje de lenguajes de programación como una habilidad para la vida y una prioridad universal. Surge entonces la pregunta que orienta esta propuesta de investigación; ¿Qué conceptos, prácticas, y situaciones problema son esenciales para el diseño de una estrategia que permita a los estudiantes de grado decimo ilustrar la definición de cantidad de sustancia a través del desarrollo de prácticas experimentales basadas en el uso de herramientas tecnológicas?

La propuesta de investigación que se presenta a continuación está orientada al diseño de una estrategia educativa para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia. Como producto final se espera plantear una caja de herramientas dotada con materiales y recursos educativos de apoyo, que apoyen los procesos educativos y el acercamiento de los estudiantes a la redefinición aprobada para la unidad: “mol”, y desarrollar prácticas experimentales con enfoque transdisciplinar a través del uso de herramientas tecnológicas (sensores, microprocesadores o simulaciones, entre otras) incorporando conocimientos de ingeniería.

Para el desarrollo de la propuesta se implementó una metodología de investigación mixta con dominio cualitativo y se proyectan tres fases de desarrollo, cada una con actividades específicas de recolección de información, análisis y diseño, y la estrategia educativa se orientó hacia una secuencia de pensamiento de diseño, basada en la experimentación del fenómeno de electrolisis y la relación de la cantidad de sustancia con los valores de voltaje, tiempo y carga eléctrica, incorporando el uso de dispositivos electrónicos (sensor de corriente INA, tarjeta ESP32), y herramientas tecnológicas para la construcción y visualización del código de programación, el cual se incluye en los recursos desarrollados y validados con estudiantes que ingresan a grado 11 en el colegio Panamericano (IED).

# 1 Capítulo 1: identificación de momentos históricos, conceptos y experimentos esenciales.

La propuesta de investigación inició con la exploración del proceso histórico que confluyo en la inclusión de la cantidad de sustancia como una magnitud en los años 60 y la redefinición de su unidad de medida: el mol, en el año 2018. Reflexionando en las necesidades que justifican su existencia y el proceso que edificó este conocimiento científico; una historia que involucra momentos trascendentales e investigadores que establecieron los principios de la ciencia moderna. (Fernández et al., 2005; Padilla y Furió, 2008). En esta fase se plantea un estudio exploratorio[1] de tipo correlacional.

## 1.1. La cantidad de sustancia como magnitud y aprobación del Mol como su unidad

Al abordar el estudio de la cantidad de sustancia, es posible encontrar principalmente dos visiones de referencia, con descripciones que difieren entre sí: por una parte, se encuentra la visión equivalentista en la cual para determinar la cantidad de las sustancias introduce el peso equivalente como unidad y el número de equivalentes como magnitud; la otra visión, es el contexto atomista en el que se plantea la cantidad de sustancia como magnitud y el mol como su unidad (Tabla 1-1).

Tabla 1-1: Marcos de referencia

| **Marco de referencia** | **Equivalentista** | **Atomista** |
|---|---|---|
| **Magnitud** | Número de equivalentes | Cantidad de sustancia |
| **Unidad** | Peso equivalente | El mol |

[1] *los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.* (Hernández Sampieri & Mendoza, 2020, pág. 145)

Dos nociones asociadas inicialmente a la discusión sobre proporciones definidas (Proust) o variables (Berthollet - Richter) los cuales intentan definir las características de un compuesto químico, y dar respuesta a ¿qué es una sustancia desde el punto de vista macroscópico?

Posteriormente, en 1808 John Dalton (1766-1844) hace uso tanto de la ley de Proust como de la ley de Richter para formular su hipótesis atómica, sugiere que las combinaciones químicas se efectúan mediante unidades discretas, átomo a átomo, y que los átomos de cada elemento son idénticos. Aparte de explicar la ley de Proust, Dalton deriva del marco teórico una nueva hipótesis, la de las proporciones múltiples.

Furió (2003) en su artículo; *La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la cantidad de sustancia" y el "mol".* Presenta un panorama en el cual, el primero en dar a conocer la hipótesis atómica de Dalton es Thomas Thomson en 1807, quien se convirtió en un gran defensor de esta hipótesis. Pero, así como Thomson la adoptó como suya, también hubo quienes no la aceptaron, uno de estos fue William H. Wollaston quien popularizó el término "equivalente", Wollaston en un trabajo publicado en 1814, determinó los pesos equivalentes tomando como unidad el peso de oxígeno combinado y publicó una larga tabla de pesos equivalentes. Es importante notar que para el cálculo de sus 'pesos equivalentes', Wollaston sí estaba considerando el número de átomos de cada elemento presentes en la fórmula y no sólo la proporción en masa de los elementos que se combinan; concluyendo que los 'pesos equivalentes' de Wollaston son semejantes a las 'masas atómicas' de Dalton, pero tomando como referencia el del oxígeno.

La determinación de los pesos atómicos permitió a los científicos de la época establecer comparaciones entre compuestos (Bensaude-Vincent, Stengers, & Knight, 1997). Jöns Jacobs Berzelius (1779-1848) implementa una nueva nomenclatura en función de la inicial o las dos primeras letras del nombre latino de cada elemento (nomenclatura moderna) y estas letras representan un volumen de la sustancia. En 1808, Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), al repetir el experimento de Cavendish de formación de agua, notó que el hidrógeno y el oxígeno se combinaban en una relación de 2:1 en volumen, siendo su error experimental menor del 0.1%. Además, al realizar diferentes experimentos con otros gases notó que para el producto resultante de la reacción (si como en el caso del agua era gas o vapor a la temperatura del experimento) su volumen estaba relacionado de manera sencilla con los volúmenes de los elementos reaccionantes. De esta manera llegó a la siguiente conclusión: "Me parece que los gases se combinan siempre en las proporciones más simples cuando actúan uno sobre otro; y hemos visto en realidad en todos los ejemplos anteriores que la razón de combinación es 1:1, 1:2 ó 1:*3*" (citado por Holton y Brush, 1963). Dalton no aceptó los resultados de Gay-Lussac, ya que al replicar los experimentos obtenía números no enteros. Gay-Lussac redondeó sus datos experimentales y esto para Dalton era una discrepancia no un error experimental despreciable, siendo así que él había obtenido sus resultados con errores experimentales mucho más elevados que los de Gay-Lussac (Holton & Brush, 1963).

En 1811, Amedeo Avogadro (1778- 1856), basado en las conclusiones de Gay-Lussac y el modelo cinético de los gases de Bernoulli, formula una primera hipótesis 'En condiciones iguales de temperatura y presión, volúmenes iguales de gases diferentes contienen el mismo número de moléculas'. Con este planteamiento, además de darle la razón a Gay-

Lussac, Avogadro da a los resultados experimentales un fundamento teórico que los hace coherentes y convincentes. En su segunda hipótesis, que no fue aceptada por la comunidad científica hasta el Congreso de Kalsruhe en 1860, propone la existencia en sustancias simples gaseosas de moléculas formadas por dos o más átomos iguales.

El desarrollo de técnicas de determinación de pesos atómicos dio paso, en 1819, a la ley empírica de Doulong y Petit, según la cual el producto entre el calor específico de un elemento y su masa atómica había de ser una constante. Esta ley permitía obtener las masas atómicas a partir de la medida del calor específico del elemento en estado sólido. Doulong y Petit toman como referentes los pesos atómicos obtenidos por Berzelius para comparar sus resultados. Sin embargo, a pesar de que este método funcionaba bien con metales, fallaba en los casos del berilio, boro, silicio y carbono (Colmant, 1972).

Hasta la década de 1860 seguía habiendo tensiones entre los paradigmas equivalentista y atomista, pero no se habían manifestado públicamente. No había consenso en el uso de una nomenclatura determinada y conceptos como átomo, molécula, átomo-gramo, molécula-gramo y peso equivalente; causaban una enorme confusión. El problema más grave se presentaba en la química orgánica, ya que el uso de diferentes fórmulas para un solo compuesto creaba confusiones y divergencias entre la comunidad científica.

Fue en 1860, cuando August Kekulé con la ayuda de Adolf Wurtz y Karl Weltzein convocaron al primer congreso internacional de químicos que se llevó a cabo en Karlsruhe (Alemania) y cuyo principal objetivo era la búsqueda de un consenso en la nomenclatura química a utilizar, como resultado de este Congreso se reconoce la importancia de la hipótesis de Avogadro, aceptándose que las moléculas, incluso en una sustancia simple gaseosa, pueden estar formadas por varios átomos iguales.

Posteriormente, en 1960, durante la reunión de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), la comunidad científica establece la cantidad de sustancia como magnitud, y la incluye en el Sistema Internacional de Unidades. A inicios de años los 70 adopta el mol (una unidad conocida desde los inicios del siglo XX para indicar la cantidad de partículas presentes en un compuesto); como una unidad de medida relacionada con las mediciones químicas; su comprensión se basa en, como la teoría atómica ha logrado mostrar que *los procesos químicos son el fruto de interacciones que tienen lugar entre entidades elementales discretas (átomos, moléculas, iones…) que intervienen en proporciones determinadas y en general muy simples*.

En el estudio de un cambio químico, interesa conocer además de cuáles son las sustancias que intervienen, cuáles son las entidades elementales que interactúan y en qué proporción lo hacen, una información necesaria para planificar procesos. La inclusión de la cantidad de sustancia como magnitud, en definitiva, se remite a la teoría atómico-molecular y a una doble necesidad: manejar sustancias específicas y facilitar el manejo del elevado número de entidades elementales de dichas sustancias que intervienen en un proceso real para, por ejemplo, realizar cálculos estequiométricos.

## 1.2. Contrastación, análisis e ideación

Luego del reconocimiento de contexto histórico, se realizó una exploración de recursos y se exploraron las percepciones de un grupo de docentes, retomando aspectos de la pregunta que orienta esta propuesta de investigación; ¿Qué conceptos, prácticas, y situaciones problema son esenciales para el diseño de una estrategia que permita a los estudiantes de grado decimo ilustrar la definición de cantidad de sustancia a través del desarrollo de prácticas experimentales basadas en el uso de herramientas tecnológicas?

Las respuestas al ejercicio permitieron orientar el diseño de las acciones propuestas y fortalecieron el reconocimiento del contexto con respecto a la pregunta problema y los objetivos de la propuesta

### 1.2.1. Exploración de referentes bibliográficos

Se consultaron referentes bibliográficos posteriores a 2020 y se ajustó la búsqueda a los siguientes parámetros.

- Definición de cantidad de sustancia
- Concepto de mol

Según el libro; Química: La Ciencia Central (Brown, 2021), Un mol es:

La cantidad de materia que contiene tantos objetos (átomos, moléculas o cualquier otro objeto que estemos considerando) como el número de átomos en exactamente 12 g de $^{12}C$ isotópicamente puros. Por medio de experimentos, los científicos han determinado que este número es $6.0221415 * 10^{23}$, que normalmente redondeamos a $6.02 * 10^{23}$. Los científicos llaman a este valor el número de Avogadro, NA, en honor al científico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856), y a menudo se cita con unidades de moles recíprocos, $6.02 * 10^{23}$ $mol^{-1}$, nos recuerda que hay $6.02 * 10^{23}$ objetos por cada mol. Un mol de átomos, un mol de moléculas o un mol de cualquier otra cosa contiene el número de Avogadro de esos objetos (pág. 86).

El concepto de mol proporciona el puente entre la masa y el número de partículas (figura 1-1),

**Figura 1-1:** Procedimiento para convertir entre masa y número de unidades fórmula.

Fuente. Química: La Ciencia Central (Brown, 2021) p. 93

Otro referente el libro; Principios básicos de química (Salietti Vinué, Gray, & Haight, 2021) de editorial Reverté presenta la siguiente definición:

Mol. Era necesario definir una cantidad conveniente que representara un número dado de moléculas. Al principio, esta cantidad, llamada mol, se definió simplemente como el peso de una substancia expresado en gramos, numéricamente igual al peso molecular que se le asignó. Debido a esta definición, se llamó antiguamente peso atómico-gramo al peso de un mol de átomos (también átomo-gramo), y peso molecular-gramo (o mol-gramo) al mol de moléculas diatómicas o poliatómicas de un elemento o compuesto. Así, 32 g de oxígeno constituyen 1 mol de moléculas $0_2$, y un mol de moléculas $H_2$ es igual a 2g. Aunque cuando se definió el mol nadie sabía cuántas moléculas contenía, se ha determinado por varios medios que son 6,023 X $10^{23}$ moléculas. Este número se llama número de Avogadro y tiene el símbolo N. (pág. 1- 25)

Es importante resaltar que, en los libros anteriormente citados, no se encuentran referentes frente a los conceptos de: magnitud, ni del proceso que generó la definición del mol como unidad de la cantidad de sustancia.

## 1.2.2. Exploración de práctica docente

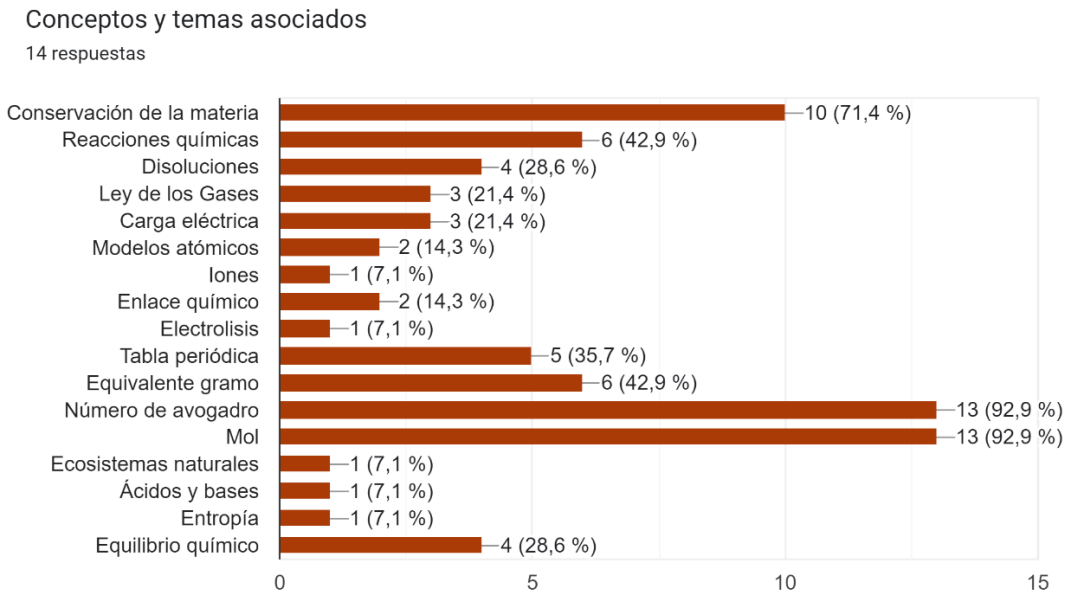
En esta fase se plantea un estudio exploratorio de tipo correlacional; empleando como instrumento una encuesta en formato digital, dirigida a docentes de química, los aspectos a identificar corresponden a los siguientes parámetros.

- Definición de cantidad de sustancia
- Concepto de mol
- Conceptos asociados
- Herramientas digitales de apoyo.

**Noción 1:** Conceptos y marco teórico asociado con la ilustración del concepto de cantidad de sustancia.

**Orientación:** Seleccione de la lista de opciones, los temas que considera esenciales para abordar el concepto de cantidad de sustancia con los estudiantes.

**Figura 1-2-1**: Respuestas noción 1.




**Análisis**: Acorde con Rogado, (2004), es posible revalidar la hipótesis que, a nivel de educación secundaria y media, la magnitud cantidad de sustancia y su unidad, el mol, se relaciona con temáticas como la ley de la composición de la materia, teoría atómica, leyes ponderales, reacciones químicas, análisis de materiales y estequiometria, entre otros; resaltando su asociación principalmente con la noción de masa y la unidad de equivalente gramo (6).

