



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC
DIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

*ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTROQUÍMICO PARA LA MEDICIÓN
EN CELDAS ELECTROQUÍMICAS*

T E S I S

PARA OBTENER LOS TÍTULOS DE
INGENIEROS QUÍMICOS

PRESENTA

LUIS ENRIQUE LUCAS ROMERO
JAVIER ALEJANDRO ROBERT LORTIA

Dr. William Sánchez Ortiz , Director

Ecatepec de Morelos, México, Octubre de 2023



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



AGRADECIMIENTOS



Lucas Romero Luis Enrique:

El siguiente trabajo significa la continuación de un proyecto de vida, por otro lado, es para mí el comienzo de una nueva etapa como profesional, y va dedicado a mis padres por ser las personas con las que he contado, cuento y contaré incondicionalmente además de mis hermanos, amigos, profesores, durante toda mi vida, porque ha sido un trabajo en equipo protagonizado por mi y mi compañero.

Principalmente a mi madre Alicia: por ser el gran pilar y escucharme cuando ya no sentía las ganas de seguir creciendo y ella creyó en mí. Durante toda mi carrera siempre te escuché y aprovecho la oportunidad que se me presenta el día de hoy para agradecerte toda mi formación, mil gracias por existir.

Papá el mejor padre Jesús: me ayudaste un montón, pero, aún quiero que sepas que siempre para mí serás inalcanzable, tú sabiduría es muy asombrosa. Gracias a todo ello y al apoyo económico. A los dos le debo que aún tenga tantas inquietudes y muchas ganas de seguir luchando, nuevamente gracias por estar en vida.

También agradezco a mi hermano Mauricio y mi hermano Leonel por darme ánimo a seguir creciendo y ayudarme ser su mejor amigo, hermano y apoyarme con los obstáculos en la carrera que curse, muchas gracias, hermanos, son maravillosos los quiero mucho.

A mis hermanas Nancy y Susana por ser mi luz, por estar allí, por existir, por ser mis hermanas maravillosas. A quienes he extrañado todo este tiempo, mil gracias a ustedes también. Su existencia hizo que mi formación una experiencia muy divertida y lo más importante me ha servido para crecer como persona.

A mi mejor amigo Javier Alejandro Robert Lortia: por estar durante toda la carrera y ser el mejor amigo durante mi estancia en el tecnológico y ser más que nada un hermano gracias, amigo sin ti esto tampoco hubiera sido posible gracias por toda la ayuda que me brindaste. por este logro que hicimos juntos durante estos 6 años.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Robert Lortia Javier Alejandro:

Durante mi estancia en el tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec he aprendido muchas cosas, como valorar a las personas que me han enseñado cosas para poder seguir adelante en mi futuro tanto en el laboral y en lo escolar.

Agradezco a mi familia por haberme ayudado a seguir en la escuela y apoyado a resolver algunos problemas de algunas materias y tenido mucha paciencia en lo que llevo de tiempo en el tecnológico, teniendo fe en mí para poder acabar el tecnológico y haberme dado buenos consejos para no desviarme de mi camino.

Agradezco enormemente a mi Hermano por haberme apoyado en la escuela en cosas que no entendía y dándome muchas enseñanzas de computación para poder llevar a cabo mis actividades sin muchos problemas y dándome mucho apoyo para poder culminar el Tecnológico.

También agradezco enormemente a mi amigo Luis Enrique Lucas Romero ya que es mi mejor amigo de hace 6 años y le agradezco toda la ayuda y conocimiento que me proporciono ya que me ha ayudado a entender y explicar cosas que no entendía y poder disfrutar el tiempo hablando de cosas con él.

También agradezco a todos mis profesores ya que me ayudaron a entender y aprender de las materias y poderlas llevar a cabo en práctica en el trabajo y toda la paciencia que tienen para poder explicarme.

Agradezco a Josué Jahaziel Duran Ortega ya que fue uno de mis primeros amigos y le agradezco la ayuda que me proporcionó sobre algunos temas que no entendía y darme apoyo para el término de la carrera de ingeniería química.



INDICE:

RESUMEN.....	7
ABSTRAC	9
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 PROBLEMÁTICA	15
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3 HIPÓTESIS	19
1.4 OBJETIVOS.....	21
1.4.1 Objetivo General.....	22
1.4.2 Objetivos Específicos	22
1.5 ESTADO DEL ARTE	23
Capítulo 2 MARCO TEÓRICO.....	30
2.1 Procesos fisicoquímicos.....	31
2.2 Electroquímica.....	33
2.3 Ley de Coulomb.....	33
2.4 Ley de Faraday	35
2.4.1 Primera ley de Faraday	35
2.4.2 Segunda ley de Faraday y Tercera ley de Faraday.....	35
2.5 Fuerza electromotriz	36
2.6 Unidad de fuerza electromotriz.	36
2.7 Fuerza electromotriz: voltímetro.	37
2.8 Fuerza electromotriz: forma teórica.....	38
2.9 Fuerza electromotriz a partir de potenciales de electrodos estándar	38
2.11 Potenciales Estándar de reducción	41
2.12 Serie electroquímica	42
2.13 Técnicas electroquímicas	43
2.14 El método potencioestático	44
2.15 Ruido Electroquímicos	45
2.16 Que es Arduino.....	47
2.17 Aplicaciones del Arduino	48
2.18 Programación	50
2.19 Lenguaje de la programación	50
2.20 Tipos de lenguaje de la programación:	50
2.20.1 Java.....	50



2.20.2 C++:	51
2.20.3 Lenguaje de C++:	51
2.20.4 C#:	53
2.20.5 Python:	54
2.20.6 JavaScript:	55
2.20.7 LabVIEW:	56
2.21 ¿Para qué se utiliza el software LabVIEW?	57
2.22 Ventajas y desventajas del programa LabVIEW:	59
2.22.1 Ventajas:	59
2.22.2 Desventajas:	60
Capítulo 3 METODOLOGÍA	62
3.1 Diseño:	63
3.2 Armado del Arduino – UNO	64
3.3 Pasos para seguir para el LabVIEW	70
Capítulo 4 RESULTADOS	74
4.1 Diseño:	75
4.2 Elaboración:	75
4.3 Código de programación en Arduino	76
4.4 Figuras de diagrama de LabVIEW	77
4.5 Evaluación:	80
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	90
Limpieza o Mantenimiento:	91
Paro de Emergencia:	95



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



RESUMEN



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



En este trabajo se aborda la implementación de la plataforma Arduino bajo los conocimientos adquiridos en la carrera en conceptos de programación. Dentro de los procesos ingenieriles y en especial los químicos, el uso de dispositivos para determinar, cuantificar o recolectar señales son de gran importancia. Sin embargo, algunos de estos dispositivos no son posibles para su adquisición debido a los costos, tecnología y mantenimiento elevado. Es por ello, que la implementación de la plataforma Arduino presenta ventajas, ya que en las últimas décadas se han generado una infinidad de aplicaciones. Sin embargo, la desventaja por la limitación y el requerimiento de más componentes para potencializar su uso.

En los sistemas electroquímicos, los equipos especializados y utilizados para la medición de señales potenciales y corriente rondan aproximadamente en los \$100 000 pesos mexicanos, en el caso un equipo simple, esto genera una limitante para su fácil adquisición para desarrollar practicas docentes e investigación. Por lo que se generó la motivación del montaje de un prototipo a partir del sistema Arduino – UNO en celdas electroquímicas, a un bajo costo, es decir, no mayor a \$1000 pesos mexicanos; aunado con una programación en Arduino – IDE en combinación con LabVIEW para la visualización. Se propuso la medición del potencial eléctrico generado en sistema electroquímico sin perturbaciones (Ruido electroquímico, EN). Con arreglos en la celda electroquímica considerando: para el primer arreglo, con puente salino y sumergir los metales en dos vasos de precipitados con electrolitos. El segundo arreglo, el que permitió la determinación de señales EN, se desarrolló al meter las celdas en un vaso de precipitado con una solución electrolítica. Las mediciones fueron obtenidas, permitiendo la observación y la descripción del fenómeno superficial. El sistema de Arduino presentó un retraso de 5 a 10 segundos al mostrar los datos del sistema electroquímico en LabVIEW. Al presentar una estabilidad en el sistema electroquímico los valores obtenidos son muy cercanos al valor de teórico reportado en tablas.

Dispositivo en Arduino, Celdas electroquímicas, Medición, Programación.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



ABSTRAC



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



This paper deals with the implementation of the Arduino platform under the knowledge acquired in the career in programming concepts. Within engineering processes and especially chemicals, the use of devices to determine, quantify or collect signals are of great importance. However, some of these devices are not available for purchase due to high cost, technology, and maintenance. That is why the implementation of the Arduino platform presents advantages, since in the last decades an infinite number of applications have been generated. However, the disadvantage is due to the limitation and the requirement of more components to enhance its use.

In electrochemical systems, the specialized equipment used for the measurement of potential and current signals is around \$100,000 Mexican pesos, in the case of simple equipment, this creates a limitation for its easy acquisition to develop teaching practices and research. Therefore, the motivation for the assembly of a prototype was generated from the Arduino - UNO system in electrochemical cells, at a low cost, that is, no more than \$1000 Mexican pesos; coupled with programming in Arduino – IDE in combination with LabVIEW for visualization. The measurement of the electrical potential generated in an electrochemical system without disturbances (Electrochemical noise, EN) was proposed. With arrangements in the electrochemical cell considering for the first arrangement, with a saline bridge and immersing the metals in two beakers with electrolytes. The second arrangement, the one that allowed the determination of EN signals, was developed by placing the cells in a beaker with an electrolyte solution. The measurements were obtained, allowing the observation and description of the surface phenomenon. The Arduino system had a 5-10 second delay when displaying the electrochemical system data in LabVIEW. By presenting stability in the electrochemical system, the values obtained are very close to the theoretical value reported in tables.

Device on Arduino, Electrochemical cells, Measurement, Programming.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Capítulo 1

INTRODUCCIÓN



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



La Ingeniería Química, así como en la rama de la electroquímica se desempeña desde la formación académica y aplicación de los fundamentos teóricos. Sirven de base para la interpretación de fenómenos físico – químicos, diseño de objetos y operaciones que están directamente relacionados con mediciones de señales.

Es por ello, que se requiere de un dispositivo que permita la adquisición, monitoreo y análisis de toda señal generada de un sistema químico u otro. Los conceptos, fundamentos y aplicaciones de la programación y electrónica permiten generar un abanico de posibilidades en el diseño, generación y desarrollo de dispositivos de bajo costo para la implementación dentro del aula de clase, así como, en los laboratorios de docencia e investigación.

Si bien a partir de las definiciones de la ingeniería química y electrónica no se aprecia una relación directa de una con la otra, el adecuado uso de los conceptos químicos ha permitido, los cambios técnico – científicos y socioeconómicos a nivel mundial que han traído un marcado desarrollo, produciéndose un salto tecnológico con la introducción de las técnicas más actuales y equipos sofisticados.

Dentro de la formación de un Ingeniero Químico los fundamentos físicos – químicos son de gran importancia, en particular los procesos electroquímicos. Donde los estudiantes se enfrentan a conceptos y modelos que son intrínsecamente complejos, donde la observación y la caracterización son muy difíciles. Es el caso de las reacciones de óxido – reducción que ocurren en la interfase de los materiales metálicos, que se analizan desde una celda electroquímica. Teóricamente es posible determinar los potenciales de celda a partir de la literatura, sin embargo, la toma de mediciones del mismo a nivel práctico es complicado ya que se requiere de una cantidad considerable de datos y tiempos de estabilización para determinar dicho parámetro. Lo cual hace que los estudiantes perciban el tema de la



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



electroquímica como un tema más sin observar el alcance de la misma para desarrollar investigación. Esto permite que el nivel conceptual que se da en el aula de clase solo sean ideas desconectadas con la fenomenología que ocurre y reproduce un discurso científico que no llega a ser comprendido.

Para tener mejores oportunidades de producir un aprendizaje significativo, se propone no solo un cambio de enfoque, sino una didáctica que problematice la experiencia. Se puede proponer a los estudiantes la elaboración de una pila que se construya a partir de materiales caseros o de fácil adquisición, y que se aborde el estudio de las interfaces de electrodo para cada semirreacción de la celda galvánica. Así, una clase "teórica" se transforma en una teórica-experimental, sin embargo, este tipo de propuestas se enfrentan con problemas importantes de implementación instrumental. Los instrumentos que se requieren para medir van más allá de un simple multímetro, los procesos de interface solo pueden empezar a discutirse a través de métodos electroquímicos, como el EN, pero no es posible proveer a una clase muy numerosa con potencióstatos comerciales que son muy costosos. Afortunadamente, ya existe una gran cantidad de equipamiento que se desarrolla a partir de Arduino, que es una interfaz o plataforma libre de bajo costo, flexible y fácil acceso, que se usa para la creación de electrónica de código abierto. A partir de Arduino se han construidos equipos muy versátiles y atractivos por las librerías de libre acceso, además que existe una amplia comunidad en internet dedicada a compartir conocimiento.

Es por ello, que en este trabajo de tesis se abordó la oportunidad de generar un dispositivo electrónico que permita un aprendizaje significativo, se propone no solo un cambio de enfoque, mediante un experimento, sino una didáctica que promueva la experiencia. En este caso se generó un equipo el cual tiene como función la medición de señales de voltaje en celdas electroquímicas. Este equipo dará



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



resultados gracias a una programación hecha en la plataforma de Arduino – IDE, además de la visualización en el software LabVIEW. Cabe señalar que estos experimentos se pueden desarrollar exitosamente durante una sesión en el aula de clase como en laboratorios de investigación. Permitiendo un entendimiento de los fenómenos superficiales, conceptos y alcance de las técnicas, así como, de la relación entre la química y la electrónica.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



1.1 PROBLEMÁTICA



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



En el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, el desarrollo de prácticas docentes sobre temas físico-químicos, en especial en los temas sobre reacciones químicas redox (electroquímica) es complejo y no se genera un entendimiento perfecto, debido a la complejidad de los fenómenos superficiales que pasan en las celdas electroquímicas. Por ende, las prácticas que se desarrollan para la comprensión de los temas requieren dispositivos sofisticados y complejos con una sensibilidad muy pequeña. Las señales que se generan en el proceso fisicoquímico no son posibles de medir de manera continua y con un grado de precisión adecuado. Ya que en el tecnológico no se cuenta con un dispositivo que permita la adquisición de manera continua, el manejo y concentración de los datos. Sin embargo, la compra y mantenimiento de un equipo especializado en electroquímica es costoso. Que requiere instalaciones y gente especializada, lo cual encarece su adquisición para docencia y en la investigación. Es por ello, que se requieren dispositivos de bajo costo, fácil manejo y que se aplique para cuestiones académicas como de investigación.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



1.2 JUSTIFICACIÓN



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Dentro de las aulas de clases y centros de investigación, es importante aplicar los conocimientos adquiridos dentro de la formación académica. Sin embargo, no todas las veces es posible combinar la practica con la teoría, debido a diversas situaciones y una de ellas es la falta de equipos especializados que son costosos desde su adquisición, posteriormente su mantenimiento y limitado acceso. En la última década el desarrollo y aplicación del Arduino – UNO ha tenido mucho auge debido a su facilidad para su implementación instrumental y nivel de programación. Generando la obtención de diversas señales de sistemas químicos y bioquímicos, presentando una buena sensibilidad y repetibilidad en la adquisición, manejo y almacenamiento de datos. Aprovechando estas ventajas, en comparación con otros dispositivos que existen en el mercado, se puede proponer para procesos electroquímicos. Por medio de la generación de una interfaz electrónica que permita la adquisición, registro de datos y visualización, en lo cual en un futuro se podría utilizar para analizar e incluso ampliar en trabajos prácticos a un costo bajo y fácil ejecución.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



1.3 HIPÓTESIS



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Es posible que, mediante los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Química, se pueda generar la programación en Arduino – IDE, LabVIEW y armado del Arduino – UNO que permita medir potenciales de celdas electroquímicas de reacciones redox conocidas, permitiendo generar un prototipo para la aplicación dentro de las aulas de clase y la adquisición de datos para investigaciones de sistemas electroquímicos.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



1.4 OBJETIVOS



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



1.4.1 Objetivo General

Diseñar, armar y evaluar el funcionamiento del sistema de adquisición Arduino para las mediciones de voltaje en una celda electroquímica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- El armado del sistema Arduino con los componentes para la medición del potencial (voltaje) en una celda electroquímica.
- Programar en Arduino – IDE para obtener mediciones de potenciales en sistemas electroquímicos.
- Programar en LabVIEW la visualización de los datos adquiridos con Arduino – UNO.
- Validar las mediciones de potenciales electroquímicos, mediante dispositivos electrónicos (multímetro y computadora).



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



1.5 ESTADO DEL ARTE



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



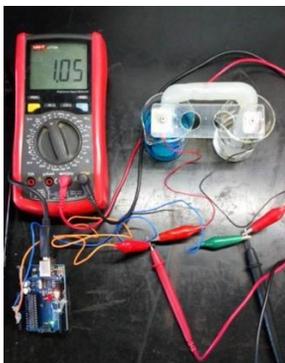
GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



En este apartado se describen las investigaciones más relevantes para el desarrollo de este proyecto. El cual consisten en investigaciones y desarrollos tecnológicos que han utilizado Arduino – Uno.

- En el primer trabajo el investigador Crema y colaboradores [Crema, D. R,2019] aportan los conocimientos básicos de programación y sistema de adquisición de datos con la electroquímica, brindando las herramientas al estudiante de técnicas de selección y conexionado de una placa de adquisición. Para exponer los resultados del experimento se vinculó un multímetro a los electrodos de la celda y a través de ellos se conecta la placa Arduino UNO, la cual permite adquirir los datos, procesarlos y visualización a través de una interfaz, que se programó en un entorno gráfico basado en LabVIEW de National Instruments, disponible en la FRC-UTN con licencia estudiantil.

En la Figura 1 se muestra la celda electroquímica propuesta por Crema que consiste en el sistema de adquisición y la visualización de datos. Se muestra la validación del potencial medido a través del multímetro, que generó la celda; y la interfaz gráfica.



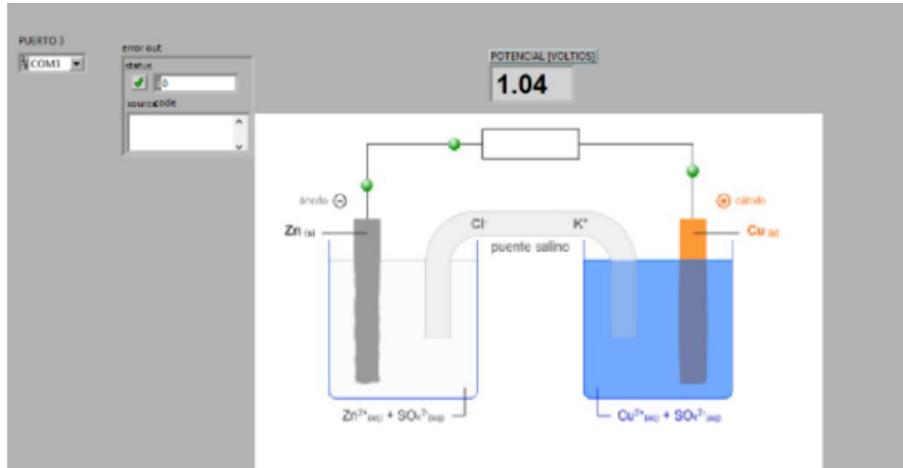


Figura 1. Arduino armado [Crema, 2019]

Además, se demostró la aplicación de la ecuación de Nernst, registrando el potencial de celda luego de variar la concentración de los reactivos, para lo cual se utilizaron soluciones de CuSO_4 y ZnSO_4 de concentraciones diferentes a 1 M. Esto se logró haciendo pasar una corriente eléctrica a través de los electrodos, utilizando como fuente de alimentación el multímetro en modo conductividad de diodo. El resultado observado fue que sobre el electrodo de zinc se depositó cobre, lo que permitió valorizar la reversibilidad de las reacciones planteadas [Crema, 2019].

- En el segundo trabajo Caicedo Rocero nos explica cómo funciona la parte de la electrólisis, la cual en su investigación de tesis nos explica que la electroquímica es una ciencia “que analiza y describe las transformaciones de la materia en la escala atómica mediante cambios de carga electrónica que pueden controlarse mediante dispositivos eléctricos. Tales transformaciones se llaman “reacciones de oxidación-reducción”.

Describiendo los fenómenos importantes dentro de un proceso de electrólisis en una celda electroquímica. Cómo puede verse en la Figura 2 la electrólisis requiere



de una fuerza externa, un voltaje que venza las fuerzas internas de las moléculas y del circuito generado para que el proceso ocurra, lo cual se le llama sobrepotencial. Por tanto, no es un proceso espontáneo y toma importancia el valor de la potencia consumida. En el diseño se busca minimizar el consumo de potencia. Otro factor relevante es la transformación de la materia, controlada por el flujo de corriente (I). Por medio de los electrodos de forma general simplificada la electrólisis se asemeja al circuito equivalente, es por ello, que se hace la analogía simplificada a una resistencia y un capacitor en paralelo con el sistema electrolítico, dado que a medida que avanza la capa depositada puede variar el flujo de alimentación. El efecto capacitivo se debe a la acumulación de energía en la capa depositada en el cátodo. El cual permitirá determinar la energía de carga y descarga del capacitor para que se lleve el proceso de electrólisis, siendo este el potencial de celda que se medirá. [Caicedo Rosero,2021]

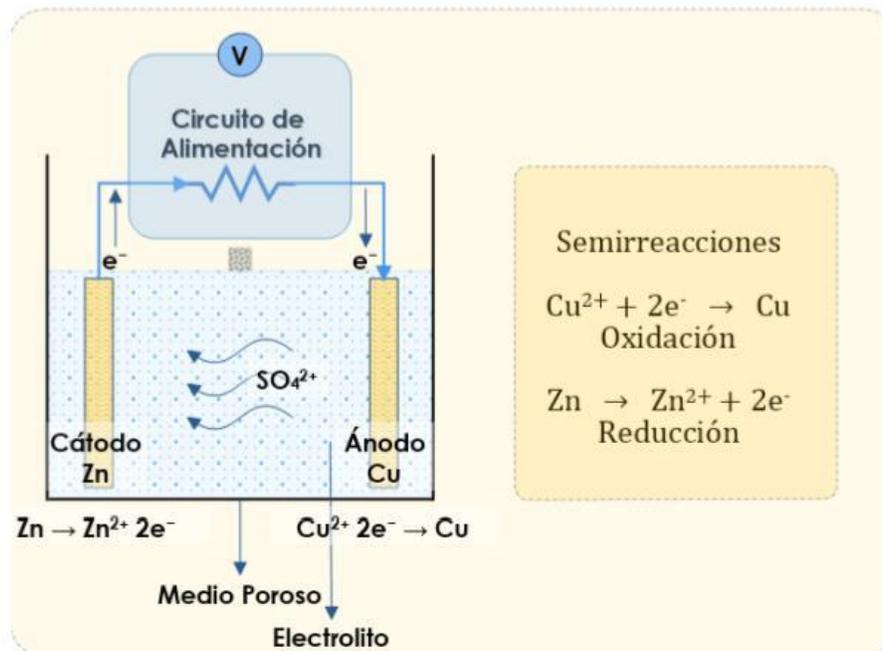


Figura 2: Esquema de proceso electrolítico. [Caicedo Rosero,2021]



- Para la implementación del Arduino-Uno con el software de LabVIEW se investigó en el canal de su plataforma la operación en diversos dispositivos electrónicos como: Una propela (ventilador), una Protoboard, cables Dupont y el componente el cual será el principal Im35 (sensor de temperatura) [LabVIEW para todos,2020].

Se mostro su armado del prototipo paso a paso (Figura 3), la programación en LabVIEW. El armado del código para su manipulación de 34 a 36 grados centígrados como temperatura normal. Se programo qué cuando llegue a 40 grados centígrados empezara a funcionar el motor junto con la propela, ya que esto hará que baje su temperatura ya establecida previamente [LabVIEW para todos,2020]

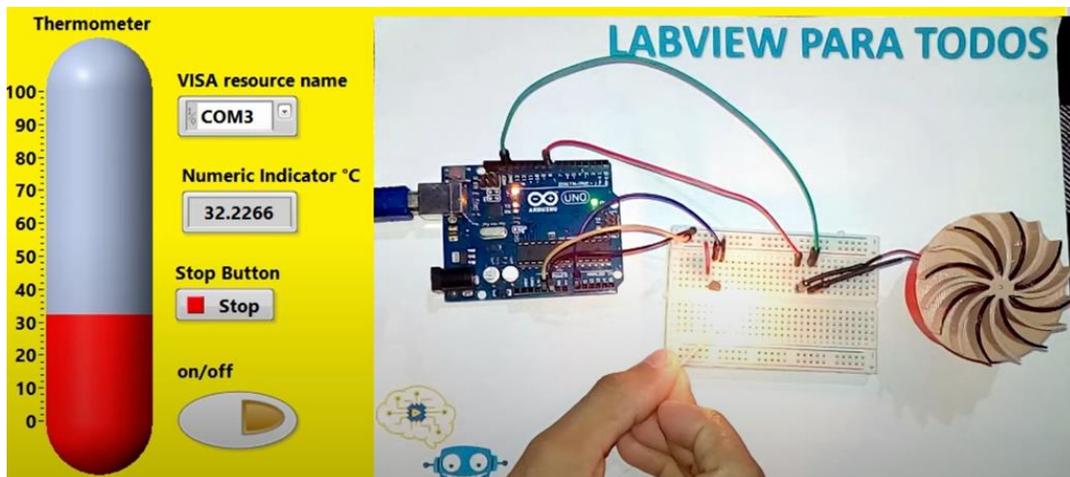


Figura 3. Funcionamiento del sensor de temperatura [LabVIEW para todos,2020]

- No solo se presenta y se analizó el anterior caso del mismo canal se tomó la programación de un sensor de movimiento (hc-sr501). En la parte del armado se comenzará por añadir el sensor dir se conectarán los cables Dupont macho-hembra en su respectivo lugar de conexión donde estarán las entradas de los cables Dupont, de tal forma que la señal de tierra serán los pines de 5 volts y



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



después se toma la tarjeta Protoboard y el sistema Arduino uno (Figura 4).

Se coloca la alimentación de Arduino de 5 volts en la Protoboard y el otro extremo en la parte de la tierra, y también se coloca el sensor hc-sr501 en la Protoboard en la parte de la alimentación en 5 volts en el siguiente orificio de los cables Dupont además de que se tomará su respectiva toma de la tierra en la Protoboard. La señal de la salida será en el pin 1 y 3, después de eso tomo el buzzer y lo coloco en el pin 4 junto con la protoboard.

Se deberá aplicarse la programación respectiva para su funcionamiento, en este caso usaremos el software LabVIEW conectado previamente con el Arduino en el pc la cual se deberá aplicarse de manera adecuada para que así este dispositivo funcione perfectamente. Al hacer una prueba al pasar la mano en el sensor hc-sr501 sonara el buzzer y se verán una gráfica dinámica en tono verde por defecto subiendo y bajando la intensidad del sensor al aproximarse un objeto en movimiento y/o al tener cerca un cuerpo inanimado al sensor este sonara y se verá reflejado en el software LabVIEW (Figura 4). [LabVIEW para todos,2020]

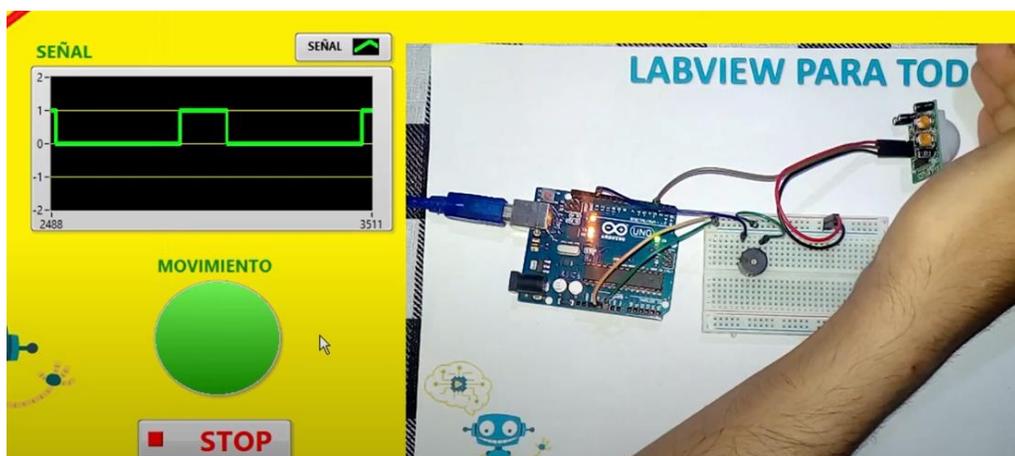


Figura 4. Funcionamiento del sensor de movimiento [LabVIEW para todos,2020]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



- En la tesis de Muñoz Vidal [Muñoz Vidal, J. P, 2019] trabajo un banco de pruebas de una celda electroquímica requiriendo para su compilación un Arduino – UNO R3 con CH340, como sistema para realizar la implementación de los controladores y monitoreo de las variables principales definidas para el proyecto. El sistema Arduino – Uno cuenta con 14 pines digitales de entrada y salida de los cuales 6 proporcionan salidas de PWM y también brinda 6 entradas análogas, igualmente el bajo costo de este y la facilidad. Permitiendo determinar la complejidad del monitoreo, adquisición de datos y su manejo que dependerá de las variables analizar y del control sobre el mismo sistema.

La comunicación entre el Arduino y LabVIEW es implementada utilizando una velocidad de transmisión de 9600 baudios la cual se considera una buena velocidad (Figura 5). Para poder realizar la comunicación se planteó un protocolo de comunicación el cual facilitara el poder identificar los datos enviados entre Arduino y LabVIEW. El envío de LabVIEW al Arduino es un poco más sencillo debido a que solo necesitamos enviar el dato llegue al Arduino el solo preguntara por cual es el dato numérico que se encuentra después de esa letra.[Muñoz Vidal, 2019]

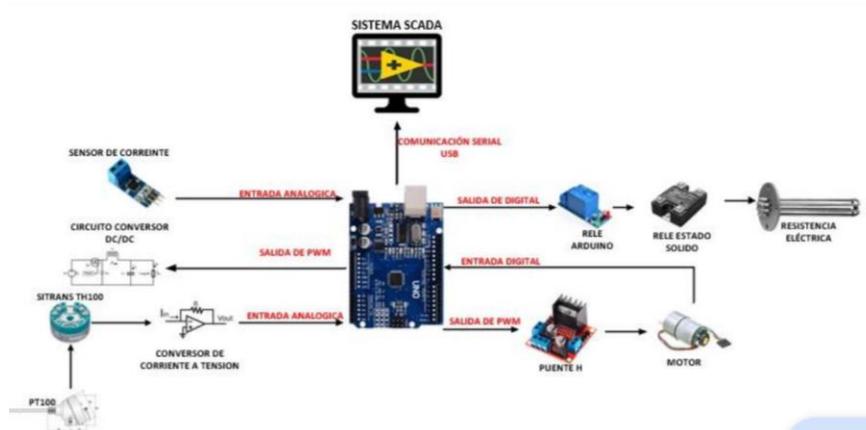


Figura 5. Esquema de la humificación del sistema [Muñoz Vidal, 2019]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Capítulo 2

MARCO TEÓRICO



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



En la ingeniería química las operaciones físicas tales como flujo de fluidos, transporte de calor, transferencia de materia y procesos de separación constituyen una parte muy amplia dentro del diseño de prototipos para la medición, adquisición de datos y visualización de comportamientos. Sin embargo, en cualquier proceso de fabricación en el que se involucren un cambio químico, se debe tener conocimientos especializados.