Se identifica una baja selección del proceso de electrolisis (1), del concepto de iones (1), la ley de los gases (3) y la carga eléctrica (3), opciones que se asocian con las leyes de Faraday, lo cual, como se abordara en el siguiente capítulo representa una oportunidad para incorporar el concepto de cantidad de sustancia, junto con su unidad de medida el mol, y determinar experimentalmente su valor.

**Noción 2:** Momentos históricos asociados

**Orientación**. Valore los siguientes hechos históricos según su importancia en el proceso de construcción del concepto de cantidad de sustancia (1 es irrelevante, y 5 corresponde a la mayor importancia).

**Figura 1-2-2a**: Respuestas noción 2.

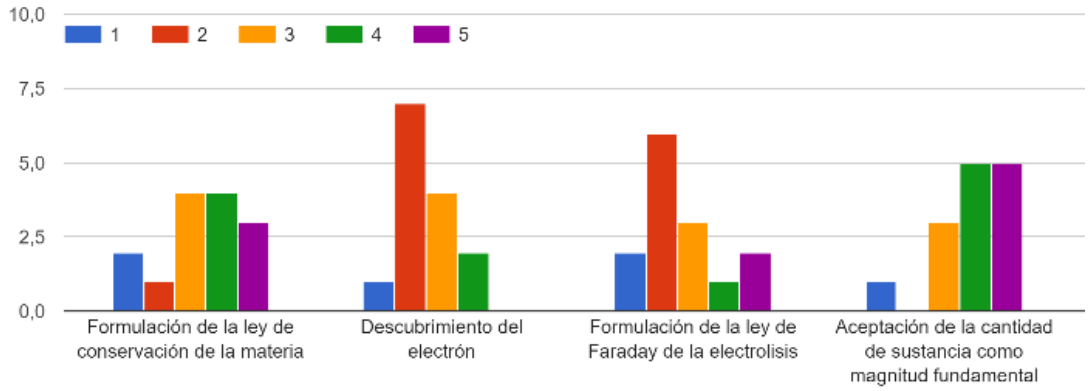
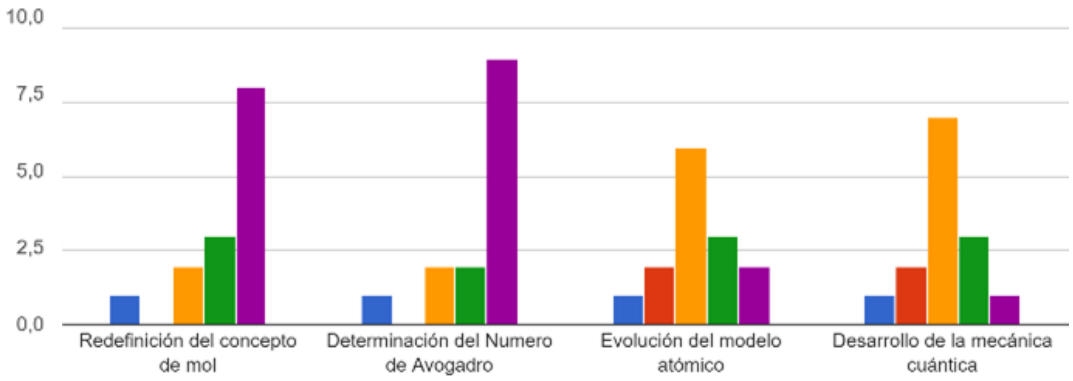



**Figura 1-2-2b:** Respuestas noción 2




**Análisis:** Identificar algunos de los momentos históricos que asocian los docentes en sus prácticas educativas con la definición de cantidad de sustancia, permite determinar escenarios, situaciones problema y contextos cotidianos, relacionados desde un enfoque transdisciplinar.

Para los docentes participantes resultan de mayor importancia el proceso de redefinición del concepto de mol y la determinación del número de Avogadro, dos hechos históricos que recibieron nuevos aportes y hacen parte de los aspectos ajustados en la redefinición realizada por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), en los cuales hará énfasis el diseño de la estrategia educativa y del proceso experimental.

La aceptación de la cantidad de sustancia como magnitud fundamental y la formulación de la ley de la conservación de la materia, son momentos con un nivel de importancia medio, exhibiendo la necesidad de abordar estos hechos en el proceso de construcción del concepto de cantidad de sustancia, siendo relevantes, pero no fundamentales, y en los planes curriculares, son avances de la ciencia que se exploran de manera transversal con otras disciplinas, como física.

En cuanto a la formulación de la ley de Faraday sobre la electrolisis y el descubrimiento del electrón, se identifica una baja asociación con el concepto de cantidad de sustancia y de importancia para el proceso; lo cual representa una oportunidad para incorporar en el diseño de la estrategia educativa el concepto, junto con su unidad de medida el mol, y alternativas para determinar experimentalmente su valor.

**Noción 3:** El concepto de cantidad de sustancia y mol

- **Orientación 1**. Defina ¿Qué es cantidad de sustancia?
- **Orientación 2**. Defina ¿Qué es el Mol?

**Análisis:** El objetivo principal de indagar acerca de la noción de cantidad de sustancia y el mol, se orientó a identificar la relación del mol como unidad de medida de la cantidad de sustancia equivalente al número de Avogadro y la tipificación de está como una unidad fundamental del sistema internacional de pesos y medidas. Bajo este alcance, en las respuestas obtenidas, dos participantes (2/12) enunciaron explícitamente estos aspectos, en cuanto a las otras respuestas se identificó una noción acorde con la definición como “número de átomos, iones o moléculas” para cantidad de sustancia. Respecto del mol, la definición se asocia de manera general como unidad de medida de la cantidad de sustancia, y dos participantes (2/12), explícitamente con el peso atómico y la proporcionalidad con la masa de Carbono 12.

Estos hallazgos representaron un respaldo a la propuesta y las necesidades de actualización conceptual, experimental y tecnológica, identificadas en la formulación de este trabajo de grado donde se espera aportar desde la construcción de una estrategia educativa, basada en la actualización e interpretación de los ajustes del concepto de cantidad de sustancia y su unidad de medida, el mol.

**Noción 4:** Recursos y herramientas de apoyo

**Orientación:** Valore los siguientes recursos de apoyo según su frecuencia de uso para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia (1 es nunca y 5 es permanentemente).

**Figura 1-2-3a:** Respuestas noción 4

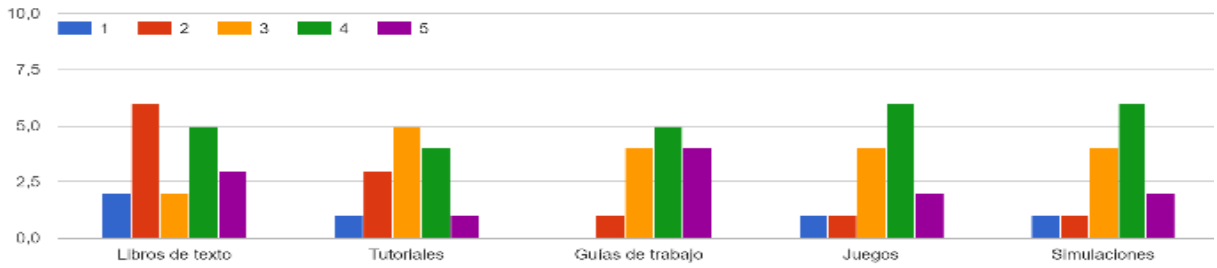
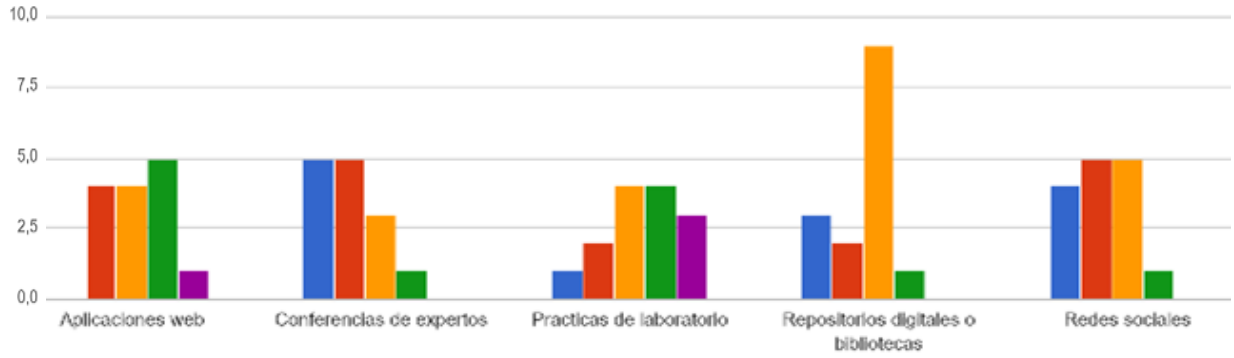


**Figura 1-2-3b:** Respuestas noción 4



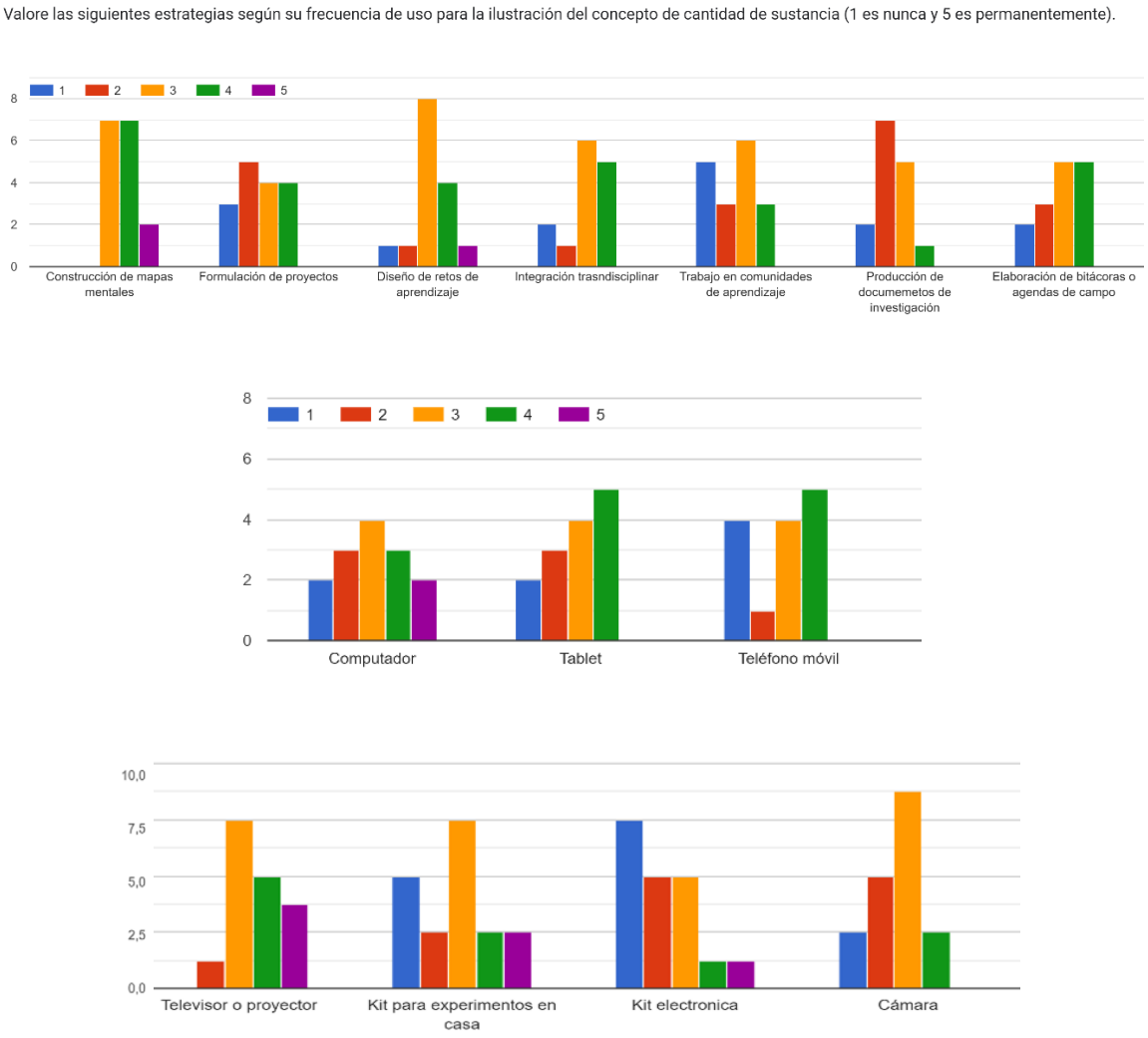

**Análisis:** El objetivo principal de esta noción se orientó a identificar recursos y herramientas digitales de uso abierto (software, librerías y repositorios), que promuevan el acercamiento de los estudiantes al concepto y el seguimiento e interacción con el docente.

Se resaltan los libros de texto, guías de trabajo y prácticas de laboratorio como la de mayor frecuencia de uso para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia, los cuales como se indicó en el apartado anterior de revisión documental, se orientan principalmente a la relación de proporcionalidad con las unidades de masa y manejan un contexto histórico limitado frente al proceso para la definición como magnitud fundamental.

En cuanto a las alternativas de simulaciones, juegos y aplicaciones web se reconocen como recursos de apoyo con un gran potencial, que debe ser explorado, lo cual, fortalece la pertinencia de esta propuesta de investigación.

Las conferencias de expertos exploración de repositorios digitales y apoyo a través de redes sociales, presentaron una valoración nula, evidenciando su falta de uso y dificultades para su acceso.

**Figura 1-2-3c:** Frecuencia estrategias y dispositivos para ilustración de conceptos de cantidad de sustancia




**Análisis:** El objetivo principal de esta noción se orientó a identificar estrategias y dispositivos que promuevan el acercamiento de los estudiantes al concepto de cantidad de sustancia

Se resalta el uso de estrategias basadas en la elaboración de mapas conceptuales, de dispositivos como el computador y el televisor o proyector, como los de mayor frecuencia de uso para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia.

En cuanto a diseño de retos de aprendizaje y el uso de kits, se valoran como una estrategia y dispositivos de apoyo con un gran potencial para fortalecer el diseño de recursos de apoyo para esta propuesta de investigación.

**Referencias técnicas y principales hallazgos:**

La consulta se realizó a través de la plataforma de formularios en línea GoogleForms, que hace parte del paquete de servicios de Google, asociados al correo institucional, y contó con la participación de doce (12) docentes (ver Anexo A).

El análisis de la información recopilada establece una perspectiva documental y en los docentes cercana con el problema de investigación planteado, dado que, se orientan principalmente a la relación de proporcionalidad con las unidades de masa y manejan un contexto histórico limitado frente al proceso para la definición como magnitud fundamental. Y ratifican la necesidad de exploración de alternativas educativas que fomenten el acercamiento de los estudiantes al concepto de cantidad de sustancia, como una oportunidad para articular saberes de diferentes ciencias, tecnología e ingeniería, con experiencias que no demanden altos costos, puedan ser retomados en diferentes momentos del proceso educativo, se adapten a los planes curriculares y promuevan la emoción, la novedad y la investigación como oportunidades para el fortalecimiento de las estrategia educativa a diseñar.

# 2 Capítulo 2 Propuesta experimental

De acuerdo con Sears (1967), en 1811, Amadeo Avogadro planteó que, si se tienen volúmenes iguales de diferentes gases a la misma temperatura y presión, estos contienen la misma cantidad de partículas. Esta hipótesis fue aceptada por los científicos de la época; sin embargo, Avogadro murió sin lograr determinar cuantitativamente el valor de la cantidad de partículas presentes en un mol, tiempo después gracias al descubrimiento del valor de la carga del electrón determinada por Millikan ($1.6019*10^{-19}$ Coulomb/electrón), junto con La ley de Faraday, se planteó un posible método para determinar el número de Avogadro partiendo de las equivalencias:

1 mol de electrones ($e^-$) = 1 Faraday (F)

1 Faraday (F) = 96485,33 Coulomb (C)

carga del electrón *e* = $1.6019x10^{-19}$ Coulomb (C)

Tomando como referencia el proceso de electrólisis, y esta relación cuantitativa, el diseño de la propuesta metodológica se enfocó en promover la experimentación basada en la relación de la cantidad de sustancia con la carga eléctrica, como estrategia para el reconocimiento de las propiedades de la materia y características específicas de una entidad elemental, que puede ser un átomo, molécula, ión, electrón o cualquier otra partícula.