Cuando se desarrolla un nuevo proceso es necesario disponer de cierta información en relación con la fenomenología que ocurre, el funcionamiento, antes de realizar una evaluación global de los costos del proyecto.

2.1 Procesos fisicoquímicos

Los fenómenos fisicoquímicos son aquellos que modifican, al mismo tiempo, la naturaleza interna (molecular) de las sustancias, a la par que su estado físico, vale decir, su forma o la disposición de sus elementos constitutivos. Por ejemplo: disoluciones, catálisis, electrólisis.

En este último ejemplo se sabe que la electrólisis es un proceso mediante el cual los elementos que forman un compuesto se separan cuando se les aplica electricidad. Este proceso es en el que la energía eléctrica se convierte en energía química como se muestra en la Figura 6.[Gómez Polanco, 2013].

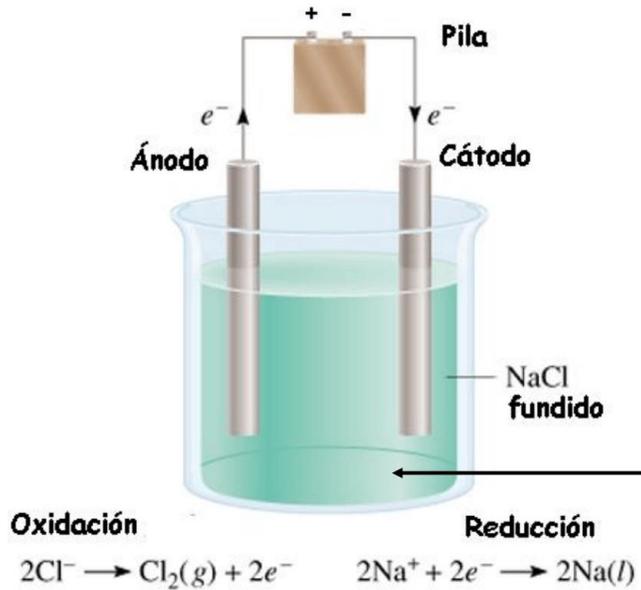


Figura 6. Diagrama de un proceso de electrolisis de NaCl [Gómez Polanco, 2013]

Sin embargo, hay un proceso inverso donde se relaciona con las reacciones químicas que generan una corriente eléctrica, y este proceso se lleva a cabo en una celda o pila galvánica (Figura 7). En dichas reacciones la energía liberada de una reacción espontánea se convierte en electricidad o bien se puede aprovechar para inducir una reacción química no espontanea.[Gómez Polanco, 2013]

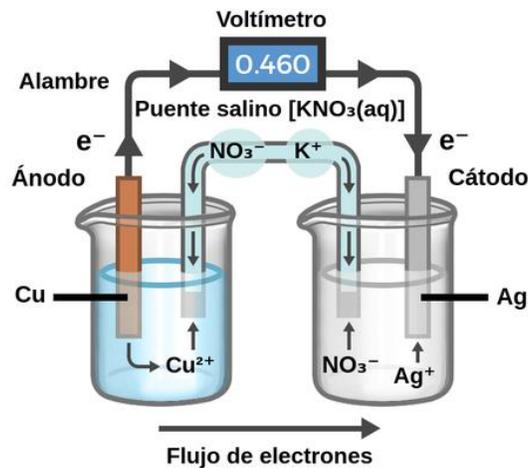


Figura 7. Celda de Galvánica para la reacción de Cu/Ag. [Gómez Polanco, 2013]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



2.2 Electroquímica

La electroquímica es una rama de la química que estudia la transformación entre la energía eléctrica y la energía química. En otras palabras, podemos decir que son las reacciones químicas que se dan en la interfase de un conductor eléctrico y un conductor iónico.

Recuerda que el conductor eléctrico es un electrodo, que puede ser un metal o un semiconductor; y un conductor iónico, es un electrolito, que puede ser una disolución y en algunos casos especiales, un sólido.[Bier, 1987]

2.3 Ley de Coulomb

En 1785, Charles Agustín de Coulomb (1736-1806), físico e ingeniero francés que también enunció las leyes sobre el rozamiento, presentó en la Academia de Ciencias de París, una memoria en la que se recogían sus experimentos realizados sobre cuerpos cargados, y cuyas conclusiones se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Los cuerpos cargados sufren una fuerza de atracción o repulsión al aproximarse.
- El valor de dicha fuerza es proporcional al producto del valor de sus cargas.
- La fuerza es de atracción si las cargas son de signo opuesto y de repulsión si son del mismo signo.
- La fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.
- Estas conclusiones constituyen lo que se conoce hoy en día como la ley de Coulomb.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



La fuerza eléctrica con la que se atraen o repelen dos cargas puntuales en reposo es directamente proporcional al producto de las mismas, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y actúa en la dirección de la recta que las une.

$$F = K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \text{ Ec. 1}$$

donde:

F es la fuerza eléctrica de atracción o repulsión. En el Sistema Internacional se mide en Newtons (N).

Q y q son los valores de las dos cargas puntuales. En el Sistema Internacional. se miden en Culombios (C).

r es el valor de la distancia que las separa. En el Sistema Internacional se mide en metros (m).

K es una constante de proporcionalidad llamada constante de la ley de Coulomb. No se trata de una constante universal y depende del medio en el que se encuentren las cargas. En concreto para el vacío k es aproximadamente $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ utilizando unidades en el Sistema Internacional.

Si te fijas bien, te darás cuenta de que, si incluyes el signo en los valores de las cargas, el valor de la fuerza eléctrica en esta expresión puede venir acompañada de un signo. Este signo será:

positivo. cuando la fuerza sea de repulsión (las cargas se repelen): (+ · + = + o - · - = +)

negativo. cuando la fuerza sea de atracción (las cargas se atraen). (+ · - = - o - · + = -)

Por tanto, si te indican que dos cargas se atraen con una fuerza de 5 N, no olvides que en realidad la fuerza es -5 N, porque las cargas se atraen. [Gutiérrez-Fallas, 2017]



2.4 Ley de Faraday

2.4.1 Primera ley de Faraday

Establece que, para una solución electrolítica dada, la cantidad de material depositado (o liberado) sobre los electrodos es directamente proporcional a la cantidad total de electricidad que pasa a través de la solución. Así pues, la cantidad de reacción química es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que pasa a través de la solución electrolítica.

$$M = k * Q = k * I * t$$

$$M = \frac{Eq}{96500} * I * t$$

$$M = \frac{\text{Peso atómico}}{n^{\circ} \text{ de electrones} * 96500} * I * t$$

M= Masa del electrolito descompuesto

Q= Carga en culombios [C] (1 Faraday de electricidad=96500 Columbios)

I: intensidad en amperios [A]

T: tiempo en segundos [s]

k: es la constante de proporcionalidad, característica de una sustancia y se llama equivalente electroquímico. El cuál es la masa de electrolito descompuesto por un culombio de electricidad, o por una corriente de intensidad de un amperio en un segundo.

Eq: Equivalente químico

2.4.2 Segunda ley de Faraday y Tercera ley de Faraday

Establece que si, por distintas celdas electrolíticas que contiene diferentes electrolitos, se hace pasar la misma cantidad de electricidad, en los electrodos se depositan cantidades de sustancia en proporción directa al peso equivalente del elemento químico.



Se puede decir que la cantidad de electricidad que es necesaria para que se deposite 1 equivalente gramo de un elemento es $F = 96500$ culombios (constante de Faraday). Como 1 gramo es igual al peso atómico / n° de oxidación en gramos:

$$M = k * Q = \frac{\text{Peso atómico}}{n^\circ \text{ de electrones} * 96500} * Q$$

$$M = k * I * t = \frac{\text{Peso atómico}}{n^\circ \text{ de electrones} * 96500} * I * t$$

M y k en los electrodos se depositarán cantidades de sustancia en la proporción al peso equivalente del elemento químico [Técnico et. al].

2.5 Fuerza electromotriz

La Fuerza electromotriz, o FEM, es la diferencia de potencial máxima entre dos electrodos en una celda electroquímica. Permite conocer la energía que puede ser suministrada por una celda electroquímica para mover un electrón a través de un circuito eléctrico.

2.6 Unidad de fuerza electromotriz.

En el Sistema Internacional, la fuerza electromotriz se mide en voltios (V), que es una unidad que se puede usar para medir potencial eléctrico: 1 voltio equivale a $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$.

Ahora qué ya sabemos cómo expresar la fuerza electromotriz, ¿Cómo se puede saber el valor de la fuerza electromotriz en una celda electroquímica?

Se puede saber en la unidad de fuerza en el Sistema Internacional donde n es N (número de electrones transferidos en la celda electroquímica), mientras que la unidad de fuerza electromotriz es V; por esto, la fuerza electromotriz en realidad no es una fuerza, sino una medida de potencial.



2.7 Fuerza electromotriz: voltímetro.

La forma más sencilla de conocer la fuerza electromotriz de una celda electroquímica en un laboratorio es midiéndola directamente con un voltímetro. es un instrumento que se emplea para medir la fuerza electromotriz (diferencia de potencial) entre dos puntos en un circuito eléctrico.

En la figura 8, el uso del voltímetro se usa para medir la fuerza electromotriz en una celda electroquímica. Si conecta un voltímetro entre los dos electrodos de una celda electroquímica, como se muestra en la Figura 8, se podrá saber su fuerza electromotriz de forma rápida y fácil.

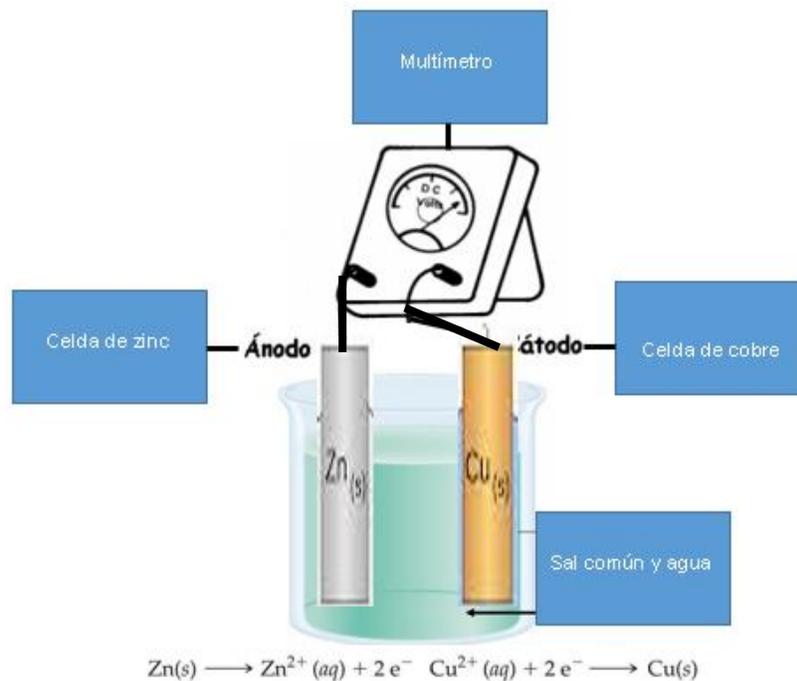


Figura 8 uso de la fuerza electromotriz mediante el voltímetro



2.8 Fuerza electromotriz: forma teórica.

Para realizar la medición de la fuerza electromotriz de forma teórica, puedes utilizar fórmulas para calcularla. La fórmula que debes emplear dependerá de si te encuentras bajo condiciones estándar o no. Las condiciones estándar se definen como:

- Temperatura de 25°C.
- Presión de 1atm.
- Concentración de 1M

2.9 Fuerza electromotriz a partir de potenciales de electrodos estándar

Si se encuentra bajo condiciones estándar, puede emplear los potenciales estándar de reducción de los electrodos involucrados en la celda electroquímica. El potencial estándar de reducción es la fuerza electromotriz de una celda cuando está conectada como cátodo al electrodo estándar de la solución electrolítica de agua con sal común, como se muestra en la Figura 9.

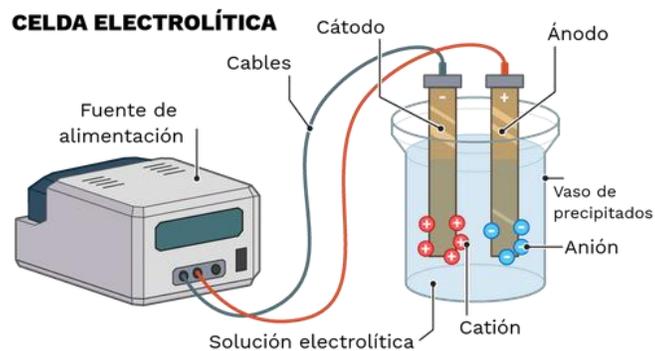


Figura 9 Celda electrolítica del Cátodo y del ánodo mediante una solución electrolítica de agua con sal común.

Si conoces el potencial estándar del cátodo ($E^{\circ}cat$) y el potencial estándar del ánodo ($E^{\circ}an$), la fuerza electromotriz de la celda electroquímica será:

$$E^{\circ}celda = E^{\circ}cat + E^{\circ}an$$



Los potenciales estándar de reducción se pueden encontrar en tablas, al final de la mayoría de los libros de química.

Fuerza electromotriz en condiciones no estándar: ecuación de Nernst.

Cuando la temperatura no es 25°C, la presión no es 1atm, o la concentración de alguno de los componentes de la celda no es 1M, usamos la ecuación de Nernst para calcular la fuerza electromotriz:

$$E_{\text{celda}} = E^{\circ}_{\text{celda}} - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

En esta ecuación:

E_{celda} Es el potencial de la celda en condiciones no estándar.

E°_{celda} Es el potencial de la celda en condiciones estándar calculado a partir de los potenciales estándar del cátodo y el ánodo.

R Es La constante de los gases ideales ($8,314 \frac{J}{mol \cdot K}$)

T Es temperatura en K.

n Es el número de electrones transferidos en la celda electroquímica.

F Es la constante de Faraday ($96.500 \frac{C}{mol}$)

Q Es coeficiente de reacción.

2.10 Celdas electroquímicas

Las celdas electroquímicas tienen dos electrodos, el ánodo y el cátodo. El ánodo se define como el electrodo en el que se lleva a cabo la oxidación y el cátodo donde se efectúa la reducción. Los electrodos pueden ser de cualquier material que sea un conductor eléctrico, como metales, o semiconductores. También se usa mucho el grafito debido a su conductividad y a su bajo costo. Para completar el circuito eléctrico, las disoluciones se conectan mediante el puente salino. Los



cationes disueltos se mueven hacia el cátodo y los aniones hacia el ánodo. La corriente eléctrica fluye del ánodo al cátodo porque existe una diferencia de potencial eléctrico entre ambos electrolitos. Esa diferencia se mide con la ayuda de un voltímetro y es conocida como el voltaje de la celda. También se denomina fuerza electromotriz (fem) o bien como potencial de celda. En una celda galvánica donde el ánodo sea una barra de Zinc y el cátodo sea una barra de Cobre, ambas sumergidas en soluciones de sus respectivos sulfatos, y unidas por un puente salino se la conoce como Pila de Daniell (Figura 10).[Jaramillo]

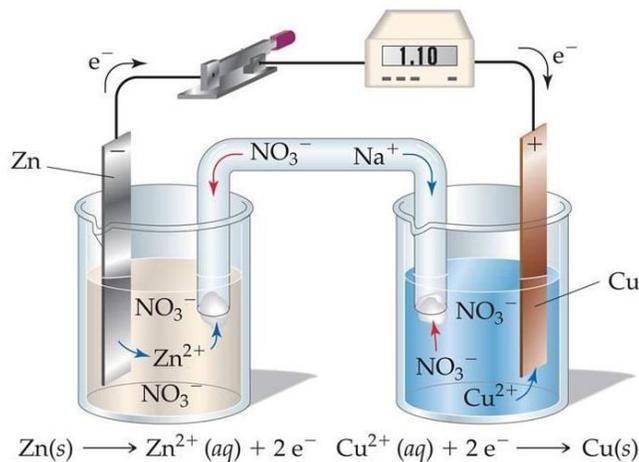


Figura 10. Celda de Daniell [Jaramillo]

Las semi – reacciones las puedes ver en la siguiente Figura 11.