El proceso incluyó la formulación de metas de aprendizaje y de acciones para el reconocimiento de dificultades, características contextuales y concepciones alternativas de los estudiantes, definición de los propósitos de enseñanza, recursos curriculares, estrategias de seguimiento y estructuración de la propuesta cronológica para la organización de actividades de aprendizaje.

## 2.1. La separación del agua

Para el desarrollo de la propuesta se planteó una metodología basada en el diseño (o estudios de diseño), que abordó el constructo de “ambiente de aprendizaje” como el escenario epistémico donde se desarrollan el proceso de aprendizaje de un contenido específico y los medios para apoyarlo y organizarlo. Incluye los siguientes elementos:

metas de aprendizaje, dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes, propósitos de enseñanza, características contextuales, recursos curriculares, estrategias y modelos de enseñanza, estrategias de evaluación y secuencias de actividades de aprendizaje; manteniendo la estructura lógica de interrogantes direccionados y articulados con el propósito de generar una teoría relevante, apoyada en literatura desarrollada de forma sistemática y que sustenta la investigación científica (The Desing Based Research Collective, 2003, citado por Candela, 2019).

Candela, Boris F. (2019); en su publicación “Los estudios de diseño una metodología de investigación novedosa para la educación”, identifica las siguientes características como fundamentales en el diseño:

a) La meta central es armonizar el diseño de ambientes de aprendizaje y el desarrollo de teorías de dominio específico del aprendizaje.

b) El desarrollo e investigación toma lugar a través de ciclos continuos de diseño, implementación, análisis y rediseño (ver Cobb, P. (2000), Collins, A. (1992)).

c) La investigación del diseño orienta teorías compatibles que ayudan a comunicar implicaciones relevantes para los profesionales y diseñadores educativos.

d) La investigación debe considerar cómo el diseño funcionaría en auténticos escenarios, es decir, esta no solo documenta el éxito o el fracaso, también se focaliza en las interacciones que refinan la comprensión de los temas de aprendizaje implicados.

e) El valor de la investigación basada en el diseño educativo es relacionado con el impacto en la enseñanza de un concepto específico en la práctica educativa (diseño y enseñanza). (p.140)

### 2.1.1. Metas de aprendizaje

Promover, a través de la propuesta metodológica de pensamiento de diseño, la experimentación basada en la relación de la cantidad de sustancia con el Voltaje e Intensidad, como estrategia para el reconocimiento de las propiedades de la materia y características específicas de una entidad elemental que puede ser un átomo, molécula, ión, electrón, o cualquier otra partícula.

### 2.1.2. Secuencia de actividades de aprendizaje

El proceso puede ser recogido en los siguientes momentos:

**Momento 1 Electrólisis del agua:** en este proceso se utiliza la energía eléctrica para inducir una reacción química, al observar el agua contenida en un vaso en condiciones normales (1 atm y 25 °C), es posible corroborar a simple vista que no se descompone de manera espontánea en hidrógeno ($H_2$) y oxígeno ($O_2$), pero es demostrable que cuando un

compuesto en solución recibe una corriente eléctrica es posible la disociación y cuantificación de los iones que lo conforman.

**Procedimiento experimental:** Este proceso se realiza en un dispositivo denominado celda electrolítica, para iniciar, los estudiantes, en grupos, deben construir la celda electrolítica, utilizando los siguientes materiales:

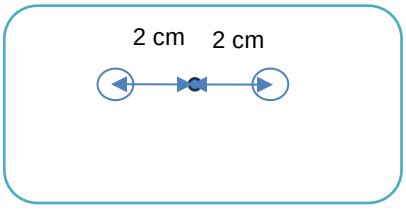
- Taza plástica transparente de base plana
- Dos (2) jeringas plásticas graduadas de 20 ml
- Cargador de 12V
- Dos (2) minas de lápiz preferiblemente de 2 mm
- Pistola para silicona y barras de silicona
- Dos (2) Palos de balso de 2 cm
- Un (1) LED 12 V
- Cables conectores de caimán
- Multímetro
- Agua
- Hidróxido de Sodio

**Ensamble:** Para el diseño de la experiencia de aprendizaje se parte de la adaptación de la práctica de electrolisis propuesta por el Docente Marco Fidel Suarez de la Universidad Nacional de Colombia, en su canal de YouTube Aprendiendo química con Marco: Química en acción.

1. Conecte la pistola de silicona y deje calentar por 5 minutos aproximadamente.

2. Tome la taza plástica e identifique tentativamente un punto central del recipiente, luego en línea recta marque 2 puntos el primero a 2 cm a la izquierda y el segundo a 2 cm a la derecha.

3. Empleando la punta de la pistola caliente, realice dos orificios la taza plástica para introducir la punta de las jeringas, (verifique que los orificios tengan un diámetro cercano o similar al de las jeringas para que quede ajustado).




4. Tome la mina para lápiz e incrústela por la punta de la jeringa hasta que se alinee con la marca de 5 ml, fije la mina en ese punto, empleando silicona; repita este proceso con la otra jeringa (puede recortar las minas manteniendo como mínimo dos centímetros de mina que sobresale de la jeringa).

5. Ubique las jeringas en los orificios de la taza plástica y fíjelas empleando silicona.

6. Empleando los palos de balso construir una base para sostener la cuba electrolítica y elevarla 7 cm sobre la superficie, aproximadamente.

**Prueba:**

1. Agregar 100 ml de agua y verificar que la cuba electrolítica no tiene filtraciones, luego continuar agregando agua hasta llenar a la mitad de la altura del recipiente.

2. Alinear los émbolos de cada una de las jeringas con la marca de 15 ml.

3. Conectar el cargador a los electrodos (minas) por la parte que sobresale de la jeringa, luego conectar a la fuente de electricidad (toma de corriente) y observar por tres (3) minutos, apague la fuente de alimentación y desconecte los cables.

4. Agregar un 1 gr de soda cáustica común (hidróxido de sodio -NaOH-), luego conectar el cargador a la fuente de electricidad (toma de corriente) y observar por tres (3) minutos, apague la fuente de alimentación y desconecte los cables.

5. Retirar con precaución el émbolo de una de las jeringas y empleando un encendedor acercar la llama a la parte superior de la jeringa (prueba de llama); repita este proceso con la otra jeringa.

6. Describir lo observado (Aprendiendo química con Marco: Química en acción, 2021).

**Momento 2: Exploración del camino recorrido**

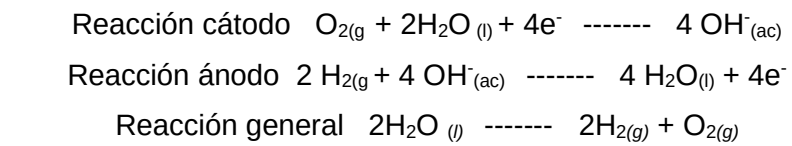
Continuando el proceso para lograr las metas de aprendizaje, es importante fortalecer los fundamentos con una revisión histórica y documental, en la cual se hallan trabajos de varios científicos que aportan a la definición los aspectos fundamentales para fortalecer las respuestas a las preguntas relacionadas con las propiedades de la materia y el proceso para determinar la cantidad de sustancia en un compuesto.

**Electrolisis:** según Chang (2011) la electrólisis utiliza la energía eléctrica para inducir una reacción química no espontánea. Retomando los resultados de la experimentación; cuando se conectan los electrodos sumergidos únicamente en agua pura, no se observa ningún cambio o reacción, porque en el agua pura no hay suficiente cantidad de iones para lograr una buena cantidad de corriente eléctrica.

En contraste en la segunda prueba, la reacción de disociación del agua se llevará a cabo en presencia del hidróxido de sodio (NaOH) presente en la sal de cocina o agregando ácido sulfúrico ($H_2SO_4$), entre otros, porque su adición genera una disolución que tiene la cantidad de iones suficiente para conducir la electricidad, como podrá observarse, se

confirma la reacción cuando al conectar el cargador de inmediato se evidencia la formación de burbujas en los electrodos.

La reacción general se presenta a continuación:




De acuerdo con Whitten (2008):

- **Ánodo**. Es el electrodo donde ocurre la oxidación o pérdida de electrones.
- **Cátodo**. Es el electrodo donde ocurre la reducción o ganancia de electrones que se pierden en el ánodo.
- **Agente oxidante**. Es la especie química que se reduce y propicia que otra sustancia se oxide.
- **Agente reductor.** Es la especie química que se oxida y favorece la reducción de otra sustancia.

**Ley de Faraday de la electrólisis:** la cantidad de sustancia depositada, liberada, disuelta o que reacciona con un electrodo es igual al número de faradays de electricidad que han pasado a través del electrolito (1 faraday equivale a una cantidad de electricidad igual a 96519 Coulomb, El coulomb es la unidad de carga del SI. La magnitud de un coulomb se deriva del ampere, y se define como la cantidad de carga que fluye en un segundo cuando la corriente es de 1 ampere.).

- 1 mol de electrones ($e^-$) = 1 Faraday (F)
- 1 Faraday (F) = 96485,33 Coulomb (C)
- 1 coulomb (C) = 1 Ampere (A) /1 segundo (s)

Retomado la experiencia anterior con el hidróxido de sodio, luego conectar el cargador a la fuente de electricidad (toma de corriente) y observar por tres (3) minutos. Teóricamente, es posible calcular la cantidad de moles (N) de hidrógeno que se producen en la reacción:

La carga transferida al electrodo (q), se establece por la relación de la intensidad eléctrica (I) medida en ampere (A) y el tiempo (t) medido en segundos (s)

$$I\ (A) = q\ (C) / t\ (s)$$

$$q\ (C) = I\ (A) * t\ (s)$$

$$q = 12\ A * 180\ s$$

$$q = \mathbf{2160\ C}$$

Luego; 1 faraday (F) equivale a una carga transferida al electrodo (q), igual a 96485,33 Coulomb (C)

$$\#\ Faraday = 2160\ C * \frac{1\ F}{96485{,}33\ C}$$

$$\#\ Faraday = 0.0223\ F$$

Por último, la cantidad de sustancia depositada, liberada, disuelta o que reacciona con un electrodo expresada en moles (n), es igual al número de Faradays de electricidad que han pasado a través del electrolito.

$$1\ faraday\ (F) = 1\ mol\ de\ e^-$$

$$0.0223\ F = 0.0223\ mol\ de\ e^-$$

Retomando los datos de la ecuación de la reacción:

$$4\ [H^+_{(ac)} + e^-\ \text{-------}\ 1/2\ H_{2(g)}]$$

Entonces:

$$n\ mol\ de\ H_2 = 0.0223\ mol\ de\ e^- \left(\frac{\frac{1}{2} mol\ de\ H_2}{1\ mol\ de\ e-}\right)$$

$$n = 0.01115\ mol\ de\ H_2$$

$$n = 1{,}115 * 10^{-2}\ mol\ de\ H_2$$

**¿Cómo estableció Faraday la equivalencia de la carga de electricidad con el mol?**

En 1660 Robert Boyle comprobó que, en los gases, cuando se mantiene constante la temperatura (T), de una cantidad de sustancia (n) y se varía la presión ejercida por el gas, su volumen también varía, de tal manera que el producto de la presión (p) y el volumen (v) es constante.

**P * v = constante**

Posteriormente, en 1802 Joseph Louis Gay-Lussac, estudió la relación entre el volumen y la temperatura de un gas, estableciendo una relación cuantitativa a través de una constante que denominó *coeficiente de dilatación térmica*, estos hallazgos sumados a la demostración que en condiciones normales un (1) mol (molécula – gramo) de cualquier gas ocupa un volumen de 22,415 litros.

22,415 l = 1 mol

Permite relacionar el volumen de gas generado en el proceso de electrólisis con la cantidad de sustancia (n) y otras magnitudes a través de la ecuación de gases ideales.

**pV = nRT**

Dónde: presión (p), volumen (v), cantidad de sustancia (n), temperatura (T) y R es la constante universal de los gases ideales; equivale a (0.08207 litros-atmosferas/mol-°Kelvin).

Entonces, basado en estas premisas es posible concluir que en el proceso de electrólisis; cuando se generan 22,415 litros de gas en un electrodo, equivalen a un (1) mol de la sustancia, y por tanto también, son equivalentes a un (1) faraday de electricidad que ha pasado a través del electrolito.

**Hipótesis de Avogadro:** De acuerdo con Sears (1967), en 1811, Amadeo Avogadro planteó que, si se tienen volúmenes iguales de diferentes gases a la misma temperatura y presión, estos contienen la misma cantidad de partículas. Esta hipótesis fue aceptada por los científicos de la época; sin embargo, Avogadro murió sin lograr determinar cuantitativamente el valor de la cantidad de partículas presentes en un mol, tiempo después gracias al descubrimiento del valor de la carga del electrón determinada por Millikan ($1.6019*10^{-19}$ Coulomb/electrón), junto con La ley de Faraday, se planteó un posible método para determinar el número de Avogadro.

Tomando como referencia el proceso de electrólisis en el cual se produce un desplazamiento de iones hacia el cátodo. Cada ion que llega al electrodo negativo recibe una (1) carga elemental (e) antes de depositarse en forma de átomo neutro. Entonces, basados en esta relación cuantitativa, el número de partículas ($N_0$), presentes en un mol, se puede determinar teóricamente de la siguiente manera:

Partiendo de las equivalencias:

1 mol de electrones ($e^-$) = 1 Faraday (F)

1 Faraday (F) = 96485,33 Coulomb (C)

carga del electrón *e* = 1.6019 Coulomb (C)

Entonces, el número de partículas ($N_0$) por faraday es igual a:

$$N_0 = \frac{96485{,}33 \ \ coulomb/faraday}{1.6019 * 10^{-19} \ \ coulomb/electrón}$$

$$N_0 = 6{,}0254 * 10^{23} \ \frac{electrón}{faraday}$$

Dado que 1 mol es equivalente a 1 Faraday (F), se puede definir teóricamente que, el número de partículas ($N_0$) por mol es igual a:

**$N_0$ =** $6{,}0254 * 10^{23}\ \frac{partículas}{mol}$

**Momento 3: Prototipo para medir cantidad de sustancia**

¿Cuántos moles de gas de hidrógeno $H_2$ se disocian en el proceso de electrólisis para obtener 5 $cm^3$ de gas?

**Procedimiento experimental:**

Electrolisis del agua, utilizando la cuba electrolítica, determinar el volumen de gas generado en cada uno de los electrodos.
1. Agregar 100 ml de agua y verificar que la cuba electrolítica no tiene filtraciones, luego continuar agregando agua hasta llenar a la mitad de la altura del recipiente.
2. Alinear los émbolos de cada una de las jeringas con la marca de 15 ml.
3. Conectar el cargador a los electrodos (minas) por la parte que sobresale de la jeringa, luego agregar un 1 gr de soda caustica común (hidróxido de sodio -NaOH-), luego conectar el cargador a la fuente de electricidad (toma de corriente).
4. Verificar el volumen de gas generado en cada uno de los electrodos apuntando su valor en intervalos de un (1) minuto, observar por cinco (5) minutos, apague la fuente de alimentación y desconecte los cables.
5. Graficar los valores de volumen de gas y tiempo
6. Describir lo observado.

**Momento 4: Contrastar y relacionar el camino recorrido**

Construir un cuadro que relacione los principales postulados de.
- Ley de las proporciones definidas de Proust
- Ley de las proporciones múltiples J Dalton
- Hipótesis de Joseph Louis Gay-Lussac
- Hipótesis de Avogadro
- El número de Loschmidt

**Producto:** Estructurar una historia gráfica (historieta, meme, etc) frente a la demostración del número de Avogadro.

**Momento 5: Socializar:**

El objetivo de esta actividad es identificar los aspectos generales, conceptos asociados e ideas de los participantes frente a la temática, para orientar el desarrollo de las acciones de acompañamiento y asesoría.

**Producto:** Reflexión e identificación de aportes relacionados con las metas de aprendizaje.

## PUNTOS DE ENCUENTRO

Tabla 2-1 Instrumento de diagnóstico

<table>
<tr><td rowspan="2">1. GENERAR<br><br>(Plantear diez (10) conceptos o ideas asociadas a la definición de cantidad de sustancia)</td><td>2. PRIORIZAR<br><br>(Organizar y definir los tres (3) principales conceptos e ideas asociadas a la definición de de cantidad de sustancia)</td></tr>
<tr><td>3. CONECTAR<br><br>(Compartir en estudiantes del grupo e identificar aspectos en común, e ideas omitidas que aportan a la definición de de cantidad de sustancia)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. CONSTRUIR<br><br>(Plantear una definición al concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
</table>

Se espera identificar en la respuesta aspectos relacionados con:

- Magnitudes fundamentales y constantes naturales
- Numero de Avogadro ($N_A$)
- El mol como unidad de medida de la cantidad de sustancia

# 3 Capítulo 3: Uso de herramientas tecnológicas

Según Arteaga y Bazurto (2017) la tecnología es el conjunto de conocimientos técnicos, científicamente ordenados, que permiten diseñar y crear bienes, servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y la satisfacción de las necesidades esenciales y los deseos de la humanidad, haciendo uso de técnicas basadas en la creatividad e innovación, en dispositivos electrónicos y mecánicos (Garcés, 2011).

Bajo esta premisa y continuando con la propuesta experimental presentada en el capítulo anterior, la estrategia educativa para el acercamiento al concepto de cantidad de sustancia, se complementa con los principios del enfoque STEM[2] y propone incorporar al proceso educativo herramientas y desarrollos tecnológicos, y de ingeniería, con el objetivo de promover la apropiación de estos conocimientos y el desarrollo de habilidades y competencias para el siglo XXI. Según la Secretaría de Educación del Distrito (SED).

*"Dada la tradición disciplinar que se ha implementado en la mayoría de las instituciones educativas, STEM supone el reto de romper las barreras invisibles, pero tradicionales, en cada una de las cuatro disciplinas que conforman la sigla. De hecho, en la actualidad STEM ha ido convirtiéndose en un concepto, más allá del acrónimo, para generar apuestas multi, inter y transdisciplinares entre las áreas del conocimiento, lo que exige a los diferentes actores del sistema educativo plantearse diferentes estrategias para abordar situaciones y problemas de los contextos".* (SE, 20023)

La redefinición realizada por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), del mol como unidad de medida de la cantidad de sustancia, representa un aporte de la tecnología y la ingeniería con la determinación del número de Avogadro como una constante, y la necesidad de diseñar estrategias que faciliten su comprensión, para este caso en particular a través de la relación entre la ley de la electrolisis de Faraday y el mol como unidad de medida de la magnitud la cantidad de sustancia.

[2] El término STEM hace referencia a la integración de disciplinas asociadas a las Ciencias (Science), la Tecnología (Technology), la Ingeniería (Engineering) y las Matemáticas (Mathematics). Un concepto que en educación se adapta como un enfoque que integra en sus actividades todas las áreas del currículo y las conecta con el mundo real desde experiencias rigurosas y relevantes para los estudiantes (Vasquez, Sneider, & Comer, 2013).

# 3.1. Selección de herramientas, aplicaciones y recursos

En este apartado se abordan los principales aspectos que contribuyeron y confluyeron en la selección del lenguaje de programación, la tarjeta electrónica, los sensores y el sistema de gestión para el diseño de las acciones, dado el interés de orientar la experiencia de aprendizaje a través de la relación entre la ley de la electrolisis de Faraday y la cantidad de sustancia se seleccionó un sensor de corriente eléctrica, que permite determinar la intensidad de corriente, junto con una pantalla OLED para la visualización de la información.

**Lenguaje de programación**

Según García M (2017), uno de los elementos clave en la introducción a la programación es el lenguaje que emplea el estudiante para comunicar al procesador las instrucciones y organizar la secuencia de acciones que se desean implementar; siendo los otros elementos: el currículo, la pedagogía y las herramientas empleadas en el proceso de enseñanza aprendizaje (Pears, y otros, 2007). Existen lenguajes con propósitos específicos como programación multimedia o gestión de bases de datos, y otros considerados multipropósito, empleados principalmente para automatizar procesos de producción y de gestión de servicios (internet de las cosas), estos últimos, fueron considerados como los apropiados para el desarrollo de esta propuesta de investigación.

Bajo este contexto, Python[3] es actualmente el más popular en los cursos introductorios de programación de las universidades en Estados Unidos (Guo, 2021) es considerado un lenguaje de sintaxis simple y alta legibilidad (organización de la información con sangría lateral obligatoria), reconocido como adecuado en procesos de introducción a la programación (García, 2017), y el lenguaje más seleccionado para acercar a los estudiantes a la programación textual (Dorling & White, 2015), frente a otros lenguajes como Java, C, PHP, entre otros (Tabet, et al., 2016).

Las principales características por las que destacan a Python son: (Grandell, 2006; Ateeq, 2014; Koulori, 2014; Mészárosová, 2015; Peña, 2015b, como se citó en García Monsalves, 2017).

- Entorno amigable de desarrollo (intérprete interactivo).
- Potente librería estándar y gran cantidad de módulos de terceros (actualmente son más de 100.000).
- Multi-paradigma (imperativo, POO y funcional).
- Disponibilidad de recursos educativos abiertos.
- Software libre (pág. 148).

[3] Python es un lenguaje de programación que integra diferentes sistemas de manera más efectiva. (Python TM, 2018)

Para diseño de la práctica planteada para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia, se seleccionó MicroPython, un lenguaje de programación basado en Python3, construido específicamente para ser implementado en condiciones de baja capacidad de almacenamiento y orientado a gestionar la comunicación e interacción con microcontroladores y sistemas integrados, a través de una selección de las bibliotecas de apoyo e integra módulos para controlar e interactuar con los puertos I2C, GPIO, Wi-Fi de diferentes sistemas.

**La tarjeta electrónica ESP32**

ESP32 es un popular sistema en chip SoC (Sistema en un Chip), con componentes WiFi y Bluetooth. Esta tarjeta electrónica fue desarrollada por Espressif Systems[4]. y es una de las últimas versiones de una serie de sistemas de bajo costo para proyectos, o prototipos de automatización y actividades relacionadas con el Internet de las cosas (IoT).

Figura 3-1. Placa ESP32-DevKitM-1

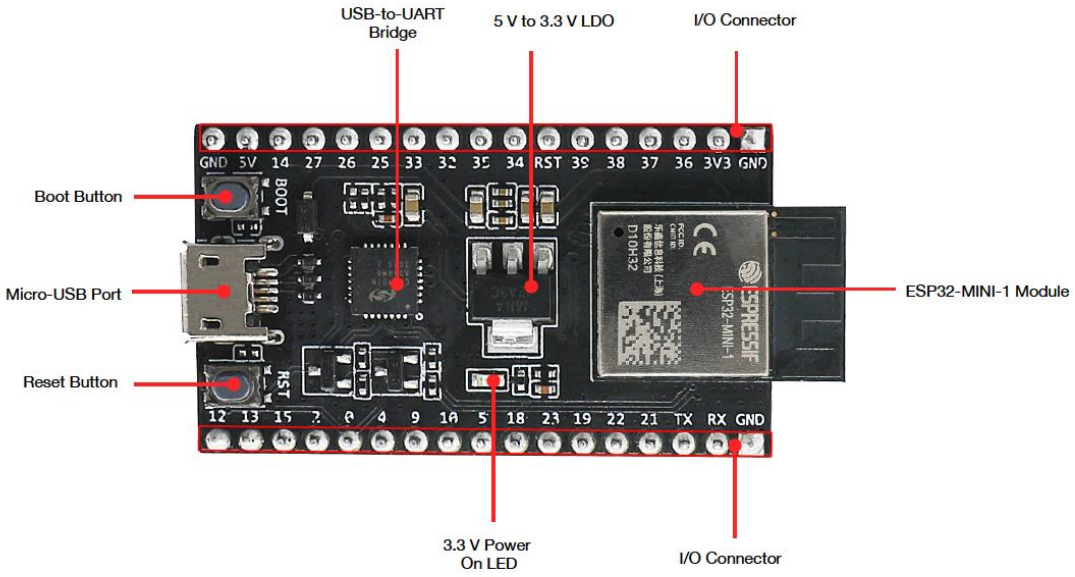



Imagen de referencia: Tomada de Espressif Systems: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/user-guide-devkitm-1.html

Las siguientes son algunas especificaciones técnicas importantes para el desarrollo de la propuesta

[4]Hay multitud de módulos y placas de diferentes fuentes que llevan el chip ESP32. Las placas de desarrollo de Espressif se toman como referencia

- Todos los pines son compatibles con MicroPython.
- Arquitectura: Xtensa Dual-Core 32-bit LX6
- Frecuencia de CPU: hasta 240MHz
- RAM total disponible: 528 KB (parte reservada para el sistema)
- ROM de arranque: 448 KB
- GPIO: 34 (los GPIO se multiplexan con otras funciones, incluidas FlashROM externa, UART, etc.)
- SPI: 4 interfaces SPI (una utilizada para FlashROM)
- I2C: 2 I2C (implementación bitbang disponible en cualquier pin)
- RMT: 8 canales que permiten una transmisión/recepción de pulsos precisa

La hoja de datos de la tarjeta electrónica ESP32: fue consultada a través de la página oficial de la compañía Espressif Systems. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

**Sensor de corriente INA219**

El sensor de corriente INA219 está compuesto principalmente por un chip de Texas Instruments asociado a una resistencia en derivación o resistencia shunt[5], diseñado para determinar el consumo de energía y hacer seguimiento a la caída de tensión de un sistema, este sensor permite establecer la tensión que cae en la resistencia y al conocer su valor, calcula la corriente que circula a través de ella y de ahí deriva la potencia y el consumo.

Figura 3-2. Medición de tensión INA219

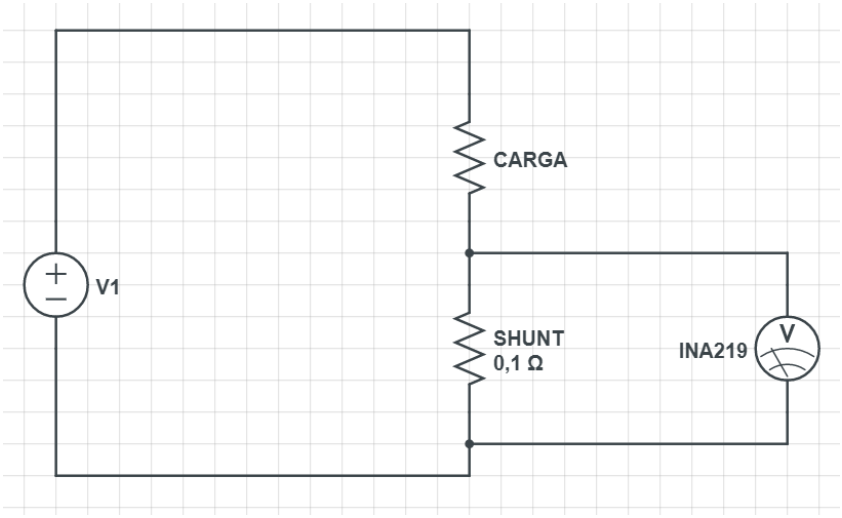



Imagen de referencia tomada de https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-ina219-arduino-esp8266-esp32/

[5] Resistencias de bajo valor óhmico (0.01Ω, 0.1Ω o 1Ω), para optimizar la medición y mejorar la sensibilidad del instrumento.

El sensor de corriente permite realizar un monitoreo de intensidad hasta 3,2 A, lo cual lo hace ideal para determinar intensidad de corriente eléctrica del sistema de electrolisis medida en Ampere (A), para posteriormente, en función del tiempo, deducir matemáticamente la carga (q), la cantidad de Faradays y su equivalencia en moles.

La hoja de datos del Sensor INA219, fue consultada a través de la página https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf y para su configuración, se partió de la biblioteca INA219.py

**Pantalla OLED 128x64**

La pantalla OLED SSD1306 128×64 mono de 0,96” es un dispositivo de visualización gráfica, incorpora control de contraste, RAM de pantalla y oscilador, lo que reduce la cantidad de componentes externos y el consumo de energía. Los datos/comandos se envían desde la MCU general a través de la interfaz I2C lo cual permite optimizar las conexiones y cantidad de pines en el microcontrolador. Debido a su tamaño pequeño, se emplean en proyectos como estaciones de monitoreo, reproductores audio y calculadoras, entre otros.

Especificaciones

- Controlador: SSD1306
- Tamaño de pantalla: 0,96”
- Dimensiones de la pantalla: 22 x 11 mm
- Resolución: 128 x 64 píxeles
- Tensión de alimentación: 3 – 5 V
- Tamaño del módulo: 27 x 27 x 3,5 mm

La hoja de datos de la Pantalla OLED 128x64, fue consultada a través de la página https://www.vishay.com/docs/37902/oled128o064dbpp3n00000.pdf y para su configuración, se instaló la biblioteca ssd1306

**Instalación de Micropython y gestión de editores de Bloques**

Para instalar MicroPython e iniciar el proceso de programación de las placas ESP32 se uso el gestor Thonny[6], una alternativa de uso libre, diseñada para facilitar el proceso de configuración inicial (incluida la instalación de MicroPython) y la verificación de las funciones generadas en el proceso de diseño.

Una vez verificada la instalación en la tarjeta electrónica se identifican dos alternativas para el diseño y gestión de las secuencias de acciones planteadas para el proceso educativo. La primera corresponde a la programación textual, la cual, como ya se enuncio anteriormente se puede realizar a través de gestor (para esta propuesta se utilizó Thonny)

[6] El desarrollo principal de Thonny tuvo lugar en el Instituto de Ciencias de la Computación de la Universidad de Tartu, Estonia. (https://thonny.org/).

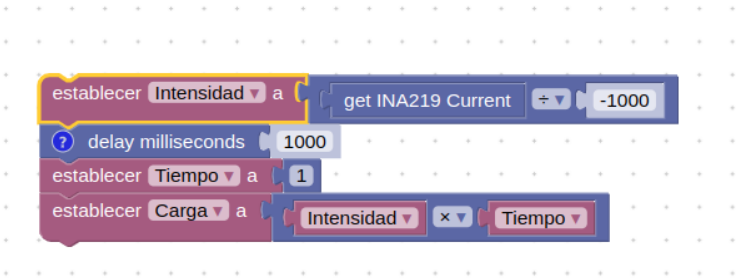
en el cual la sintaxis requiere de nociones propias del lenguaje para declarar variables o acciones y una organización de la información con sangría lateral; la segunda se apoya en un entorno de programación visual por bloques (Bipes, Blockly, Scratch, Snap Alice, etc.), esta opción es frecuente, en los procesos de aproximación inicial de los estudiantes a la programación, tanto de Secundaria como –en algunos casos– de Primaria (García, 2017).

Para el desarrollo de las acciones de programación asociadas a la estrategia educativa, se emplearon de manera armonizada las dos alternativas, textual para dar formato, calibrar los sensores, validar la sintaxis de las acciones y establecer opciones de inicio predeterminadas, y se seleccionó la herramienta de programación por bloques Bipes[7] (Block based Integrated Platform for Embedded Systems) para el proceso de construcción, visualización y gestión de ejemplos por parte de los estudiantes. Resaltando la importancia incluir una orientación que promueva y apoye la transición de la programación visual por bloques a la programación textual como un componente fundamental en el proceso de acercamiento y apropiación de este conocimiento por parte de los estudiantes (Armoni, 2015; Weintrop, 2015; Brown, 2016, citado en García Monsalves, 2017).