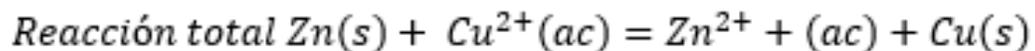
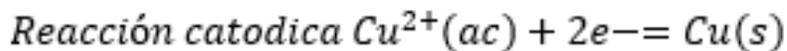
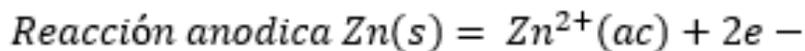


Figura 11. Reacciones de la celda de Daniell [Jaramillo]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



El potencial de reducción es una medida de la capacidad de una especie para ganar electrones y reducirse en el proceso. En una reacción química, la oxidación y la reducción ocurren en conjunto. Por lo tanto, estas reacciones se denominan reacciones redox (reducción + oxidación). Generalmente, las medias ecuaciones se escriben como ecuaciones de reducción, y el potencial de electrodo estándar se escribe como potencial de reducción estándar. Esto se hace para evitar confusiones y mantener la uniformidad. Como el potencial de oxidación es solo el negativo del potencial de reducción, únicamente hay que calcular uno de ellos.[Gómez-Biedma, 2002]

2.12 Serie electroquímica

Los potenciales de electrodo estándar, E° , pueden enumerarse como una serie electroquímica. También se denomina Tabla de potenciales de electrodo, esta tabla se compone de medias reacciones de especies que se reducen, e indica el potencial de reducción de esa media reacción (Figura 13).



	$\text{Li}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,05	
	$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,93	
	$\text{Ca}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,87	
	$\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,71	
	$\text{Mg}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,37	
	$\text{Al}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66	
	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,83	
	$\text{Zn}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,76	
	$\text{Cr}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,74	
	$\text{Fe}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44	
	$\text{Ni}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,25	
	$\text{Sn}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,14	
	$\text{Pb}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,13	
	$2 \text{H}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0	
	$\text{CrO}_4^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5 \text{OH}^-$	+0,13	
	$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	+0,15	
	$\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	+0,20	
	$\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,34	
	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 e^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^-$	+0,40	
	$\text{I}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	+0,54	
	$\text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^-$	+0,59	
	$\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	+0,68	
	$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,77	
	$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	+0,80	
	$\text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,80	
	$\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 e^- \rightleftharpoons \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$	+0,96	
	$\text{Br}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{Br}^-$	+1,09	
	$2 \text{IO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 e^- \rightleftharpoons \text{I}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	+1,20	
	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 e^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	+1,23	
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 e^- \rightleftharpoons 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$	+1,33	
	$\text{Cl}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-$	+1,36	
	$\text{ClO}_3 + 6 \text{H}^+ + 6 e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3 \text{H}_2\text{O}$	+1,45	
	$\text{Au}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,50	
	$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	+1,51	
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	+1,78	
	$\text{F}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{F}^-$	+2,87	

Figura 13. Potenciales estándar de reducciones para series electroquímicas [Raymond Chang ,2003]

La convención de la IUPAC es escribir siempre las medias reacciones como reacciones de reducción; es decir, las especies siempre se muestran ganando electrones. Por ello, el potencial de electrodo estándar de cualquier especie es el mismo que su potencial de reducción estándar. Esto se hace para establecer un estándar cuando se comparan los potenciales de electrodo de dos especies cualesquiera. [Raymond Chang ,2003]

2.13 Técnicas electroquímicas

Este problema puede superarse en algunos casos empleando técnicas electroquímicas que permiten la determinación de velocidades instantáneas de corrosión en ensayos de corta duración (ensayos de laboratorio).



2.14 El método potencioestático

Para la realización de experiencias de polarización se precisa de una celda electroquímica, donde se pongan en contacto el medio agresivo y el material metálico bajo estudio. Esto constituye el electrodo de trabajo, cuyo potencial se mide o impone en cada instante con respecto a un electrodo de potencial constante, el electrodo de referencia, cerrando el circuito con el contraelectrodo o electrodo auxiliar, generalmente de material inerte (p. ej. Pt), por el que atraviesa la corriente a registrar. Un esquema de la instalación potencioestato-celda electroquímica se presenta a continuación:

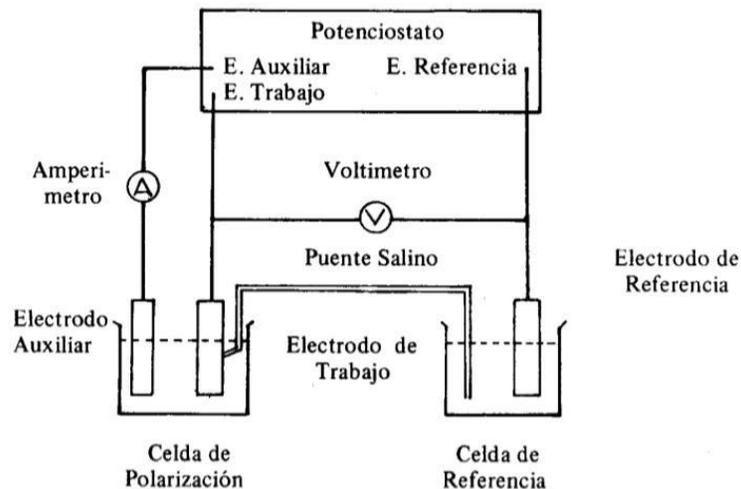


Figura 14: instalación potencioestato-celda electroquímica. [Iza Toapanta, 2016]

En la actualidad existen potencioestatos con registro gráfico incorporado, que imponen entre los electrodos de referencia y de trabajo, el potencial deseado, o lo hacen variar a una velocidad prefijada, con una gama amplísima de posibilidades para realizar el trazado de las curvas de polarización. [Iza Toapanta, 2016]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Los estudios que pueden realizarse con este método son innumerables. Puede determinarse a nivel de laboratorio la eficiencia de una variedad de inhibidores para una serie de medios agresivos en metales diferentes. Naturalmente, los resultados que puedan obtenerse en ensayos potencioestáticos, por lo general, solamente proporcionan una idea del comportamiento de las muestras frente al medio agresivo, y no así un valor absoluto de velocidad de corrosión. Esto es lógico esperar dado que difícilmente se consigue en el laboratorio simular todas las condiciones que se presentan en la práctica. Estas condiciones pueden variar involuntariamente e influir, determinando mayor o menor resistencia a la corrosión, según el caso, y porque el comportamiento de una probeta de ensayo es diferente al de una estructura real, la cual está influenciada por otro tipo de tensiones adicionales.

Sin embargo, considerando estas limitaciones, la aceptación de los ensayos electroquímicos como métodos alternativos de proyección, radica en que, a partir de ellos, puede obtenerse, de manera rápida, información sobre la velocidad de corrosión, datos que son de gran utilidad en el momento de seleccionar y evaluar un material que ha de estar sometido a determinadas condiciones agresivas. [Lock, 1988]

2.15 Ruido Electroquímicos

La formación de rayas diminutas en los electrodos metálicos por la acción de un electrólito semejantes a huellas de abrasión dio pie a Iberos para postular que cierto tipo de corrosión de los metales produce saltos esporádicos de iones en diferentes puntos anódicos, produciendo fluctuaciones de potencial que se podrían deber a pequeños cambios transitorios en la carga eléctrica sobre el electrodo.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Procesos como el picado u otras formas de ataque localizado, cambian drásticamente el valor de la resistencia anódica sobre una pequeña área del electrodo. En un circuito abierto, el potencial de electrodo caerá rápidamente y si el área donde se haya roto la película se repasa, se recuperará lentamente

Una vez sucede el fenómeno que genera la señal de ruido, es posible manejar algoritmos que permiten relacionar la señal y lo que está ocurriendo en el sistema electroquímico, analizando los registros de potencial o corriente en el tiempo por métodos matemáticos o estadísticos. Entre los métodos matemáticos puede destacarse el método de la transformada rápida de Fourier (FFT), que permite interpretar varias señales de excitación del sistema electroquímico al mismo tiempo. [Tamayo,2006]

En la Figura 15, ilustra un diagrama típico logrado mediante la transformada rápida de Fourier, conocido como gráfico del espectro de densidad de energía. En estos gráficos se busca determinar la relación o dependencia entre la amplitud del ruido y la frecuencia, que es del orden de f^o , donde o es la pendiente de la recta promedio de las amplitudes del ruido.

Algunos investigadores han relacionado el valor de α con el tipo de corrosión presentado, planteando que los valores cercanos a -20 db corresponden a corrosión generalizada y los cercanos a -10 db a corrosión por picado.[Escobar, 2011]

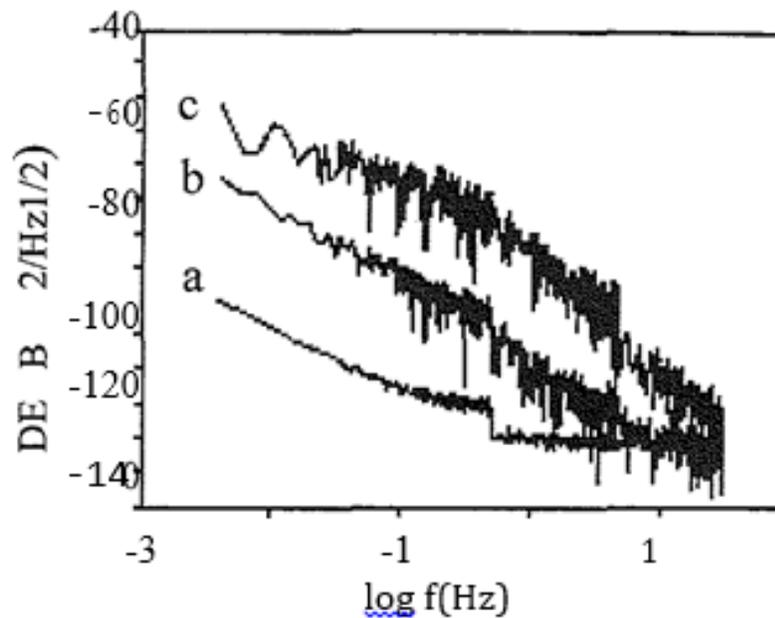


Figura 15 Ejemplo de ruido electroquímico [Escobar, 2011]

2.16 Que es Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica «open-source» o de código abierto cuyos principios son contar con software y hardware fáciles de usar. Básicamente lo que permite esta herramienta es la generación de infinidad de tipos de microordenadores de una sola placa, que luego pueden tener una amplia variedad de usos según la necesidad de la persona que lo cree. Es decir, una forma sencilla de realizar proyectos interactivos para cualquier persona. (Banzi, Cuartielles et al. 2014). [Artero, 2013]

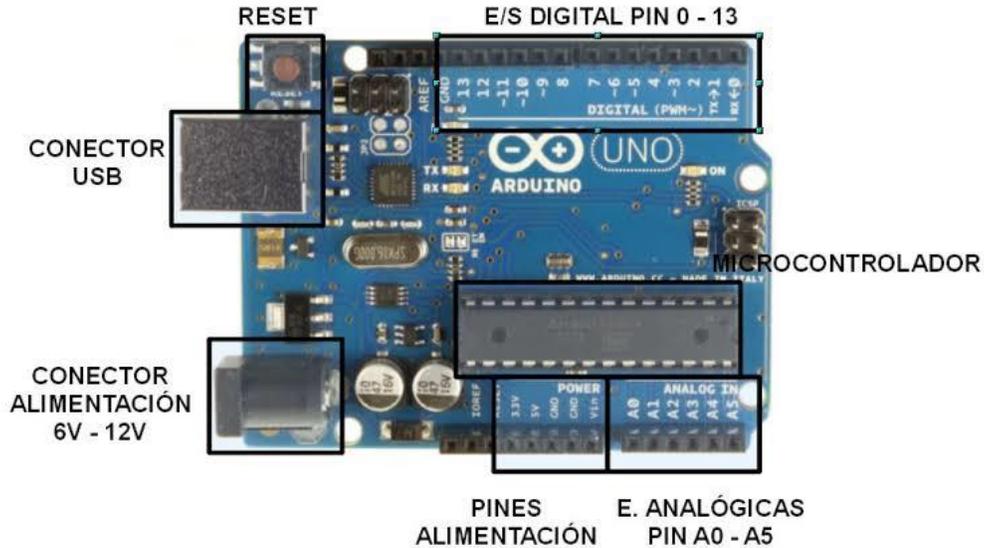


Figura 16: Arduino UNO con nombre de los componentes [Artero, 2013]

Actualmente, el uso de Arduino puede catalogarse en dos grandes grupos (Tabla 1):

Tabla 1. categorías en las que se define el Arduino a partir de su funcionamiento

Categoría	Funcionamiento
Microcontrolador	Funciona de forma independiente de éste, y controla y alimenta determinados dispositivos y toma decisiones de acuerdo con el programa descargado e interactúa con el mundo físico gracias a sensores y actuadores.
Interfaz	Ejecuta una determinada tarea, para traducir dicha tarea en el mundo físico a una acción.

2.17 Aplicaciones del Arduino

Las aplicaciones de Arduino son diversas, sin embargo, estos dispositivos se usan especialmente en la automatización industrial, en la domótica, robótica, electrónica, y por supuesto se usa mucho para la educación, específicamente en la programación, la cual se complementa con el hardware de estos dispositivos.