Tabla 3-1. Ejemplo relación lenguaje de programación textual y por bloques

| Ecuación | I (A) = *q* (C) / *t* (s)<br>q (C) = I (A) * *t* (s) |
|---|---|
| Programación textual | import time<br>Intensidad = None<br>Tiempo = None<br>Carga = None<br>Intensidad = (0.1*ustruct.unpack("<h",<br>i2c.readfrom_mem(addr_list[0],0x04,2))[0]) / -1000<br># for X resolution delay Y:<br># 9bit, 93.75ms<br># 10bit, 187.5ms<br># 11bit, 375ms<br># 12bit, 750ms<br><br>time.sleep_ms(1000)<br>Tiempo = 1<br>Carga = Intensidad * Tiempo |

[7]https://bipes.net.br/wp/

| | |
|---|---|
| Bloques |  |

## 3.2. Momento 6: Prototipo para medir cantidad de sustancia

***Metas de aprendizaje***

Promover, a través de la propuesta metodológica de pensamiento de diseño, la experimentación basada en la relación de la cantidad de sustancia con el Voltaje e Intensidad, como estrategia para el reconocimiento de las propiedades de la materia y características específicas de una entidad elemental que puede ser un átomo, molécula, ión, electrón, o cualquier otra partícula.

**Procedimiento experimental:**

Para iniciar, los estudiantes, en grupos, deben hacer uso de la celda electrolítica, utilizando los siguientes materiales:

- Taza plástica transparente de base plana
- Dos (2) jeringas plásticas graduadas de 20 ml
- Cargador de 12V
- Dos (2) minas de lápiz preferiblemente de 2 mm
- Dos (2) Palos de balso de 2 cm
- Un (1) LED 12 V
- Cables conectores de caimán
- Multímetro
- Agua
- Hidróxido de Sodio
- Placa ESP32
- Sensor INA219
- Pantalla OLED
- Cable de datos USB

**Prototipo para medir cantidad de sustancia**

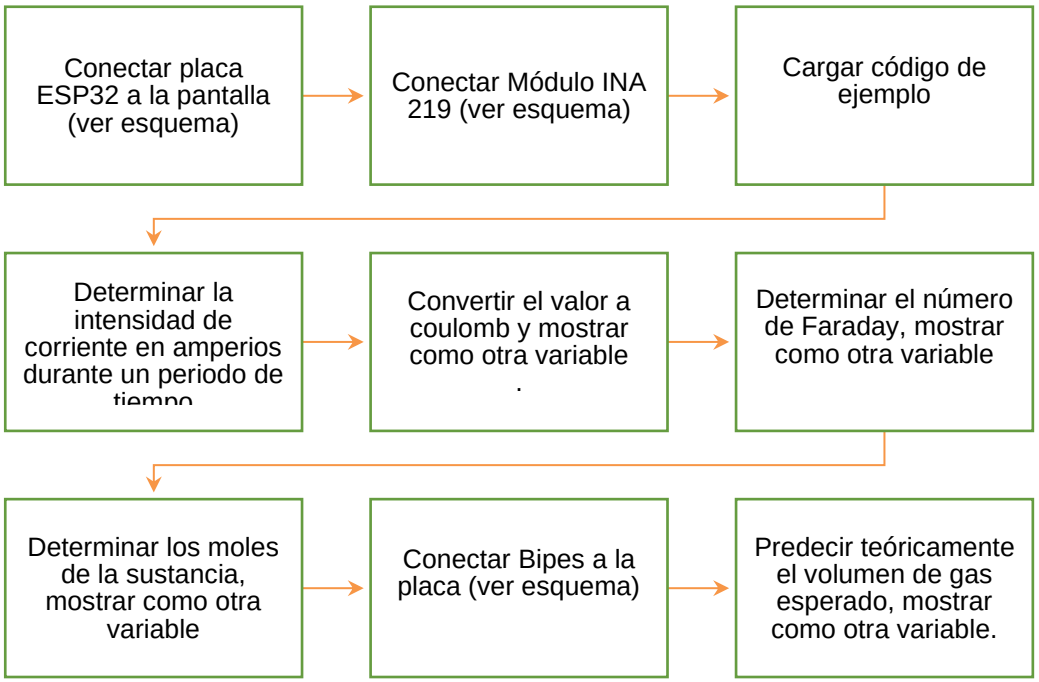



Figura 3-1 conexión placa ESP32 a módulo INA219

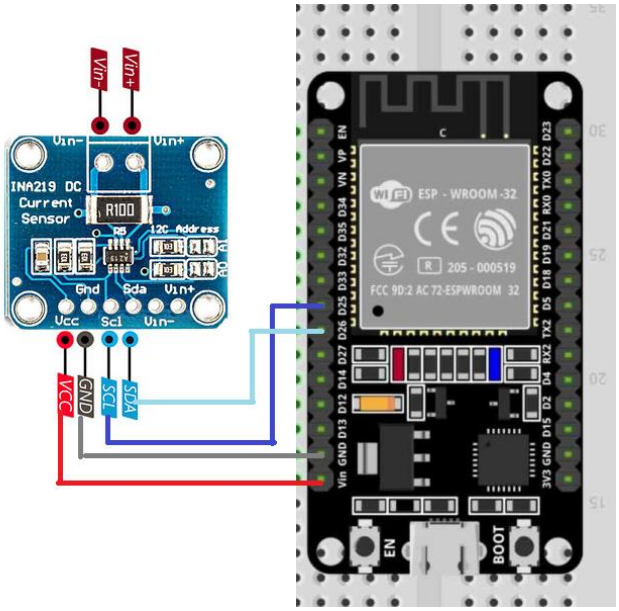
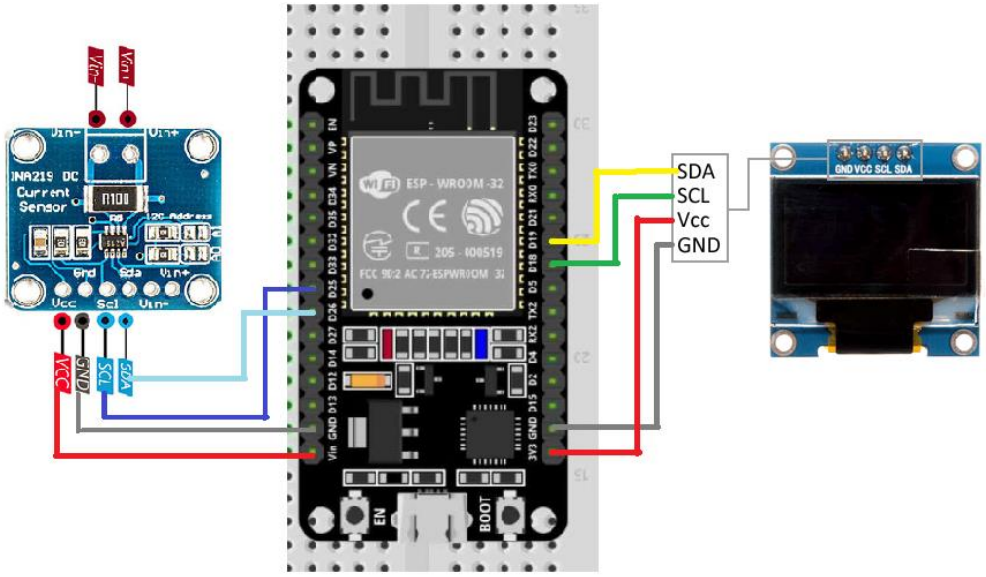
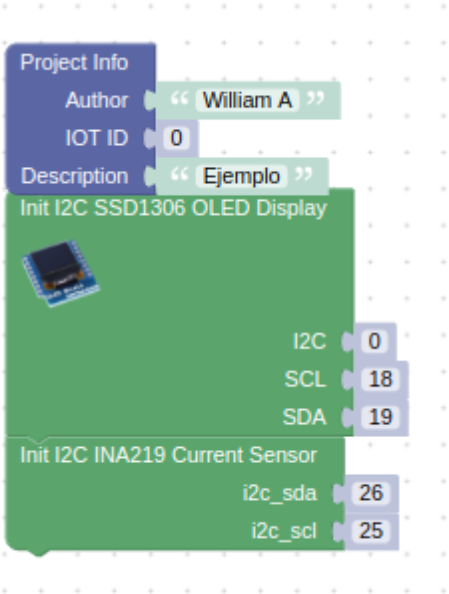


Figura 3-2 conexión pantalla OLED

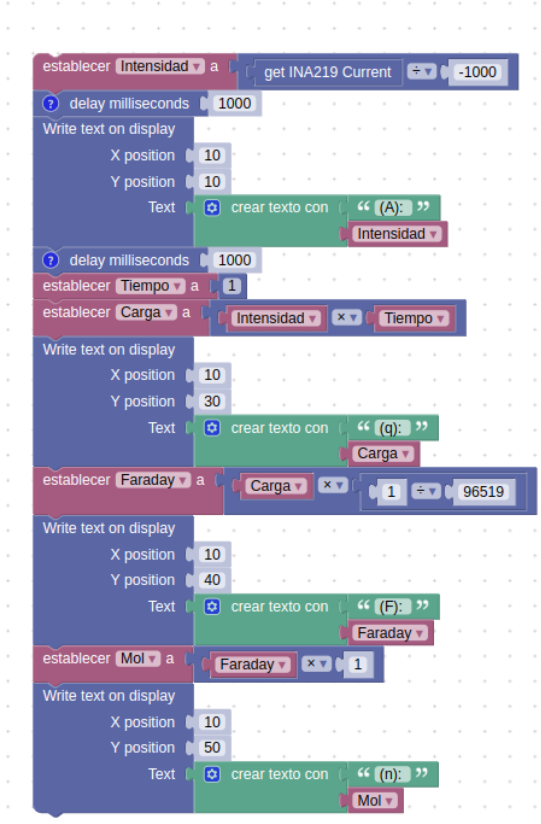


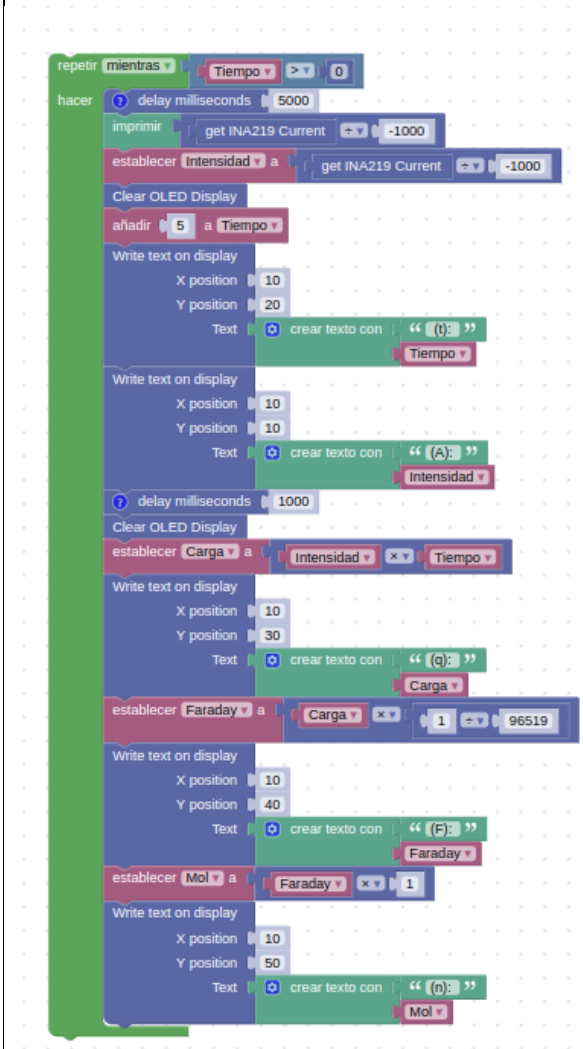

**Código prototipo para medir cantidad de sustancia.**

Tabla 3-2 Código prototipo

| Textual | Bloques |
|---|---|
| from machine import Pin<br>from machine import I2C<br>import ssd1306f<br>from time import sleep<br>from machine import I2C<br>import ustruct<br>import time<br>Intensidad = None<br>Tiempo = None<br>Carga = None<br>Faraday = None<br>Mol = None<br>#Author: 'William A'<br>#IOT ID: 0<br>#Description: 'Ejemplo'<br>i2c=I2C(0, scl=Pin(18), sda=Pin(19))<br>oled_width = 128<br>oled_height = 64<br>oled = ssd1306.SSD1306_I2C(oled_width, oled_height, i2c) |  |

```
i2c = I2C( scl = Pin(25), sda = Pin(26), freq=100_000)
addr_list = i2c.scan()
if len(addr_list) == 1:
  if addr_list[0] == 0x40 :
    print("Just a INA219 connected")
  else :
    print("not a INA219 ")
i2c.writeto_mem(addr_list[0], 5, bytes([0x0, 0x10]))
Intensidad = (0.1*ustruct.unpack("<h", i2c.readfrom_mem(addr_list[0],0x04,2))[0] ) / -1000
# for X resolution delay Y:
# 9bit, 93.75ms
# 10bit, 187.5ms
# 11bit, 375ms
# 12bit, 750ms
```

| Textual | Bloques |
|---|---|
| time.sleep_ms(1000)<br>oled.text(('(A): ' + str(Intensidad)), 10, 10)<br>oled.show()<br># for X resolution delay Y:<br># 9bit, 93.75ms<br># 10bit, 187.5ms<br># 11bit, 375ms<br># 12bit, 750ms<br>time.sleep_ms(1000)<br>Tiempo = 1<br>Carga = Intensidad * Tiempo<br>oled.text(('(q): ' + str(Carga)), 10, 30)<br>oled.show()<br>Faraday = Carga * (1 / 96519)<br>oled.text(('(F): ' + str(Faraday)), 10, 40)<br>oled.show()<br>Mol = Faraday * 1<br>oled.text(('(n): ' + str(Mol)), 10, 50)<br>oled.show() |  |

| Textual | Bloques |
|---|---|
| while Tiempo > 0:<br>  # for X resolution delay Y:<br>  # 9bit, 93.75ms<br>  # 10bit, 187.5ms<br>  # 11bit, 375ms<br>  # 12bit, 750ms<br>  time.sleep_ms(5000)<br>  print((0.1*ustruct.unpack("<h", i2c.readfrom_mem(addr_list[0],0x04,2))[0] ) / -1000)<br>  Intensidad = (0.1*ustruct.unpack("<h", i2c.readfrom_mem(addr_list[0],0x04,2))[0] ) / -1000<br>  oled.fill(0)<br>  oled.show()<br>  Tiempo = (Tiempo if isinstance(Tiempo, int) else 0) + 5<br>  oled.text((' (t): ' + str(Tiempo)), 10, 20)<br>  oled.show()<br>  oled.text(('(A): ' + str(Intensidad)), 10, 10)<br>  oled.show()<br>  # for X resolution delay Y:<br>  # 9bit, 93.75ms<br>  # 10bit, 187.5ms<br>  # 11bit, 375ms<br>  # 12bit, 750ms<br>  time.sleep_ms(1000)<br>  oled.fill(0)<br>  oled.show()<br>  Carga = Intensidad * Tiempo<br>  oled.text(('(q): ' + str(Carga)), 10, 30)<br>  oled.show()<br>  Faraday = Carga * (1 / 96519)<br>  oled.text(('(F): ' + str(Faraday)), 10, 40)<br>  oled.show()<br>  Mol = Faraday * 1<br>  oled.text(('(n): ' + str(Mol)), 10, 50)<br>  oled.show() |  |

**Proceso conexión placa ESP32 a Bipes (herramienta para gestión de programación)**

BIPES (Block based Integrated Platform for Embedded Systems) es una plataforma de programación por bloques, de uso libre basada en Google Blockly y MicroPython o CircuitPython.

¿Cómo funciona?

1. Para ingresar a la plataforma en línea a través de https://bipes.net.br/ide/ (también existe la posibilidad de descarga e instalación local, para lugares sin conectividad).

2. Utilizando el lenguaje de programación de bloques Blockly de Google, se explora la programación con bloques y se carga el ejemplo construido para esta actividad.