Con el proyecto Arduino, serás capaz de controlar desde las luces de tu casa para prenderlas con voz, hasta la creación de una caja fuerte automática.(Morales Hernández 2012). Es por ello por lo que presenta ventajas y desventajas su aplicación (Tabla 2).[Morales Hernández, 2012]

Tabla 2. Ventajas y desventajas de su aplicación del Arduino

Ventajas	La mayor ventaja de es su estructura lista para usar. - No se tiene que pensar en las conexiones del programador para la programación o cualquier otra interfaz y sólo se tiene que conectar al puerto USB de tu ordenador
	Funciones sin esfuerzo. - Durante la codificación, notarás algunas funciones que hacen la vida mucho más fácil
	Capacidad de conversión automática de unidades. - Sepuede decir que durante la depuración no tienes que preocuparte por las conversiones de unidades
	Comunidad. - Foros presentes en Internet y propio sitio web de Arduino
	[Goilav, 2016]
Desventajas	Estructura. - Durante la construcción de un proyecto tienes que hacer su tamaño lo más pequeño posible.
	Costo. - Este es el problema que todo aficionado, ingeniero o profesional tiene que enfrentar.
	Facilidad de uso. - La facilidad de uso del hardware/software de Arduino hace que una persona no pueda aprender lo básico de muchas cosas como la comunicación en serie. [PIZARRO PELÁEZ, 2019]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



2.18 Programación

En el ámbito de la informática, la programación refiere a la acción de crear programas o aplicaciones a través del desarrollo de un código fuente, que se basa en el conjunto de instrucciones que sigue el ordenador para ejecutar un programa. La programación es lo que permite que un ordenador funcione y realice las tareas que el usuario solicita. [Ferreira Szpiniak, 2006]

2.19 Lenguaje de la programación

El lenguaje de programación es un idioma artificial prediseñado formado por signos, palabras y símbolos que permite la comunicación entre el programador y el ordenador. Las instrucciones que sigue el ordenador para la ejecución de aplicaciones y programas están escritas en lenguaje de programación y luego son traducidas a un lenguaje de máquina que puede ser interpretado y ejecutado por el hardware del equipo (parte física).[Hurtado, 2015]

2.20 Tipos de lenguaje de la programación:

2.20.1 Java

Es uno de los lenguajes de programación de código abierto más populares. Java fue comercializado por primera vez 1995 por Sun Microsystems. Está detrás de muchas webs y aplicaciones, de consolas y súper ordenadores, de móviles y de hasta Internet. [de Guevara, 2011]



Figura 17: JAVA y sus aplicaciones [de Guevara, 2011]

2.20.2 C++:

C++ permite la manipulación de objetos y tiene como base el lenguaje C. Se le reconoce como uno de los lenguajes de programación multiparadigma (programación orientada a objetos y estructurada). Es una de las herramientas más populares por su versatilidad y potencia. [Carrillo, 2005]

2.20.3 Lenguaje de C++:

C++ es un ejemplo de lenguaje de programación compilado, multiparadigma, principalmente de tipo imperativo y orientado a objetos, incluyendo también programación genérica y funcional, características estas últimas que comentaremos más adelante en el curso.

Un programa escrito en un lenguaje imperativo es un conjunto de instrucciones que indican al computador cómo realizar una tarea.



En un lenguaje imperativo:

- Se conoce en cada paso del programa su estado, determinado por el valor que toman las variables utilizadas.
- Se altera el estado del programa a través de sentencias.

La implementación hardware de la mayoría de los computadores está diseñada para ejecutar código máquina escrito en forma imperativa:

- las variables son posiciones de memoria
- las sentencias son instrucciones

En este curso nos centraremos en la parte imperativa del lenguaje C++, que es básicamente la misma que la del lenguaje C.[Carrillo, 2005]

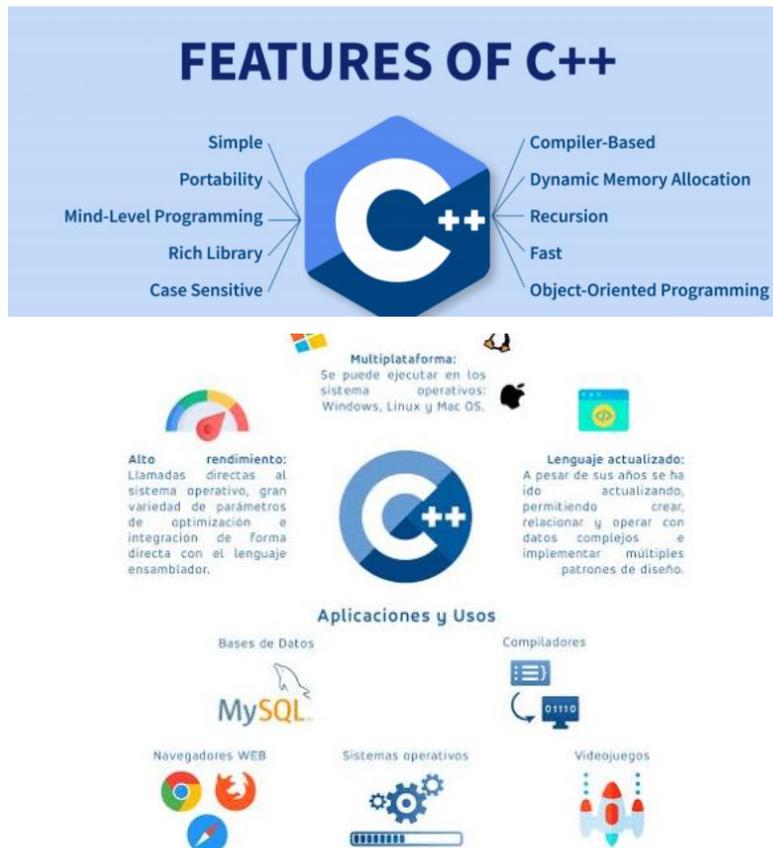


Figura 18: C++ y sus características [Carrillo, 2005]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



2.20.4 C#:

C# es un lenguaje creado por Microsoft con seguridad de tipos y orientado a objetos. Se diseñó para ejecutarse en la plataforma .NET. C# se usa para el desarrollo de juegos, servicios web XML, componentes distribuidos, aplicaciones cliente-servidor, etc. La sintaxis de C# es muy reconocida, por lo que si estás familiarizado con Java o C++ no te será difícil aprenderlo. [Arias, 2015]



Figura 19: C# y sus aplicaciones [Arias, 2015]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



DE ESTUDIOS
SUPERIORES
TECNOLÓGICO
DE ECATEPEC

2.20.5 Python:

Python se origina a finales de los 80 y principios de los 90. Su programación se orienta a objetos y se emplea para hacer aplicaciones genéricas (juegos, web o de escritorio), en la informática científica y big data, que ahora está muy de moda. Su código es de distribución libre, por lo que no tendrás que pagar licencias para utilizarlo. [Challenger-Pérez, 2014]



Figura 20: Python y sus aplicaciones [Challenger-Pérez, 2014]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



2.20.6 JavaScript:

Es uno de los lenguajes de programación más importantes y según datos, lo utilizan un 80% de los desarrolladores y un 95% de todos los sitios web. Las ventajas de JavaScript se sitúan en el lado del front-end, y varios frameworks que soporta como React y Angular JS tienen un gran potencial para mejorar la experiencia del usuario en la web. Se trata en definitiva de un tipo de lenguaje ligero, multiplataforma, estructurado y orientado a objetos y eventos.[Eguíluz Pérez, 2012]



Figura 21: JAVASCRIPT y sus aplicaciones [Eguíluz Pérez, 2012]



2.20.7 LabVIEW:

LabVIEW es una plataforma de diseño de sistemas y entorno de desarrollo creada por National Instruments Corporation para diversas aplicaciones de ingeniería. Proporciona un enfoque de programación gráfica que permite analizar y visualizar cada aspecto, incluyendo la configuración del hardware, los datos de medición y la depuración. [Ponce, 2011]



Beneficios de:

LabVIEW

LabVIEW una plataforma de desarrollo de software gráfico, permite crear plataformas que automatizan el proceso productivo de una planta de producción. Integra hardware y software para crear una plataforma totalmente personalizada.

- Medición de Sistemas**
Con labVIEW se puede medir, visualizar y analizar sistemas físicos con sensores y actuadores.
- Pruebas de Producción**
Creación de aplicaciones que controlan instrumentos y diseñar interfaces para optimizar el rendimiento.
- Validación Automatizada**
Automatiza la validación de productos para cumplir con los requerimientos de rendimiento.
- Diseño industrial**
Permite crear equipos industriales y maquinas inteligentes con software y hardware integrado y personalizado.

Figura 22: LabVIEW y sus beneficios [Ponce, 2011]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



2.21 ¿Para qué se utiliza el software LabVIEW?

LabVIEW otorga el poder de controlar sistemas, diseñar circuitos de grado industrial, implementar controles, desarrollar campos de instrumentación de ingeniería, y programar sistemas de medición. Está diseñado para estudiantes, ingenieros, electricistas, profesionales e incluso simples aficionados. Además, permite crear aplicaciones de ingeniería capaces de trabajar con cualquier tipo de hardware o instrumentos.

Esta plataforma de desarrollo de sistemas incluye bibliotecas de ingeniería de software para una cómoda consulta. LabVIEW es un entorno gráfico de programación. El lenguaje utilizado para programar en él se llama «Lenguaje G, donde la «G» simboliza que es un lenguaje de tipo gráfico.

Los programas desarrollados en LabVIEW se llaman VI's (Virtual Instruments), su origen provenía del control de instrumentos, pero hoy en día su uso se ha expandido más allá.

LabVIEW tiene un entorno de programación gráfico, por lo que los programas no se escriben, sino que se dibujan, una labor facilitada gracias a que LabVIEW consta de una gran cantidad de bloques prediseñados.

Los programas se dividen en dos partes bien diferenciadas, una llamada «Panel Frontal», y otra «Diagrama de Bloques».[Vizcaíno, 2011]

- Panel Frontal: es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. En esta interfaz se definen los controles (los usamos como entradas, pueden ser botones, marcadores etc..) e indicadores (los usamos como salidas, pueden ser gráficas, etc....).



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



- Diagrama de Bloques: es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan (el código que controla el programa). Suele haber una tercera parte icono/conector que son los medios utilizados para conectar un VI con otros VIs.

En el panel frontal, encontraremos todo tipos de controles o indicadores, donde cada uno de estos elementos tiene asignado en el diagrama de bloques una terminal, es decir el usuario podrá diseñar un proyecto en el panel frontal con controles e indicadores, donde estos elementos serán las entradas y salidas que interactuarán con la terminal del VI.

Podemos observar en el diagrama de bloques, todos los valores de los controles e indicadores, como van fluyendo entre ellos cuando se está ejecutando un programa VI. [Vizcaíno, 2011]



Figura 23: ejemplo de interfaz de LabVIEW . [Vizcaíno, 2011]



2.22 Ventajas y desventajas del programa LabVIEW:

2.22.1 Ventajas:

1. Los objetos al ser bastante gráficos sugieren al usuario su utilización durante el desarrollo del programa, por lo que también ayuda a entender a personas ajenas al proyecto, ya que con solo mirar las formas, colores y etiquetas sabrá cual es la finalidad de cada parte del programa.
2. Los tipos de datos de LabVIEW y las formas son muy similares a los tipos de datos lenguaje de programación tradicionales.
3. El programa soporta errores de tipo lógico (valor/0)
4. Soporte
5. Menor Costo
6. Entorno de Windows
7. Fácil de aprender y usar. [Sánchez Tizapantzi].

```
int32 sp = 0;

// initialize stack
// which contains a pair of index
stack[sp++] = 0;
stack[sp++] = sizeofDim(numArr,0) - 1;

// as long as stack is not empty
// continue calculation
while(sp)
{
    int32 p, r, j, i;
    float f;

    // take beginning and ending
    // index off the stack
    p = stack[sp - 2];
}
```

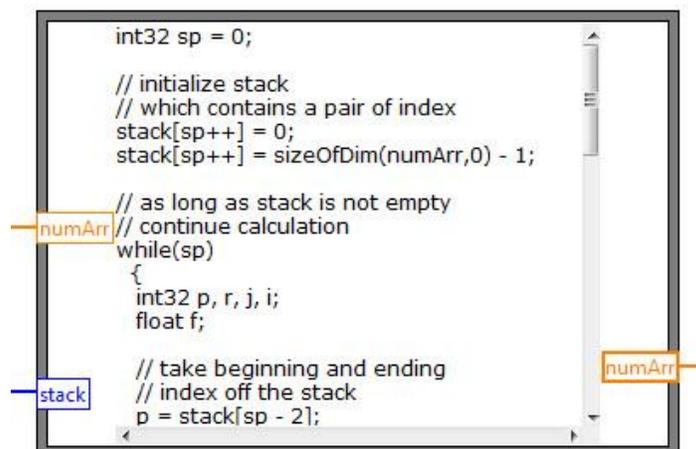


Figura 24: El Nodo de Fórmula usa sintaxis similar a C para representar expresiones matemáticas de una forma concisa en formato basado en texto.[Sánchez Tizapantzi].



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



2.22.2 Desventajas:

1. El detalle con los objetos es que para cambiar el tamaño es necesario agregar más entradas o salidas al mismo con el consecuente cambio en el flujo del programa.
2. Los objetos de LabVIEW no disponen de pines de secuencia. Los objetos se secuenciarán por el flujo de datos y si esto no es posible, entonces se utilizará un sistema de ventana se requiere de múltiples capas.
3. A pesar de que los cables de unión entre nodos usan color para comunicar el tipo de dato que llevan, este no conviene el a este tipo de dato, solo es para fin informativo.
4. Programadores de LabVIEW necesitan utilizar objetos específicos para el tipo de datos con los que trabajan y el tipo de extracción que quieren llevar a cabo. La matriz o clúster junto con las constantes se debe conectar al objeto de extracción para extraer los datos deseados.
5. Para llamar a un VI de LabVIEW que tiene que ser colocado en el diagrama de cableado y con los datos, Menos Capacidad de procesamiento y su Seguridad (menos niveles de acceso). [Sánchez Tizapantzi]

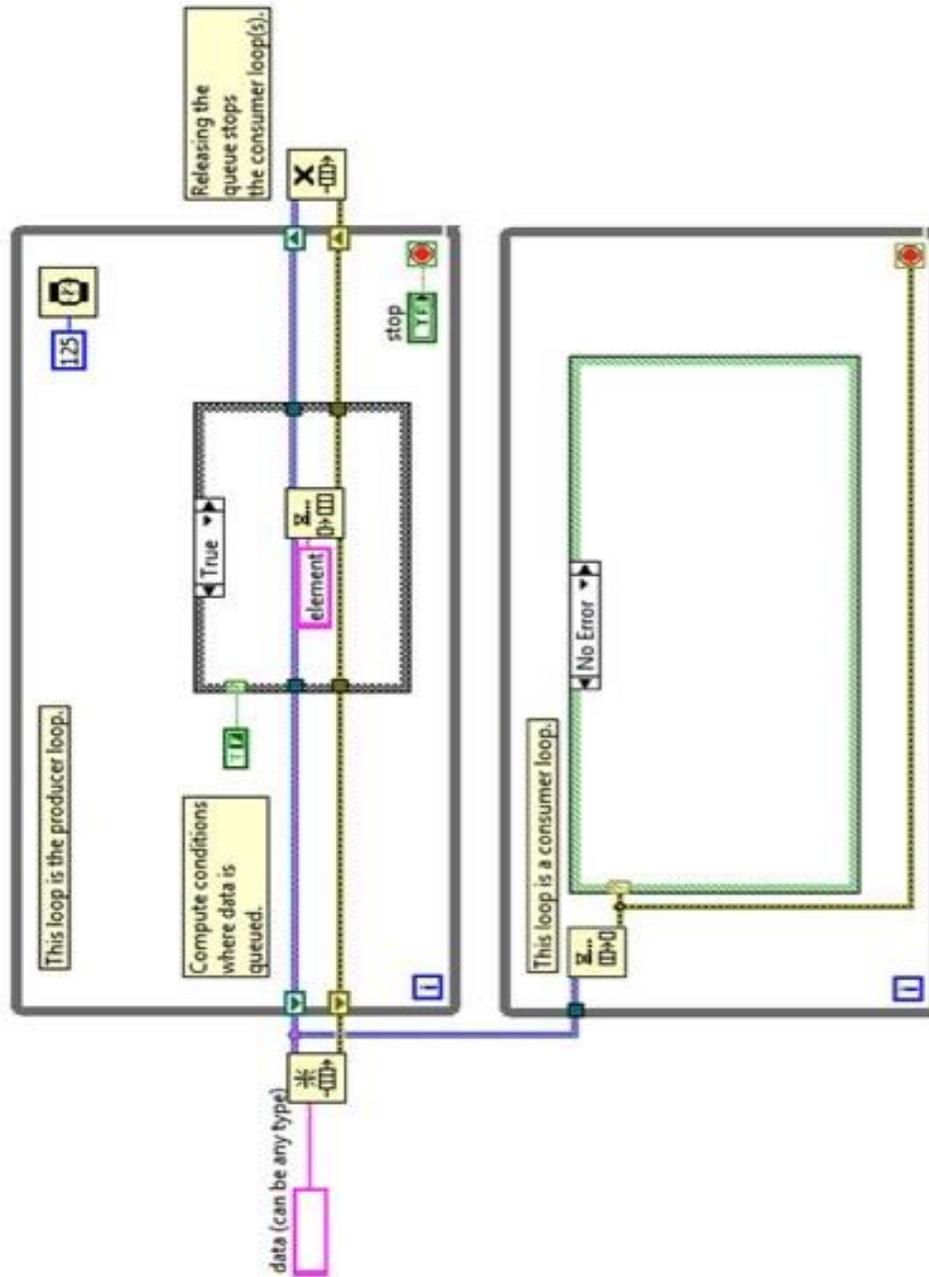


Figura 25: El patrón de diseño productor/consumidor de LabVIEW generalmente se usa para aumentar el rendimiento de las aplicaciones que requieren tareas paralelas. [Sánchez Tizapantzi]



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Capítulo 3

METODOLOGÍA



Para el desarrollo de la parte experimental se derivó en tres etapas: la primera consistirá en el desarrollo del armado del sistema, la segunda es la programación y la tercera que tratara de la evaluación de armado.