3. A continuación, Blockly genera automáticamente código Python,

4. BIPES envía la información a la tarjeta ESP32 empleando MicroPython.

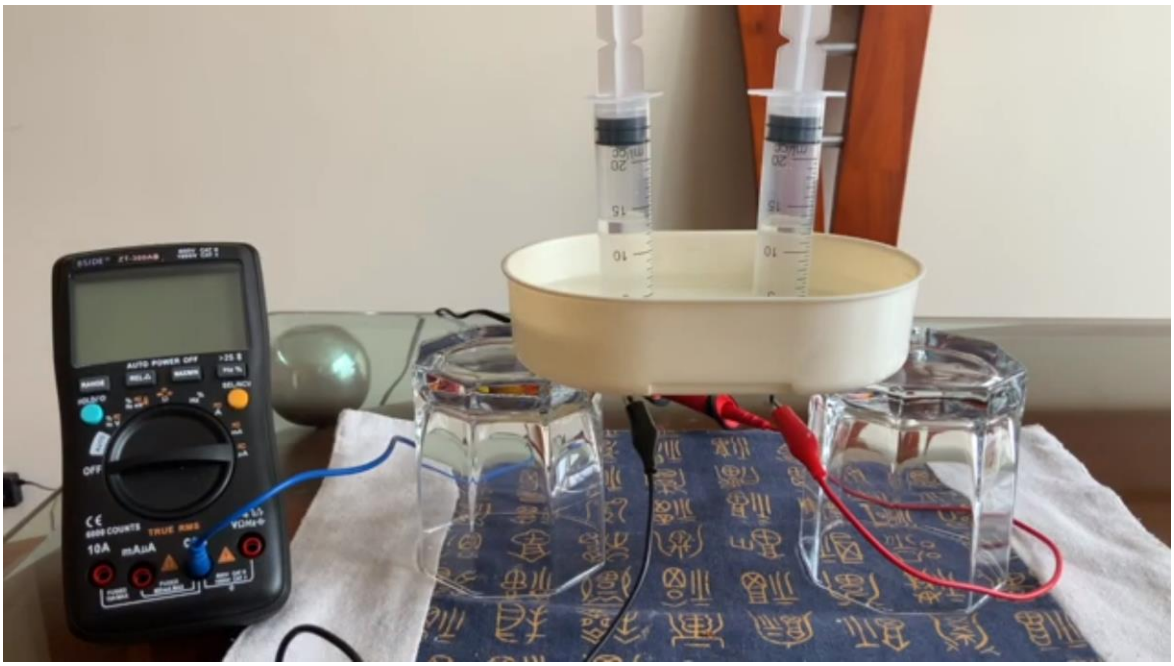
5. El programa se copia y ejecuta en la placa, hasta cuando esta se reinicie.

# 4 Validación

## 4.1 Diseño y verificación de recursos para la construcción del artefacto (celda) de electrolisis

Como se indicó previamente en el capítulo 2, para el diseño de la experiencia de aprendizaje se parte de la adaptación de la práctica de electrolisis propuesta por el Docente Marco Fidel Suarez de la Universidad Nacional de Colombia, en su canal de YouTube Aprendiendo química con Marco: Química en acción. (Aprendiendo química con Marco: Química en acción, 2021)

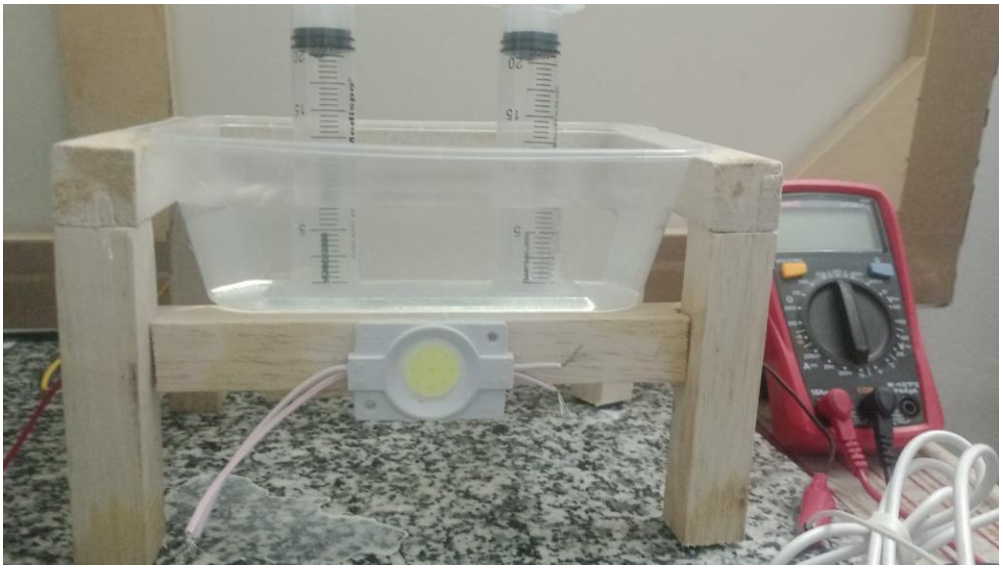
Figura 4-1 Diseño experimental base




Fuente: canal de YouTube Aprendiendo química con Marco: Química en acción.

Los ajustes propuestos se asocian principalmente con la construcción de una base por parte de los estudiantes y emplear un recipiente transparente para optimizar la observación del proceso; como mejora se adiciona un LED para realizar una comprobación visual y se ajusta la fuente de electricidad empleando cargadores con adaptadores tipo caimán para facilitar la conexión con los electrodos.

Figura 4-2 Diseño artefacto experimental propuesto



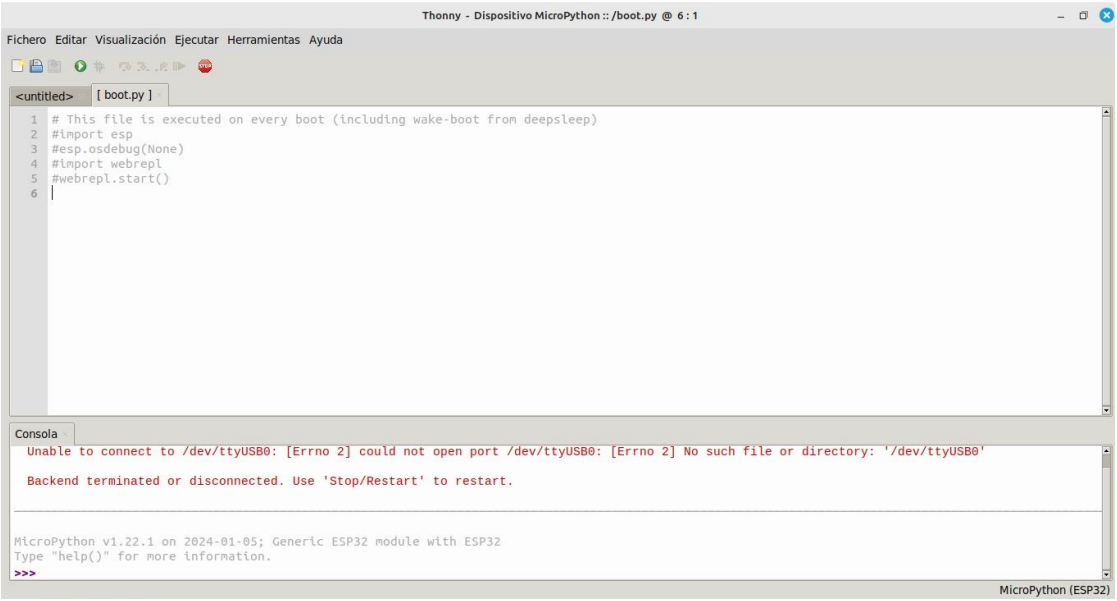
## 4.2 Programación preliminar y Verificación de código

Como se indicó previamente, el lenguaje de programación seleccionado para esta propuesta fue MicroPython el cual debe ser instalado en las tarjetas electrónicas ESP32 para iniciar la configuración de la tarjeta y su posterior conexión con el sensor INA y la pantalla OLED, este proceso se denomina flashear/cargar/grabar el firmware, y empleamos el gestor de uso libre; Thonny[8], desarrollado en el Instituto de Ciencias de la Computación de la Universidad de Tartu. La versión de firmware de MicroPython instalada es v1.22.1 (05/01/2024) .bin

Al finalizar el proceso el sistema confirma la instalación de forma correcta.

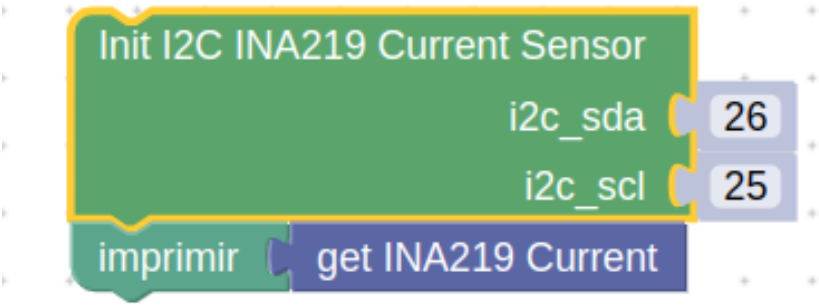
[8] https://thonny.org

Figura 4-3 confirmación de la instalación



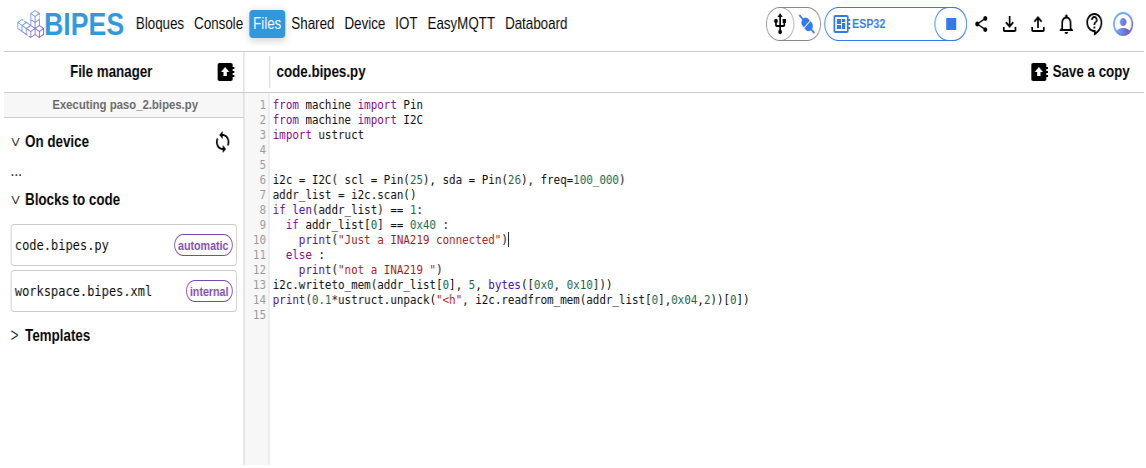

- Utilizando el lenguaje de programación de bloques Bipes, se realiza la programación con bloques estándar y en este caso se construyó un bloque personalizado con la configuración para el sensor INA 219, teniendo como como base la ficha técnica y bibliotecas de ejemplo con las que cuenta el sensor, para su instalación.

Figura 4-4 el lenguaje de programación de bloques Bipes




- A continuación, se genera automáticamente código Python, lo cual permitió en el proceso de diseño encontrar posibles errores para la ejecución del código y verificar la sintaxis final.

Figura 4-5 código Python INA219




- Se carga el código en la tarjeta electrónica ESP32 a través de un cable de datos empleando el puerto USB y se valida el funcionamiento del sensor.

Figura 4-6 validación del funcionamiento del sensor

El programa se copia (ver sintaxis completa en el capítulo 3) y se ejecuta por tiempo indefinido hasta que la tarjeta se reinicie, incluye:

a. carga y configuración de sensor INA y pantalla OLED
b. determinación de Intensidad
c. impresión del valor ajustado de miliamper a Ampere
d. determinación matemática de las variables de:

- tiempo
- carga
- número de Faraday
- número de moles
-

e. expresión de información en la pantalla OLED

Figura 4-7 Funcionamiento pantalla OLED

- Para finalizar, se carga el código definitivo en la tarjeta para que, de manera automática al conectarla a una fuente de energía ejecute el programa. Para ello, usa Thonny, empleando el código textual en micropython,(.py), se carga en el archivo de inicio (boot) de la tarjeta.

.

## 4.3 Validación in situ

En este proceso se contó con el apoyo de la Institución educativa Distrital (IED) Colegio Panamericano, ubicado en la localidad de los Mártires, el día viernes 26 de enero con la participación de estudiantes que ingresan a grado 11º y hacen parte de la Jornada tarde, este grupo estuvo conformado por 11 personas, 6 mujeres y 5 hombres entre los 15 y 17 años de los estratos socioeconómicos 1,2 y 3.

- Dirección: AK 27 # 24 C - 19
- DANE:111001030856
- Correo: cedpanamericana14@educacionbogota.edu.co
- Contacto. Coordinador Benjamín Mójica.

La IED no cuenta actualmente con un laboratorio y la experiencia resultó de gran interés para el coordinador y el docente titular de ciencias, lo cual facilitó la gestión para desarrollar esta actividad.

Figura 4-6 Grupo de estudiantes participantes

**Recursos de apoyo**

Para la actividad se prepararon cuatro Kits con los materiales propuestos para la actividad y se entregaron guías impresas para facilitar el desarrollo de las acciones planteadas.

**Materiales**

Figura 4-7 Materiales

Tabla 4-1 materiales para experimento

| | |
|---|---|
| • Taza plástica transparente de base plana<br>• Dos (2) jeringas plásticas graduadas de 20 ml<br>• Cargador de 12V<br>• Dos (2) minas de lápiz preferiblemente de 2 mm<br>• Dos (2) Palos de balso de 2 cm<br>• Un (1) LED 12 V | • Cables conectores de caimán<br>• Cable de datos USB<br>• Multímetro<br>• Agua<br>• Hidróxido de Sodio<br>• Placa ESP32<br>• Sensor INA219<br>• Pantalla OLED |

**Guía**

Los estudiantes realizaron una exploración orientada de las acciones propuestas y se dio inicio al proceso de construcción de la celda electrolítica con los materiales entregados a cada grupo.

Figura 4-8 Estudiantes compartiendo la guía

Internamente se subdividieron para realizar la tarea de construir la base empleando los palos de balso y otra parte del grupo organizar la celda, con las jeringas, los electrodos y la taza plástica.

Figura 4-9 Realizando el montaje

Se acordó que el proceso se realizaría en un tiempo de 15 minutos, finalizado ese periodo se iniciaran las pruebas a la celda electrolítica.

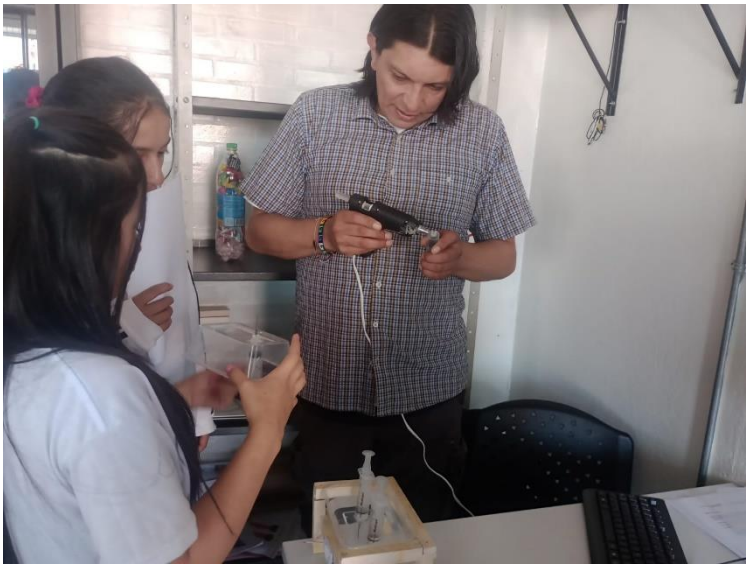
Figura 4-10 Realizando el montaje

Los equipos plantean sus diseños para la base y vacían la taza plástica para realizar la perforación y unión de los componentes.