3.1 Diseño:

Para hacer todo este proyecto se hicieron 2 tipos de diseño de la celda, para determinar cuál permite una medición más precisa y rápida. En la figura 26 se muestra el sistema electroquímico donde se presenta un puente salino, utilizado para conectar las semi celdas de oxidación y reducción de una celda electroquímica (galvánica). Su función del puente salino es la de aislar los contenidos de las dos partes de la celda, mientras se mantiene el contacto eléctrico entre ellas.

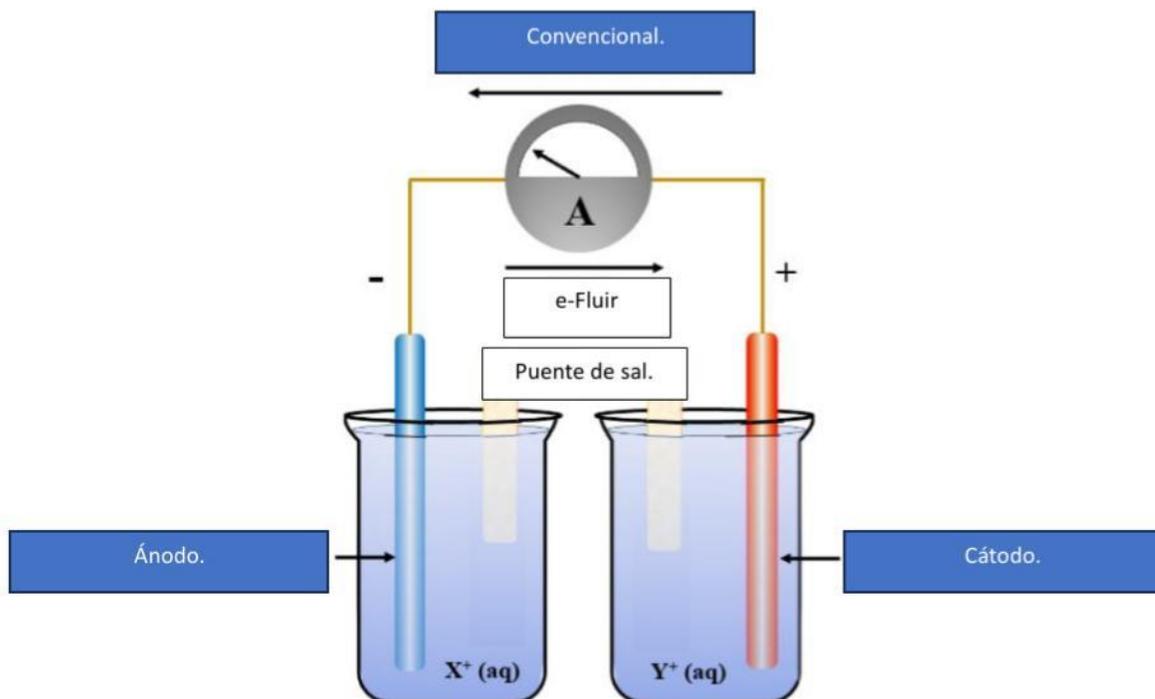


Figura 26: Diseño 1: proyecto del armado de la celda electroquímica mediante un puente salino de cloruro de sodio sal o sal común.



El otro arreglo es sin tener el puente salino, donde existe una celda completa. Es decir, los dos electrodos están sumergidos en el mismo electrolito, (NaCl – saturado). Esto permitiendo el contacto directo entre los dos electrodos, obsérvese en la figura 27:

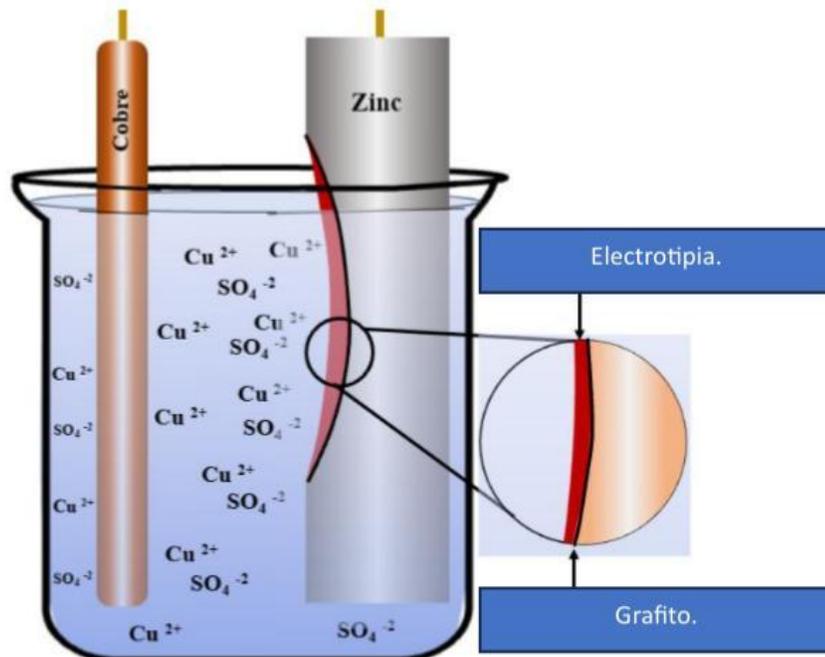


Figura 27: Diseño 2: proyecto del armado de la celda electroquímica

3.2 Armado del Arduino – UNO

A continuación, les presentaremos en donde se pondrán las conexiones de los cables Dupont en el Arduino para que se tenga una mejor explicación.

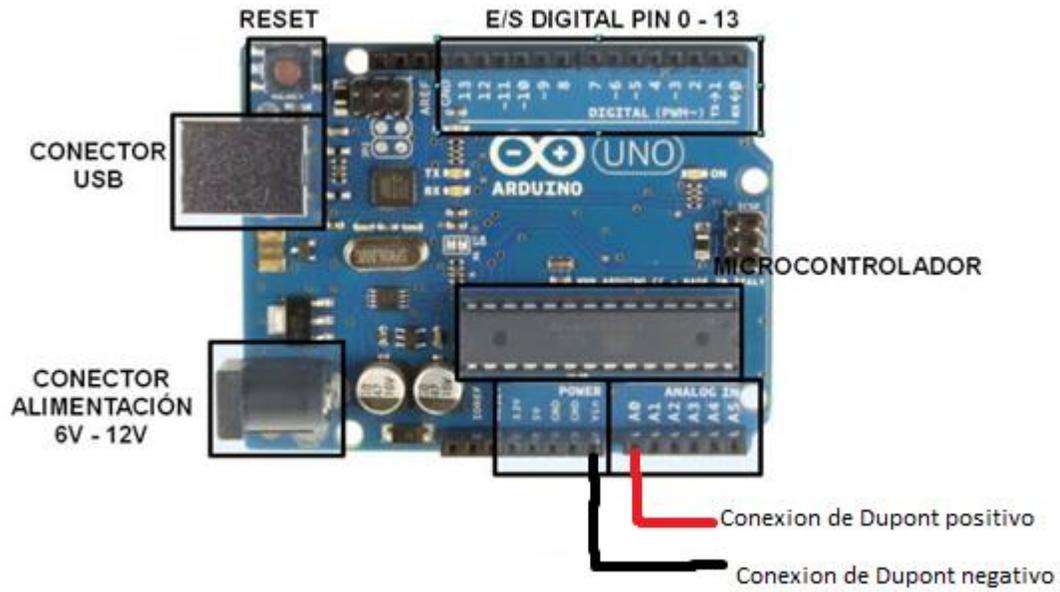


Figura 28: Conexión de cables Dupont [Artero, 2013]

Paso 1:

Conectar el Arduino a la computadora mediante el cable USB.

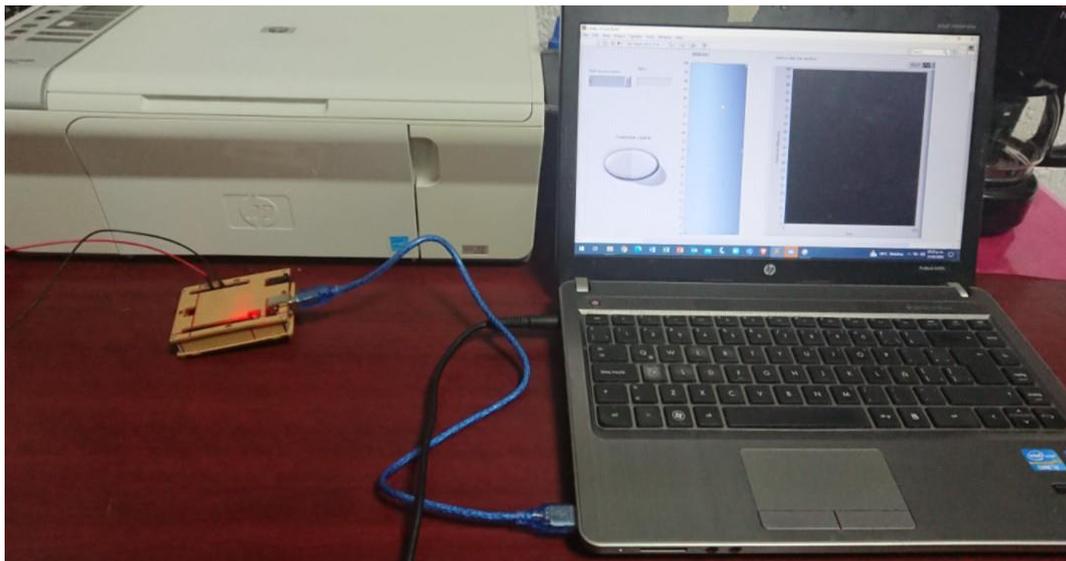


Figura 29: Conexión de Arduino con computadora



Paso 2:

Conectar los cables Dupont en las entradas V0 (Corresponde al positivo, va conectado al cátodo) y VIS (Corresponde al negativo, va conectado al ánodo).

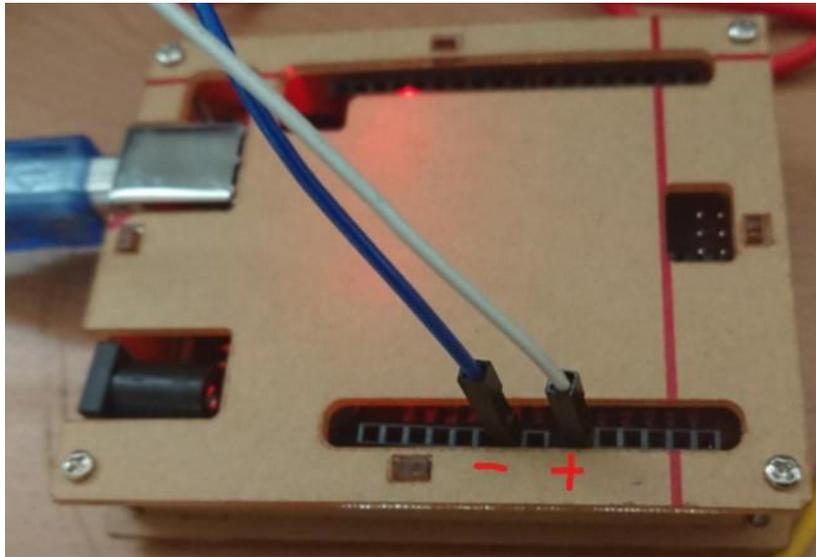


Figura 30: Conexión de cables Dupont

Paso 3:

Con un par de caimanes sujetar ambos cables Dupont, se conecta con el multímetro para obtener datos con similitudes de medición de voltaje con el programa LabVIEW.

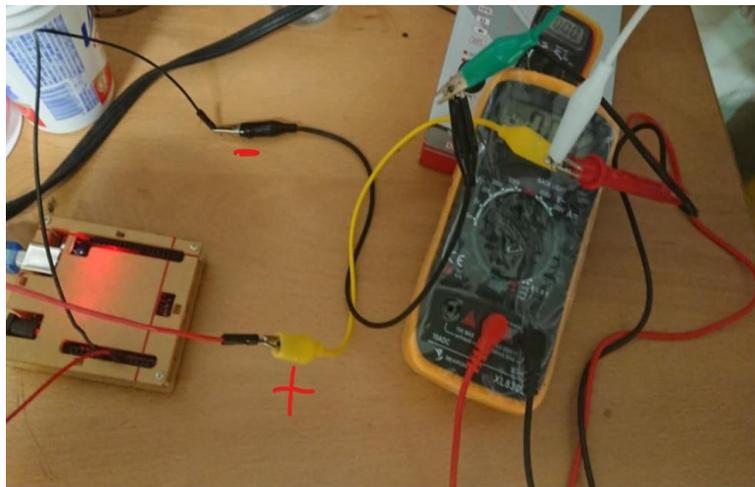


Figura 31: Conexión de caimanes a los cables Dupont y al voltímetro



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Paso 4:

Con otro par de caimanes se sujetarán de las piezas de zinc y cobre y se conectarán al multímetro poniendo en su respectiva carga, el negativo es el Zinc que es el ánodo y el positivo sería el Cobre que es el cátodo.



Figura 32: Conexión de caimanes del multímetro a las placas de Zinc y Cobre.

Paso 5:

Se pone el multímetro a 200 milivolts, para que funcione de manera adecuada con la plataforma Arduino, para la medición de datos y poder ver el ruido electroquímico.



Figura 33: Encendido de voltímetro a 200 mV



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Paso 6:

Se prosigue a meter la celda de cobre (cátodo +) y la celda de zinc (ánodo -) en el vaso precipitado de 100 ml con agua y sal común.



Figura 34: Sumergido de las celdas de Zinc y Cobre en agua con sal común.

Paso 7:

Se revisa en el multímetro el resultado para verificar que la computadora esté marcando el voltaje que sucede al meter las celdas de cobre y zinc en la solución de agua con sal común.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

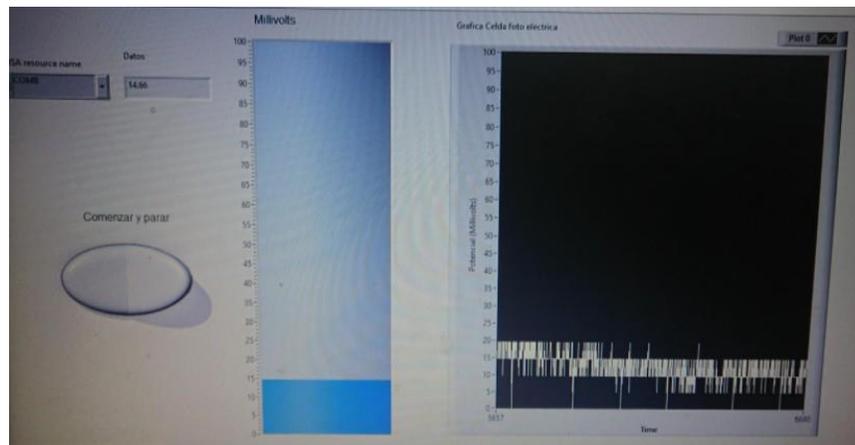


Figura 35: verificación de datos de multímetro y computadora.



3.3 Pasos para seguir para el LabVIEW

1.- Se Inició LabVIEW. Se Seleccionó la opción Blank VI, del recuadro New.

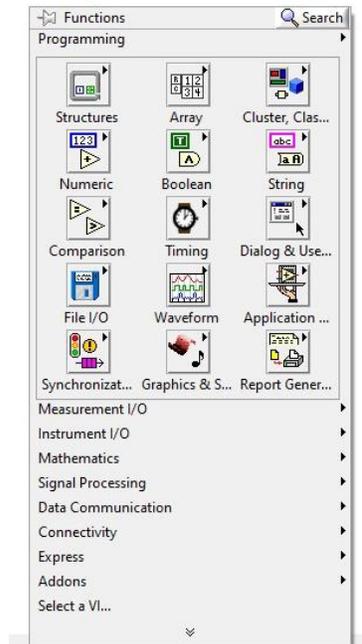


Figura 36: Forma de LabVIEW

2.- Se Buscó en las paletas de controles y funciones cada uno de los elementos mostrados en la figura y se realizó las conexiones que allí se muestran.

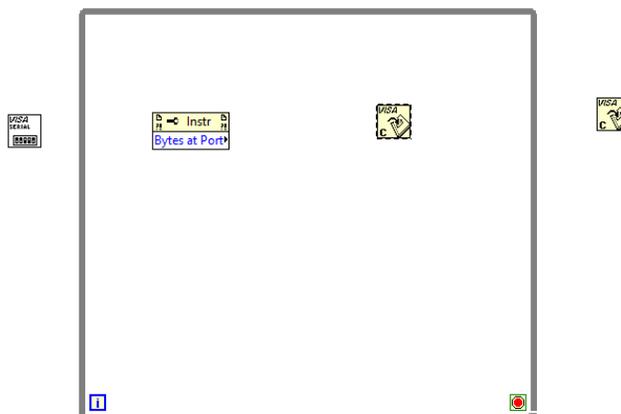


Figura 37: Armando la programación



3.- Se buscó la opción para la lectura de datos del Arduino.

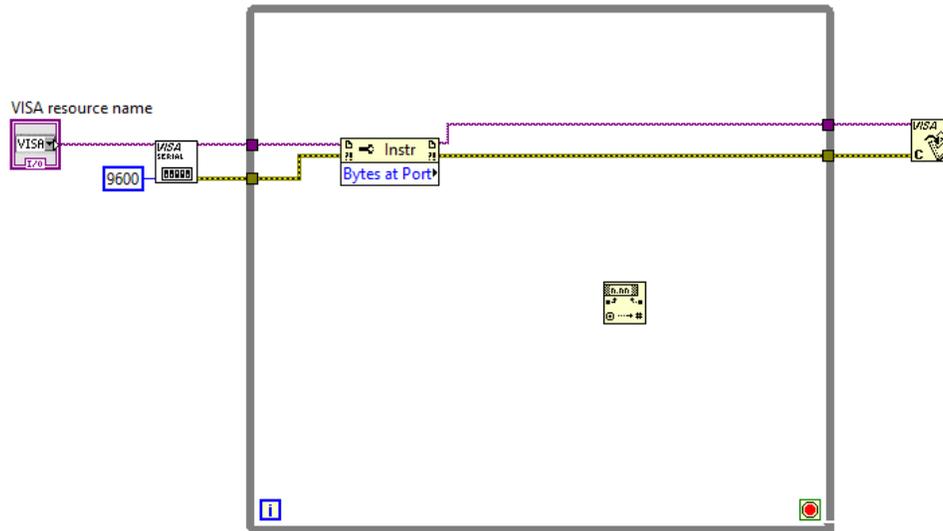


Figura 38: Lectura de datos de LabVIEW

4.- Se colocaron las herramientas de medición para la celda electroquímica.

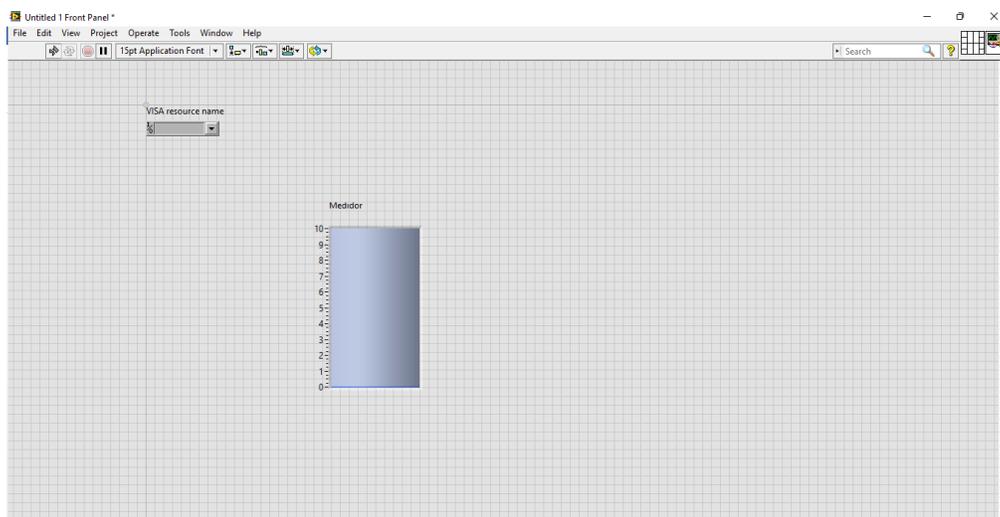


Figura 39: Herramienta de medición



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



5.- Se le coloco una Graficadora para visualizar el cambio de voltaje de la celda fotoeléctrica, además la gráfica se visualiza el cambio de voltaje cada 0.5 S.

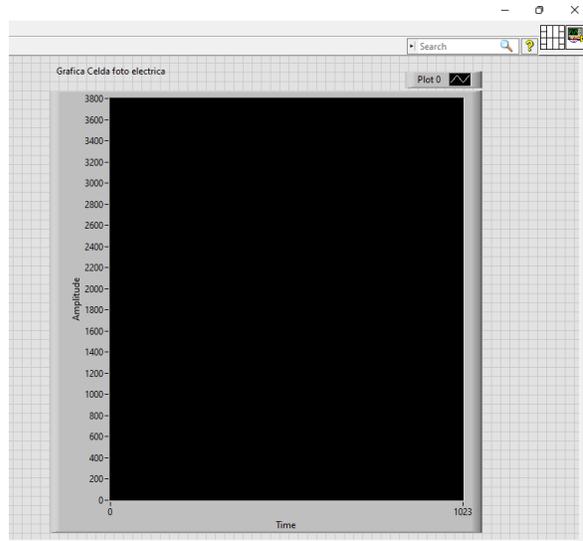


Figura 40: Grafica dinámica

6.- Se le coloco un botón para comenzar o parar el programa.

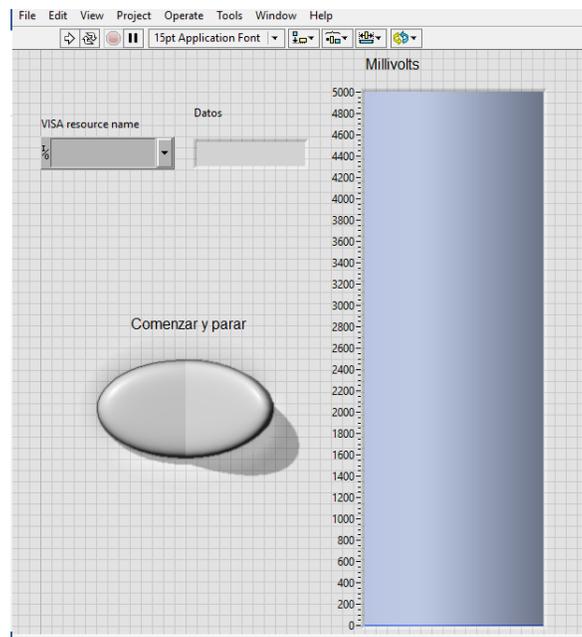


Figura 41: Botón de apagado



7.- Este es el proyecto terminado de toda la configuración para la interfaz con Arduino.

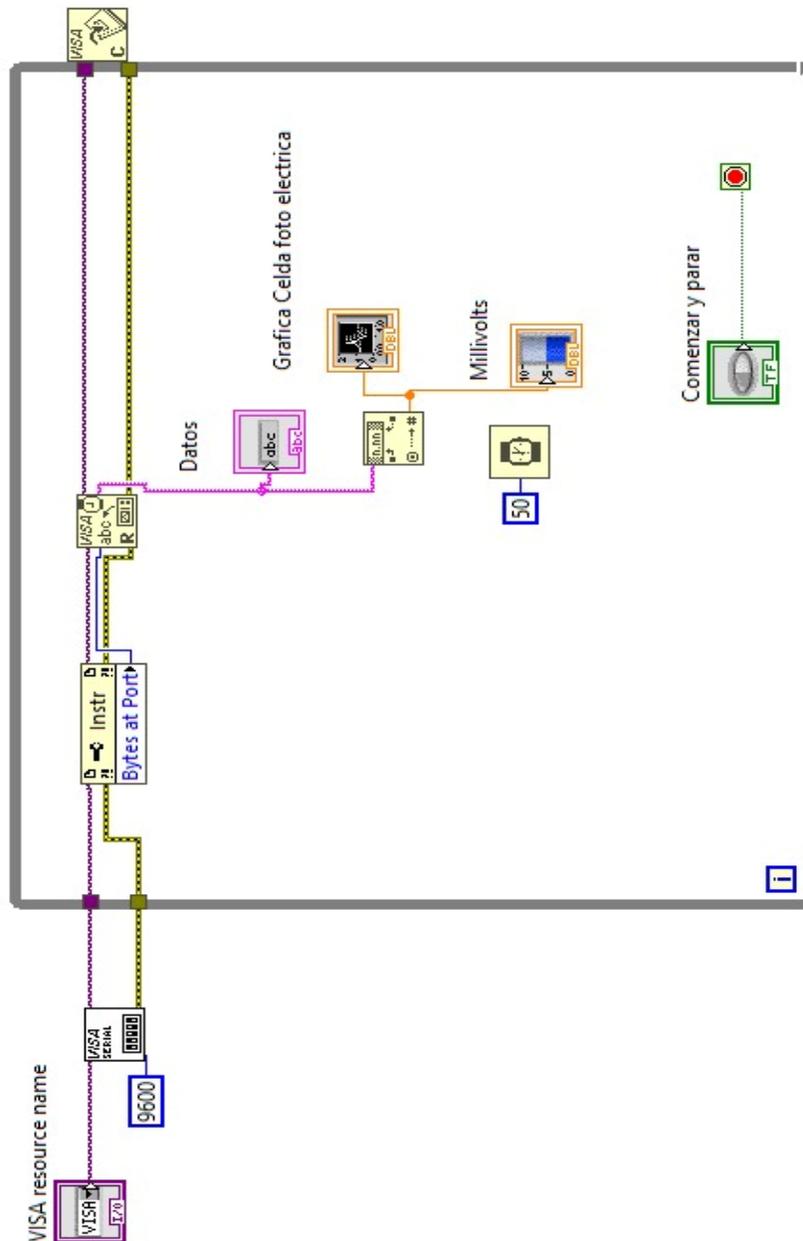


Figura 42: Proyecto terminado



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Capítulo 4

RESULTADOS



4.1 Diseño:

Se hicieron diferentes diseños del armado del sistema electroquímico, seleccionando el diseño más conveniente, útil y más eficaz para su uso, debido a que en el arreglo de los cables en el Arduino-Uno, se requiere solamente de la entrada de los pines Vin y A0, donde se tiene la señal de tierra y la señal del potencial. En el caso del sistema propuesto para la celda, se colocó los metales en el mismo vaso, esto permitió tener mayor sensibilidad al registrar los datos mediante el Arduino-Uno. En la figura 43 se muestra el diseño con mejor funcionamiento para obtener la lectura de datos.

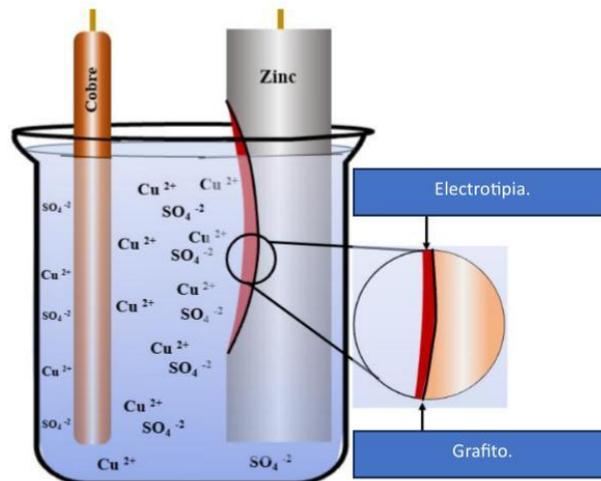


Figura 43. Diseño del proyecto

4.2 Elaboración:

Se investigó la mejor manera de comunicar el Arduino-Uno con la computadora, por lo tanto, se optó por armar la opción que no tiene puente salino, la cual fue usar solamente el equipo sin puente salino por la sensibilidad de la operación de las celdas electroquímicas, así como el mejor funcionamiento de la solución cargada



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



de sal para una mejor electrólisis, y que el usuario (alumno y/o investigador) aprenda a evaluar y desarrollar, así como también la observación en su funcionamiento.

El software para la programación del Arduino-Uno a Pc se llevó mediante Arduino IDE v2.1.1 y para generar la visualización de las lecturas de los datos se programó en Labview v2023-Q3. A continuación se presenta el código de cada uno del software, así, la interpretación de cada una de las líneas y/o booleanos.

4.3 Código de programación en Arduino

A continuación, se describe por bloque la programación, determinando los parámetros más importantes para su ejecución.

- En este bloque se define el comienzo de la programación al comentar con el comando void. En la línea serial.begin describimos la cantidad máxima de datos que se pueden obtener en la medición continua del sistema. En el PinMode se establece la entrada de datos.

```
Int celdaelectroquimica;  
  
void setup() {  
  //Iniciamos la Comunicacion Serial a 9600 baudios//  
  Serial.begin(9600);  
  PinMode(A0,INPUT);  
}
```

- En esta sección se inicia la comunicación Serial del Arduino para visualizar los datos de la celda electroquímica. Donde en la línea de Void Loop da a entender que el equipo trabajara por medio de ciclos. En la línea de int celdaelectroquimica se determina la lectura de datos en un pin de entrada. En la línea de Float voltaje y Float voltaje millis son comandos que se usan para el escalado del voltaje y el paso de Volts a milivolts.

```
void loop() {  
  int celdaelectroquimica = analogRead(A0); //Lectura del ADC
```



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



```
float voltaje = celdaelectroquimica * (5.0 / 1023.0); //escalamos a voltaje  
float voltajemillis = voltaje * 1000;
```

- En esta sección declaramos la variable “Celda electroquímica”, en el cual se leerá el voltaje de la celda. Donde las líneas que dice Serial.print lo que dicta este código es imprimir los datos recabados de forma analógica y de los valores en milivolts previamente especificados. El código de delay sirve para poner el tiempo que tardara en empezar la lectura de datos.

```
/////Enviamos información por el puerto serie/////  
///Serial.print("ADC= ");  
///Serial.print(celdaelectroquimica);  
///Serial.print(" Voltaje= ");  
Serial.println(voltajemillis);  
  
delay(50);  
}
```

4.4 Figuras de diagrama de LabVIEW

En esta sección se explicará cada uno de los iconos que se aplicaron para la programación de la visualización de datos en LabVIEW.