Figura 4-11 Elaboración de montaje en grupo

Se realiza la unión e impermeabilización de los componentes (taza, jeringas y electrodos), empleando silicona.

Figura 4-12 Impermeabilizando el montaje



Se verifica que no existan fugas de agua y se integra la celda con la base diseñada, el objetivo es mantener firme la celda y expuestos los electrodos para facilitar su conexión y la observación del fenómeno de recolección de gases producto de la electrolisis.

Figura 4-12 Diseño celda electrolisis

La experiencia se complementa con la conexión del bombillo LED y el diálogo frente a la capacidad de conducción eléctrica del agua, y se agrega hidróxido de sodio (NaOH) como electrolito, evidenciando el aumento en la luminosidad emitida por el LED y facilitando la comprobación visual del paso de electricidad por el sistema.

Figura 4-13 Confirmando el experimento

la verificación del fenómeno de electrolisis, incluye la prueba de llama para evidenciar las diferencias entre las sustancias recolectadas en estado gaseoso y la medición con el multímetro.

Figuras 4-14 ,4-15 y 4-16 Realizando el experimento

Es este momento se orientan los estudiantes a un proceso de reflexión acerca del fenómeno y la observación inicial de conducción de la electricidad en el agua con el LED conectado al circuito, el objetivo es establecer una relación con la cantidad de partículas (electrones) que se desplazan entre electrodos y esta cantidad puede ser medida en con la ayuda del sensor de corriente o visualmente inferida como baja o alta con la prueba del LED.

Luego, se remplaza el multímetro y se realiza la medición empleando del sensor INA 219 conectado a la tarjeta electrónica y la pantalla OLED, se presenta el resultado, se establece un tiempo de medición y se calculan de manera automática las variables de carga, número de Faradays, y numero de moles como unidad de la cantidad de sustancia.

Posteriormente, se presenta el código para que los estudiantes reconozcan la organización y estructura de las acciones y relaciones matemáticas incluidas y planteen alternativas para relacionar otras variables, ejemplo el volumen, esta fase se da a manera de plenaria debido a las limitaciones de equipos de cómputo y el tiempo para que cada grupo realice la exploración por separado.

**Metas de Aprendizaje:**

Para el reconocimiento de aporte en relación con las metas de aprendizaje propuestas, se validó el instrumento denominado puntos de encuentro, presentado en el capítulo 2.

<table>
<tr><td rowspan="2">1. GENERAR: (Plantear diez (10) conceptos o ideas asociadas al concepto de cantidad de sustancia)</td><td>2. PRIORIZAR: (Organizar y definir los tres (3) principales conceptos e ideas asociadas al concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
<tr><td>3. CONECTAR: (Compartir en estudiantes del grupo e identificar aspectos en común, e ideas omitidas que aportan el concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. CONSTRUIR: (Plantear una definición al concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
</table>

Frente a la meta planteada de promover a través de la propuesta metodológica de pensamiento de diseño la experimentación, basada en la relación de la cantidad de sustancia con el Voltaje e Intensidad, como estrategia para el reconocimiento de las propiedades de la materia y características específicas de una entidad elemental, que puede ser un átomo, molécula, ión, electrón, o cualquier otra partícula. Se espera identificar en la respuesta aspectos relacionados con:

- Magnitudes fundamentales y constantes naturales
- Numero de Avogadro ($N_A$)
- El mol como unidad de medida de la cantidad de sustancia

En la tabla 4.2 se puede observar un ejemplo de respuesta de los participantes, resaltando conceptos asociados como:

- Energía
- Corriente eléctrica
- Electrones
- Materia
- Reacción
- Agua

Y, en las definiciones construidas se enuncia la cantidad de sustancia como "*una medida que se relaciona con la cantidad de electrones o partículas y qué se puede medir empleando un multímetro*", la relación con el número de Avogadro no es un aspecto

enunciado y se diferencia de la masa al no incluir esa relación en las definiciones ni conceptos priorizados.

En cuanto al objetivo del instrumento de aportar al reconocimiento de los aspectos generales, conceptos asociados e ideas de los participantes frente a la temática, resulta pertinente y las respuestas obtenidas permiten orientar el desarrollo de las acciones de acompañamiento y asesoría que fortalezcan el proceso educativo de los estudiantes y de diseño de acciones por parte de los docentes.

Tabla 4-2 Instrumento diligenciado

**PUNTOS DE ENCUENTRO**

Cordial saludo.

El objetivo de esta actividad es identificar los aspectos generales, conceptos asociados e ideas de los participantes frente a la temática, para orientar el desarrollo de las acciones de acompañamiento y asesoría.

| 1. GENERAR | 2. PRIORIZAR |
|---|---|
| Grupo de [illegible]<br>Medicion<br>Masa<br>Peso<br>Oxigeno<br>hidroxido<br>energia<br>Agua<br>Cantidad<br>electrolito<br>electrones<br>Particulas | Energia<br>Agua<br>Oxigeno |
| | **3. CONECTAR** |
| | concentracion<br>N. electrones |
| **4. CONSTRUIR** | |
| Es la medida que se genera mediante la energia donde se calcula el numero de electrones o particulas. mediante un multimetro | |

Nombre: laura Tapiero

IED: Panamericano 200

# 5 Conclusiones y recomendaciones

## 1.1 Conclusiones

El proceso de investigación desarrollado permitió inicialmente validar la pertinencia de explorar el problema de investigación planteado, para posteriormente proceder a identificar a través de una muestra de docentes y estudiantes, un contexto general de las estrategias y recursos que emplean para abordar el concepto de cantidad de sustancia, y finalizar con el planteamiento de una estrategia que incluye la secuencia de acciones, junto con los materiales y recursos educativos de apoyo para apoyar la ilustración del concepto de cantidad de sustancia, a través del uso de herramientas tecnológicas.

Respecto a los referentes bibliográficos consultados, es importante resaltar que junto con las guías de trabajo impresas y las prácticas de laboratorio son los recursos con la mayor frecuencia de uso para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia, y se orientan principalmente a la relación de proporcionalidad con las unidades de masa, presentando un contexto histórico limitado frente al proceso de definición como magnitud fundamental, y del mol como su unidad de medida. Un aspecto en el cual la estrategia construida aporta una alternativa, dado el interés de orientar la experiencia de aprendizaje a través de la relación entre la cantidad de sustancia con la ley de la electrolisis de Faraday, diferenciándose del relacionamiento inicial con las unidades de masa.

En cuanto a la enseñanza de las ciencias, los ajustes a la definición del mol como unidad de medida de la cantidad de sustancia acordados en 2018 en la XXVI reunión de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), representa una oportunidad para reflexionar acerca de los aportes de la ingeniería y la tecnología al desarrollo científico, y el reto de fortalecer la interacción entre disciplinas. Frente a este panorama, actualmente el enfoque STEM se ha establecido como una apuesta para promover acciones multi, inter y transdisciplinares entre las áreas del conocimiento, y el pensamiento de diseño como una metodología para acercar estos procesos a los estudiantes, es así que, al desarrollar prácticas experimentales con enfoque transdisciplinar a través del uso de herramientas tecnológicas, se espera promover esta deliberación a nivel institucional, aportar al fortalecimiento de los ambientes de aprendizaje (los materiales, recursos y prototipos quedan como un insumo y alternativa para trabajar en el salón de clases), y generar nuevas experiencias para el diseño curricular.

En el proceso de experimentación con el fenómeno de electrolisis, es posible orientar los estudiantes a deliberar acerca de la relación entre la cantidad de sustancia y el número de

partículas (electrones) que se desplazan entre electrodos, medida con la ayuda del sensor de corriente o visualmente inferida como baja o alta con la prueba del LED. Con esta estrategia, se asocian los conocimientos de disciplinas como física, matemática e ingeniería y se genera un reto de aprendizaje para realizar la medición empleando el sensor INA 219, y determinar en función del tiempo, de manera automática las variables de carga, número de Faradays, y número de moles, como unidad de la cantidad de sustancia.

El tiempo y organización de las actividades de aprendizaje deben se flexibles y adaptarse al contexto, en la validación se estableció un tiempo de 100 minutos (2 horas clase), y la IED no cuenta actualmente con laboratorio; la posibilidad de ajuste de la secuencia de aprendizaje y preparación de los materiales y recursos, optimizo el desarrollo de la experiencia, lo cual resultó de gran interés para el coordinador quien junto con el docente titular de ciencias, facilitaron la gestión para desarrollar la actividad e interés por retomar la experiencia en el progreso del plan curricular.

El uso de dispositivos tecnológicos como las tarjetas electrónicas ESP32 y el sensor de corriente INA219, e interactuar con estos sistemas a través de lenguajes de programación, se evidencian como un recurso pedagógico cada día más necesario para la enseñanza de ciencias. Actualmente la automatización de procesos, los sistemas embebidos y el internet de las cosas (IoT), entre otras aplicaciones, son de gran interés para los estudiantes y marcaran seguramente las profesiones y estilos de vida en el futuro cercano, al cual como docentes debemos adaptarnos.

## 1.2 Recomendaciones

La secuencia de actividades y recursos propuestos pueden ser empleados en varias ocasiones o durante diferentes periodos escolares, dada la recurrencia del concepto de cantidad de sustancia en los planes curriculares y la determinación del número de moles en diferentes momentos del proceso de aprendizaje. El diseño experimental construido, representa una alternativa para ser retomada cuantas veces se considere pertinente y fortalecer la observación relacionando diferentes conceptos.

La programación por bloques de las relaciones matemáticas entre carga, número de Faraday, y número de moles, y su posterior visualización, permitió evidenciar la relación establecida por los estudiantes de este proceso con los cálculos estequiométricos y la ley de gases ideales, dos hallazgos que ameritan su exploración y generan nuevas opciones de investigación.

# A. Anexo: Participantes reconocimiento docentes

| Fecha | Nombre | Profesión | ¿Tiene experiencia docente a nivel escolar? |
|---|---|---|---|
| 1/08/2022 | María Angélica De Antonio | Docente | Si |
| 3/08/2022 | Miller Alexander Cifuentes Sánchez | Licenciado en química | Si |
| 3/08/2022 | Niyireth Perea | Docente de química | Si |
| 3/08/2022 | Dayana Rivera Vásquez | Docente | Si |
| 4/08/2022 | Marisol Pardo Beltrán | Docente | Si |
| 4/08/2022 | Rubén Darío Restrepo | Ingeniero químico | Si |
| 5/08/2022 | Astrid Castellanos | Licenciada en Biología | Si |
| 5/08/2022 | Juan López | Educador ciencias naturales | Si |
| 4/08/2022 | Omar Darío Urrego | Docente | Si |
| 5/08/2022 | Jhonnatan Gerson Ordoñez Castillo | Docente | Si |
| 5/08/2022 | Eliany Andrea Martínez | Docente | Si |
| 6/08/2022 | Liz Castro | Docente de química | Si |
| 4/08/2022 | Adán Wilfredo Martín Matta | licenciado en química | Si |

# B. Anexo: Instrumento puntos de encuentro

Cordial saludo.

El objetivo de esta actividad es identificar los aspectos generales, conceptos asociados e ideas de los participantes frente a la temática, para orientar el desarrollo de las acciones de acompañamiento y asesoría.

<table>
<tr><td rowspan="2">1. GENERAR</td><td>2. PRIORIZAR</td></tr>
<tr><td>3. CONECTAR</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. CONSTRUIR</td></tr>
</table>

Nombre:
IED:

# C. Anexo: Guía de validación con estudiantes

**Diseño de una estrategia educativa para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia, a través del uso de herramientas tecnológicas**

**Metas de aprendizaje**

Promover a través de la propuesta metodológica de pensamiento de diseño, la experimentación, basada en la relación de la cantidad de sustancia con el Voltaje, e Intensidad, como estrategia para el reconocimiento de las propiedades de la materia y características específicas de una entidad elemental, que puede ser un átomo, molécula, ión, electrón, o cualquier otra partícula.

**Secuencia de actividades de aprendizaje**

El proceso puede ser recogido en los siguientes momentos:

**Actividad Inicial**

<table>
<tr><td rowspan="2">1. GENERAR: (Plantear diez (10) conceptos o ideas asociadas al concepto de cantidad de sustancia)</td><td>2. PRIORIZAR: (Organizar y definir los tres (3) principales conceptos e ideas asociadas al concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
<tr><td>3. CONECTAR: (Compartir en estudiantes del grupo e identificar aspectos en común, e ideas omitidas que aportan el concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. CONSTRUIR: (Plantear una definición al concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
</table>

**Momento 1 Electrólisis del agua:** en este proceso utilizaremos la energía eléctrica para inducir una reacción química, si observamos el agua contenida en un vaso en condiciones normales (1 atm y 25 °C), es posible corroborar a simple vista que, no se descompone de manera espontánea en hidrógeno ($H_2$) y oxígeno ($O_2$), pero demostraremos que cuando un compuesto en solución recibe una corriente eléctrica es posible la disociación y cuantificación de los iones que lo conforman.

**Procedimiento experimental:**

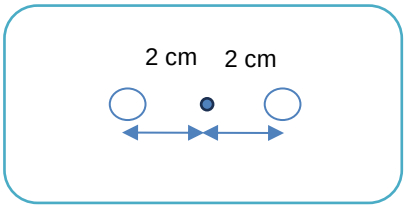
Este proceso se realiza en un dispositivo denominado celda electrolítica, para iniciar, los estudiantes, en grupos, deben construir la celda electrolítica, utilizando los siguientes materiales:

- Taza plástica transparente de base plana
- Dos (2) jeringas plásticas graduadas de 20 ml
- Cargador de 12V
- Dos (2) minas de lápiz preferiblemente de 2 mm
- Pistola para silicona y barras de silicona
- Dos (2) Palos de balso de 2 cm
- Un (1) LED 12 V
- Cables conectores de caimán
- Multímetro
- Agua
- Hidróxido de Sodio
- Placa ESP32
- Sensor INA219
- Pantalla OLED

**Ensamble:** Para el diseño de la experiencia de aprendizaje se parte de la adaptación de la práctica de electrolisis propuesta por el Docente Marco Fidel Suarez de la Universidad Nacional de Colombia, en su canal de YouTube Aprendiendo química con Marco: Química en acción.

1. Conecte la pistola de silicona y deje calentar por 5 minutos aproximadamente
2. Tome la taza plástica e identifique tentativamente un punto central del recipiente, luego en línea recta marque 2 puntos el primero a 2 cm a la izquierda y el segundo a 2 cm a la derecha.

3. Empleando la punta de la pistola caliente, realice dos orificios la taza plástica para introducir la punta de las jeringas, (verifique que los orificios tengan un diámetro cercano o similar al de las jeringas para que quede ajustado).




4. Tome la mina para lápiz e incrústela por la punta de la jeringa hasta que se alinee con la marca de 5 ml, fije la mina en ese punto, empleando silicona; repita este proceso con la otra jeringa (puede recortar las minas manteniendo como mínimo dos centímetros de mina que sobresale de la jeringa).
5. Ubique las jeringas en los orificios de la taza plástica y fíjelas empleando silicona.
6. Empleando los palos de balso construir una base para sostener la cuba electrolítica y elevarla 7 cm sobre la superficie, aproximadamente.

**Prueba:**

1. Agregar 100 ml de agua y verificar que la cuba electrolítica no tiene filtraciones, luego continuar agregando agua hasta llenar a la mitad de la altura del recipiente.
2. Alinear los émbolos de cada una de las jeringas con la marca de 15 ml.
3. Conectar el cargador a los electrodos (minas) por la parte que sobresale de la jeringa, luego conectar a la fuente de electricidad (toma de corriente) y observar por tres (3) minutos, apague la fuente de alimentación y desconecte los cables.
4. Agregar un 1 gr de soda cáustica común (hidróxido de sodio -NaOH-), luego conectar el cargador a la fuente de electricidad (toma de corriente) y observar por tres (3) minutos, apague la fuente de alimentación y desconecte los cables.
5. Retirar con precaución el émbolo de una de las jeringas y empleando un encendedor acercar la llama a la parte superior de la jeringa (prueba de llama); repita este proceso con la otra jeringa.
6. Describir lo observado.

**Momento 2: Exploración del camino recorrido**

Continuando el proceso para lograr las metas de aprendizaje, es importante fortalecer los fundamentos con una revisión histórica y documental, en la cual hallaremos trabajos de varios científicos que aportan a definir los aspectos fundamentales para fortalecer las respuestas a las preguntas relacionadas con las propiedades de la materia y el proceso para determinar la cantidad de sustancia en un compuesto.

**Electrolisis:** según Chang (2010) la electrólisis utiliza la energía eléctrica para inducir una reacción química no espontánea. Retomando los resultados de la experimentación; cuando se conectan los electrodos sumergidos únicamente en agua pura, no se observa ningún cambio o reacción, porque en el agua pura no hay suficiente cantidad de iones para lograr una buena cantidad de corriente eléctrica.

En contraste en la segunda prueba, la reacción de disociación del agua se llevará a cabo en presencia del hidróxido de sodio (NaOH) presente en la sal de cocina, o agregando ácido sulfúrico ($H_2SO_4$), entre otros, porque su adicción genera una disolución que tiene la cantidad de iones suficiente para conducir la electricidad, como podrá observar, se confirma la reacción, cuando al conectar el cargador, de inmediato se evidencia la formación de burbujas en los electrodos.

La reacción general se presenta a continuación:

$$\text{Reacción cátodo} \quad O_{2(g} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \text{ ------- } 4\,OH^-_{(ac)}$$

$$\text{Reacción ánodo} \quad 2\,H_{2(g} + 4\,OH^-_{(ac)} \text{ ------- } 4\,H_2O_{(l)} + 4e^-$$

$$\text{Reacción general} \quad 2H_2O_{(l)} \text{ ------- } 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

De acuerdo con Whitten et al. (2008):

**Ánodo**. Es el electrodo donde ocurre la oxidación o pérdida de electrones.

**Cátodo**. Es el electrodo donde ocurre la reducción o ganancia de electrones que se pierden en el ánodo.

**Agente oxidante**. Es la especie química que se reduce y propicia que otra sustancia se oxide.

**Agente reductor.** Es la especie química que se oxida y favorece la reducción de otra sustancia.

**Ley de Faraday de la electrólisis:** *la cantidad de sustancia depositada, liberada, disuelta o que reacciona con un electrodo es igual al número de faradays de electricidad que han pasado a través del electrolito (1 faraday equivale a una cantidad de electricidad igual a 96519 Coulomb, El coulomb es la unidad de carga del SI. La magnitud de un coulomb se deriva del ampere, y se define como la cantidad de carga que fluye en un segundo cuando la corriente es de 1 ampere.).*

- 1 mol de electrones ($e^-$) = 1 Faraday (F)
- 1 Faraday (F) = 96485,33 coulomb (C)
- 1 coulomb (C) = 1 Ampere (A) /1 segundo (s)

Retomado la experiencia anterior con el hidróxido de sodio, luego conectar el cargador a la fuente de electricidad (toma de corriente) y observar por tres (3) minutos. Teóricamente, es posible calcular la cantidad de moles (N) de hidrógeno que se producen en la reacción:

La carga transferida al electrodo (q), se establece por la relación de la intensidad eléctrica (I) medida en ampere (A) y el tiempo (t) medido en segundos (s)

$$I\ (A) = q\ (C) / t\ (s)$$

$$q\ (C) = I\ (A) * t\ (s)$$

$$q = 12\ A * 180\ s$$

$$q = \mathbf{2160\ C}$$

Luego; *1 faraday (F) equivale a una carga transferida al electrodo (q), igual a 96519 Coulomb (C)*

$$\#\ \text{Faraday} = 2160\ C * \frac{1\ F}{96519\ C}$$

$$\#\ \text{Faraday} = 0.0223\ F$$

Por último, *la cantidad de sustancia depositada, liberada, disuelta o que reacciona con un electrodo expresada en moles (n), es igual al número de faradays de electricidad que han pasado a través del electrolito.*

$$1\ \text{faraday (F)} = 1\ \text{mol de } e^-$$

$$0.0223\ F = 0.0223\ \text{mol de } e^-$$

Retomando los datos de la ecuación de la reacción:

$$4\ [H^{+}_{(ac)} + e^{-} \text{ ------- } 1/2\ H_{2(g)}]$$

Entonces:

n $mol\ de\ H_2$= 0.0223 mol de $e^{-}$ $\left(\frac{\frac{1}{2} mol\ de\ H_2}{1\ mol\ de\ e-}\right)$

n = 0.01115 $mol\ de\ H_2$

n = 1,115 * $10^{-2}$ $mol\ de\ H_2$

**¿Cómo estableció Faraday la equivalencia de la carga de electricidad con el mol?**

En 1660 Robert Boyle comprobó que, en los gases, cuando se mantiene constante la temperatura (T), de una cantidad de sustancia (n), y se varía la presión ejercida por el gas, su volumen también varía, de tal manera que, el producto de la presión (p), y el volumen (v), es constante.

**P * v = constante**

Posteriormente, en 1802 Joseph Louis Gay-Lussac, estudió la relación entre el volumen y la temperatura de un gas, estableciendo una relación cuantitativa a través de, una constante que denominó coeficiente de dilatación térmica, estos hallazgos sumados a la demostración que en condiciones normales un (1) mol (molécula – gramo) de cualquier gas ocupa un volumen de 22,415 litros.

22,415 l = 1 mol

Lo cual permite relacionar el volumen de gas generado en el proceso de electrólisis con la cantidad de sustancia (n), y otras magnitudes a través de la ecuación de gases ideales.

**pV = nRT**

Donde: presión (p), volumen (v), cantidad de sustancia (n), temperatura (T), y R es la constante universal de los gases ideales; equivale a (0.08207 litros-atmosferas/mol-°Kelvin).

Entonces, basado en estas premisas es posible concluir que en el proceso de electrólisis; cuando se generan 22,415 litros de gas en un electrodo, equivalen a un (1) mol de la sustancia, y por tanto también, son equivalentes a un (1) Faraday de electricidad que ha pasado a través del electrolito.

**Hipótesis de Avogadro:** En 1811, Amadeo Avogadro planteó que, si se tienen volúmenes iguales de diferentes gases, a la misma temperatura y presión, estos contienen la misma cantidad de partículas. Esta hipótesis fue aceptada por los científicos de la época, sin embargo, Avogadro murió sin lograr determinar cuantitativamente el valor de la cantidad de partículas presentes en un mol, tiempo después gracias al descubrimiento del valor de la carga del electrón determinada por Millikan ($1.6019*10^{-19}$ Coulomb/electrón), junto con La ley de Faraday, se planteó un posible método para determinar el número de Avogadro. Tomando como referencia el proceso de electrólisis, en el cual se produce un desplazamiento de iones hacia el cátodo. Cada ion que llega al electrodo negativo recibe una (1) carga elemental (e), antes de depositarse en forma de átomo neutro. Entonces, basados en esta relación cuantitativa, el número de partículas ($N_0$), presentes en un mol, se puede determinar teóricamente de la siguiente manera:

Partiendo de las equivalencias:

1 mol de electrones ($e^-$) = 1 Faraday (F)

1 Faraday (F) = 96519 coulomb (C)

carga del electrón *e* = 1.6019 coulomb (C)

Entonces, el número de partículas ($N_0$) por Faraday es igual a:

$$N_0 = \frac{96519\ coulomb/faraday}{1.6019 * 10^{-19}\ \ coulomb/electrón}$$

$$N_0 = 6{,}0254 * 10^{23}\ \frac{electrón}{faraday}$$

Dado que 1 mol es equivalente a 1 Faraday (F), se puede definir teóricamente que, el número de partículas ($N_0$) por mol es igual a:

$$\mathbf{N_0 =}\ 6{,}0254 * 10^{23}\ \frac{partículas}{mol}$$

**Momento 3: Prototipo para medir cantidad de sustancia**

¿Cuántos moles de gas de hidrógeno $H_2$ se disocian en el proceso de electrólisis para obtener 5 $cm^3$ de gas?

**Procedimiento experimental:**

Electrolisis del agua, utilizando la cuba electrolítica, determinar el volumen de gas generado en cada uno de los electrodos.

1. Agregar 100 ml de agua y verificar que la cuba electrolítica no tiene filtraciones, luego continuar agregando agua hasta llenar a la mitad de la altura del recipiente.
2. Alinear los émbolos de cada una de las jeringas con la marca de 15 ml.
3. Conectar el cargador a los electrodos (minas) por la parte que sobresale de la jeringa, luego agregar un 1 gr de soda caustica común (hidróxido de sodio -NaOH-), luego conectar el cargador a la fuente de electricidad (toma de corriente).
4. Verificar el volumen de gas generado en cada uno de los electrodos apuntando su valor en intervalos de un (1) minuto, observar por cinco (5) minutos, apague la fuente de alimentación y desconecte los cables.
5. Graficar los valores de volumen de gas y tiempo
6. Describir lo observado.

**Momento 4: Contrastar y relacionar el camino recorrido**

Construir un cuadro que relacione los principales postulados de.

- Ley de las proporciones definidas de Proust
- Ley de las proporciones múltiples J Dalton
- Hipótesis de Joseph Louis Gay-Lussac
- Hipótesis de Avogadro
- El número de Loschmidt

**Producto:** Estructurar una historia gráfica (historieta, meme, etc) frente a la demostración del número de Avogadro.

**Momento 5: Socializar:**

El objetivo de esta actividad es identificar los aspectos generales, conceptos asociados e ideas de los participantes frente a la temática, para orientar el desarrollo de las acciones de acompañamiento y asesoría.

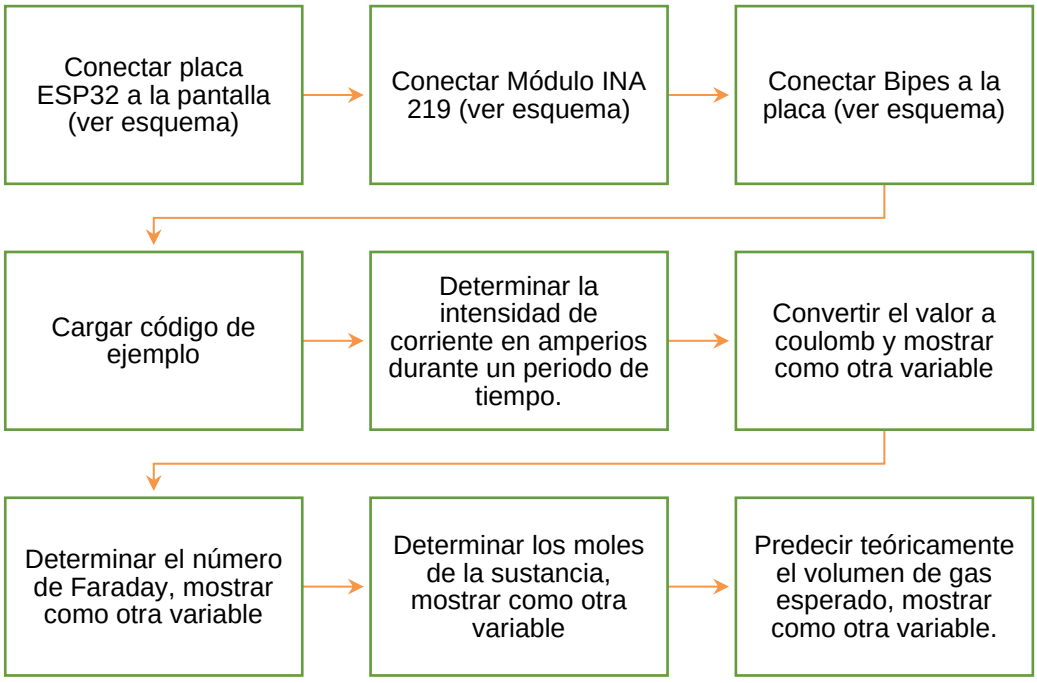
**Producto:** Reflexión e identificación de aportes relacionados con las metas de aprendizaje.

**PUNTOS DE ENCUENTRO**

<table>
<tr><td rowspan="2">1. GENERAR: (Plantear diez (10) conceptos o ideas asociadas al concepto de cantidad de sustancia)</td><td>2. PRIORIZAR: (Organizar y definir los tres (3) principales conceptos e ideas asociadas al concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
<tr><td>3. CONECTAR: (Compartir en estudiantes del grupo e identificar aspectos en común, e ideas omitidas que aportan el concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. CONSTRUIR: (Plantear una definición al concepto de cantidad de sustancia)</td></tr>
</table>

**Momento 6: Automatización del prototipo para medir de cantidad de sustancia**

**Procedimiento experimental:**




Gracias por su participación¡¡¡¡

# Bibliografía


Aprendiendo química con Marco: Química en acción. (06 de abril de 2021). Electrólisis del agua en casa [video]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=Es8jH-hlHMU&t=42s

Azcona, R., Furió Más, C., Intxausti, S., & Álvarez, A. (2004). ¿ Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia?: importancia de los prerrequisitos. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales.*

Bensaude-Vincent, B., Stengers, I., & Knight, D. (1997). A history of chemistry. *Nature*, 34.

Brown, T. (2021). Química La Ciencia Central. Naucalpan de Juárez, Mexico: Pearson Educación de México

Bureau International des Poids et mesures. (2019). *Sistema Internacional de Unidades.* Obtenido de Centro Español de Metrología: https://www.cem.es/es

Candela, B. (2019). Los estudios de diseño una metodología de investigación novedosa para la educación. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 138-155.

Chang, R. (2011). *Fundamentos de química.* México: McGraw-Hill.

Colmant, P. (s.f.). Querelle à l'Institut entre équivalentistes et atomistes. *COMITE BELGE D'HISTOIRE DES SCIENCES. NOTES BIBLIOGRAPHIQUES*.

Dorling, M., & White, D. (2015). Scratch: A way to logo and python. *Proceedings of the 46th ACM technical symposium on computer science education*, 191-196.

Ezquerra Martinez, A., Iturrioz González, I., & Díaz Pérez, M. (2012). Análisis experimental de magnitudes físicas a través de vídeos y su aplicación al aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 252-264.

Furió Más, C. J., & Padilla Martínez, K. (2003). *La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la cantidad de sustancia y el mol.* Didáctica de las ciencias experimentales y sociales.

García Monsálvez,, J. (2017). Python como primer lenguaje de programación textual en la Enseñanza Secundaria. 147-162.

Garzón, Martínez, & Aristizábal. (2014). HIsotria de la eslectroquímica en la formación inicial de profesores, una experiecnia investigativa. *III Conferencia latinoamericana del interantional, history and philosophy of science teaching group IHPST*.

Guo, P. (2021). Ten million users and ten years later: Python tutor's design guidelines for building scalable and sustainable research software in academia. *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 1235-1251.

Hall, A., Barnas, A., & Genaro, P. (2018). Educación Transdisciplinar en Ciencia Computacional e Ingeniería. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales*, 8.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Mcgraw-hill.

Holton, & Brush. (1963).

Pears, A., Seidman, S., Malmi, L., Mannila, L., Adams, E., Bennedsen, J., & Paterson, J. (2007). A survey of literature on the teaching of introductory programming. *Working group reports on ITiCSE on Innovation and technology in computer science education* , 204-223.

Python TM. (2018). *Python.org*. Obtenido de https://www.python.org/

Rogado, J. (2004). A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, 63-74.

Salietti Vinué, Gray, & Haight. (2021). Principios básicos de química. 1-25.

Sears, Z. (1967). *Física general.* Ed. Aguilar.

Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials-Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics, Grades 3-8.* Portsmouth: Heinemann.

Whitten, K., & Davis Raymond, E. (2008). *Química.* Cengage Learning Editores.