El cual consiste en un gráfico dinámico de potencial vs tiempo, un display donde presente el dato numérico y una barra de tubo indicando las fluctuaciones que se llevan en las mediciones. Así mismo se colocó un botón de paro de emergencia si en algún momento el montaje, sistema u otra acción ocurra erróneamente.

A continuación, se irán describiendo los iconos de la programación en LabVIEW. En la figura 44 se muestra en el lector de datos, ya que este detectara 9600 datos como máximo de la electrolisis, y si este supera no tendrá una lectura correcta y se perderán datos, si este dato se modifica ya sea para poner mayor o menor cantidad de datos de lectura. Se tendrá que cambiar en el programa Arduino y en el LabVIEW, ya que si no se hace podrá generar una lectura errónea.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

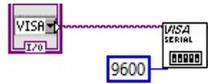


Figura 44 Lector de datos

En la figura 45 se muestra un temporizador, y su función es obtener una recolecta de lectura de datos en 50 segundos, esto se enviarán y se mostraran en una gráfica dinámica y de tubo, si se cambia este parámetro de tiempo la gráfica dinámica y de tubo se mostrará de manera rápida o lenta los datos que se recolectaron.

La modificación se tiene que hacer en el programa Arduino y en LabVIEW, ya que si no se hace podrá generar un error al iniciar la prueba.

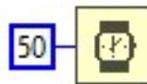


Figura 45 Temporizador

En la figura 46 se muestra la información del voltaje, en el cuadro de datos que se hace en las celdas electroquímicas e indica la cantidad de electrolisis que se recibe.

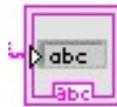


Figura 46 Cuadro de datos

En la figura 47 se muestra un parámetro que sirve para identificar la cantidad de electrolisis, que se genera al sumergir las celdas electroquímicas de cobre y zinc con la solución de agua salada, la cual gracias a la gráfica dinámica podemos observar los niveles constantemente trazados en líneas de bajada y subida, en lo que muestra el cuadro de datos de la figura 46.



Figura 47 Grafica dinámica



En la figura 48 se muestra visible y perfectamente la cantidad de la electrolisis que va aumentando o reduciendo paulatinamente, al ser una gráfica de tubo solo se ve de color azul como sube o baja, por ende, este no guarda datos para después observar y esta debe tener relación con la figura 46 y 47, entonces si no lo habría se relacionaría de un error o desfase de resultados de datos volátiles.



Figura 48 Grafica de tubo

En la figura 49 se trata de un botón que es para iniciar el funcionamiento del proyecto, y también el botón sirve para detener el proyecto como un paro de emergencia, ya que su función es parar todo el funcionamiento del proyecto.

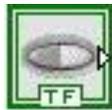


Figura 49 botón de inicio y paro

Por lo tanto, la visualización de la programación nos queda como se diseñó en la figura 50, donde se muestra lo anteriormente mencionado.

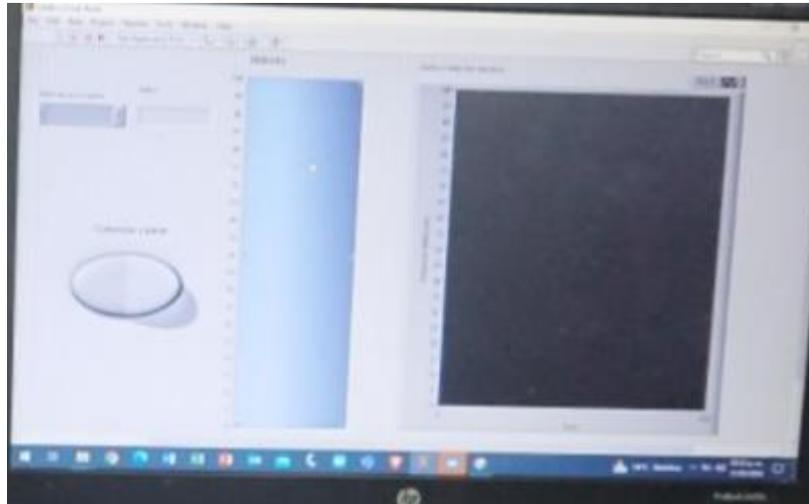


Figura 50 visualización del Programa LabVIEW con las figuras de diagrama puestos.

4.5 Evaluación:

Para la evaluación del sistema electroquímico de Zn-Cu, se utilizó una celda de dos electrodos. Como electrodo anódico Zn y cátodo Cu, en un electrolito de sal común saturada a temperatura ambiente.

En la Figura 51 se muestra el programa de LabVIEW registrando a cuantos milivolts(mV) está funcionando, y ver que el cambio no es constante ya que varía dependiendo de cuantos electrones está perdiendo, y todo este proceso se estaría graficando.

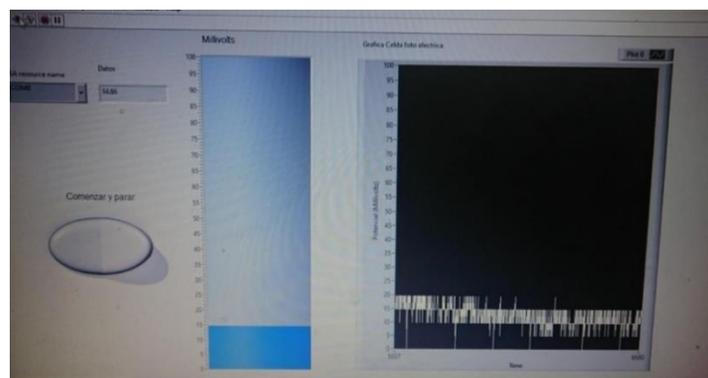


Figura 51. Resultados de LabVIEW.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



En la Figura 52 se muestra el voltímetro poniéndolo en unidades milivolts (mV) y muestra la cantidad de pérdida de electrones del zinc, y como pasa los electrones al cobre con esa potencia para así oxidar.



Figura 52. Resultado registrado en el multímetro (mV).

En la Figura 53 se muestra los resultados del multímetro y del programa de LabVIEW, viendo que estos resultados van al mismo tiempo de lectura de potencia, los resultados que aparecen en la computadora tienen un retraso de 30 segundos a 1 min después de que el multímetro lo leyera.

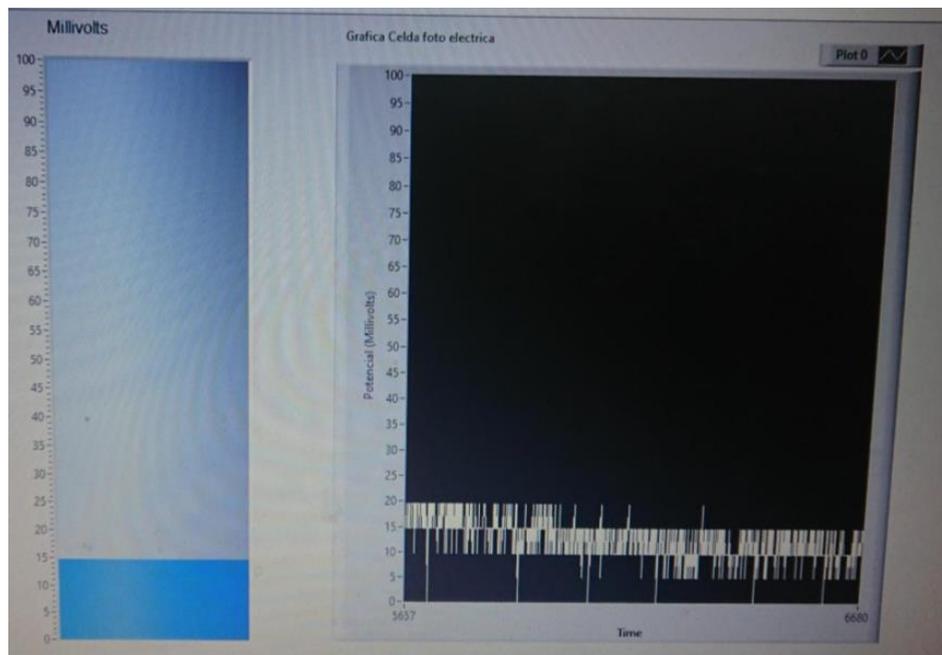


Figura 53. Comparación de resultados.

En la Tabla 3 se puede mostrar la variación que se obtiene de la computadora y el multímetro, se puede mostrar que hay una variación de decimales por los datos volátiles, y por la computadora que era de pocos recursos que ocasionaba retrasos de recolección de datos.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Tabla 3. Resultados obtenidos para la validación del Arduino-Uno para sistemas electroquímicos

Resultados de los valores de la pérdida de electrones	
MULTIMETRO (mV)	COMPUTADORA (mV)
45.6	45.1
38.4	37.9
35.7	35.2
30.9	30.1
25.3	24.8

También se muestra que baja su potencial en cada lectura con el paso del tiempo, ya que el zinc es el ánodo y por consiguiente tiene una pérdida rápida en su volumen, por ende, es el que pierde los electrones y se los pasa al cátodo que es el cobre.

Para corroborar y validar se calculó el potencial de celda teórica para este par de metales.

$$E_t = E_{catodo} + E_{Anodo}$$

$$E_t = 0.76 V - 0.34 V$$

$$E_t = 0.42 V \approx 42 mV$$

En comparación con el primer valor obtenido en la tabla se muestra una aproximación buena, sin embargo, los valores siguientes se van generando una diferencia grande. Esto debido, a que los electrodos (metales) utilizados van generando una capa de óxidos y una pequeña película de cloruros sobre la superficie. Modificando el potencial de la celda, es necesario entre cada uno de los experimentos una limpieza de los electrodos mediante lijas de CSI.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



CONCLUSIONES



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



A partir de los resultados obtenidos en el trabajo realizado, se permitió cumplir el objetivo, mediante el desarrollo del diseño armado y funcionamiento planteado. El dispositivo desarrollado puede ser el inicio de un instrumento positivo en la enseñanza-aprendizaje, en los últimos semestres de I. Q. Cabe señalar que la serie de pasos desarrollados en este trabajo pueden generarse de una manera sumamente sencilla y repetitiva. Alumnos y docentes podrán utilizarlo dentro del aula de clase, en los laboratorios de docencia, siendo posible en laboratorios de investigación de ahora en adelante. Lo cual permite generar una solución de bajo costo, armado fácil y práctico para realizar mediciones de potenciales de celdas electroquímicas, con una programación con el sistema Arduino en combinación con LabVIEW, con un margen de exactitud del 97.5 % o en otras palabras un error máximo del 2.5 % de la lectura del multímetro, a lo presentado en la medición con Arduino-Uno.

Como podemos ver por ende el sistema nos trajo bondades, al ser desarrollado por alumnos y docentes del tecnológico de estudios superiores de Ecatepec. Gracias a que se tendrá de hoy en adelante en funcionamiento, y se podrán hacer prácticas de para ver su desgaste, en pérdida de electrones y oxido-reducción, y así poder llevar a cabo su uso en celdas electroquímicas.

Por último, a partir de este desarrollo se han propuesto trabajos a futuro, que permitirán mejoras en mediciones de otras señales, y un diseño más fácil para montar, visualizar, y ejecutar. Favoreciendo al desarrollo de nuevas ideas como: la innovación, desarrollo, y aplicación de conocimientos de alumnos de la I.Q.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



BIBLIOGRAFÍA



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



1. Artero, Ó. T. (2013). *ARDUINO. Curso práctico de formación*. RC libros.
2. Carrillo, A. G. (2005). *Fundamentos de programación en C++*. Delta Publicaciones.
3. Cerón, M. L., & Soto–Bubert, A. (2004). Elementos de electroquímica. *Obtenido de Academia: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52036767/Elementos_de_Electroquimica_-_Maria_Luisa_Ceron_2004-with-cover-pagev2.pdf*.
4. de Guevara, J. M. L. (2011). *Fundamentos de programación en Java*. Editorial EME.
5. Gómez Polanco, E. P., & Martínez Valeriano, V. H. (2013). *Estudio de optimización de variables de funcionamiento de un sistema de electrocoagulación para tratar aguas de la industria textil* Quito, 2013.].
6. Herrador, R. E. (2009). *Guía de usuario de Arduino*.
7. Jaramillo, J. D. V., & Franco, L. A. H. *Análisis y Diseño de un canal electrocardiográfico interfazable con un computador por medio de un sistema de transmisión de FM*.
8. Ferreira Szpiniak, A., & Rojo, G. A. (2006). *Enseñanza de la programación. TE & ET*.
9. Arias, Á. (2015). *Aprende a Programar ASP. NET y C#: 2ª Edición*. IT campus academy.
10. Challenger-Pérez, I., Díaz-Ricardo, Y., & Becerra-García, R. A. (2014). El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguín*, 20(2), 1-13.
11. Eguíluz Pérez, J. (2012). *Introducción a JavaScript*. In.
12. Ponce, P., & Molina, A. (2011). *Fundamentos de labview*. Alpha Editorial.
13. Gómez-Biedma, S., Soria, E., & Vivó, M. (2002). Análisis electroquímico. *Revista de Diagnóstico Biológico*, 51(1), 18-27.
14. Morales Hernández, R. A. (2012). Aplicaciones domóticas con Android y Arduino. *Revista tecnológica*.(2012), 5 (5), 6-10.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



15. Sánchez Tizapantzi, P. Instrumentación e interfase para monitoreo de presión y vibración de un sistema de chumacera presurizada aplicando LabView.
16. Hurtado, A. C. (2015). *UF2176-Definición y manipulación de datos*. Editorial Elearning, SL.
17. Goilav, N., & Geoffrey, L. (2016). *Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Ediciones ENI.
18. PIZARRO PELÁEZ, J. (2019). *Internet de las cosas (IoT) con Arduino. Manual práctico*. Ediciones Paraninfo, SA.
19. Bier, A. (1987). Electroquímica. *Obtenido de [http://www. amco-instruments. com/pdf2/Electroquimica. pdf](http://www.amco-instruments.com/pdf2/Electroquimica.pdf)*.
20. Raymond Chang, (2003), *Química* (7ma ed., Pag. 771–775).
21. Vizcaíno, J. R. L., & Sebastiá, J. P. (2011). *LabView: entorno gráfico de programación*. Marcombo.
22. Carrillo, A. G. (2005). *Fundamentos de programación en C++*. Delta Publicaciones.
23. Escobar, D., Calderón, J., & Minotas, J. (2011). Estudio de la corrosión mediante la técnica de ruido electroquímico.
24. Iza Toapanta, D. R. (2016). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN POTENCIOSTATO AUTOMÁTICO PARA EL LABORATORIO ICM Quito: Universidad Israel, 2016].
25. Lock, A. U., & Tang, I. D. (1988). Principios de las técnicas electroquímicas en estudios de procesos de corrosión. *Revista de química*, 2(1), 23-31.
26. Escobar, D., Calderón, J., & Minotas, J. (2011). Estudio de la corrosión mediante la técnica de ruido electroquímico.
27. J.M. Malo Tamayo y J. Uruchurtu Chavarin. (2006). La técnica de ruido electroquímico para el estudio de la corrosión.



28. Crema, D. R., Guerrero, P. A., Gonella, D. G., Crivello, M. E., Dalmaso, P., & Macaño, H. R. (2019). Sistema Arduino en las prácticas de Química: Aplicación a una celda electroquímica. I Congreso Internacional de Ingeniería Aplicada a la Innovación y Educación-Asamblea General de ISTEAC (Córdoba, Argentina, 20 al 22 de noviembre de 2019),
29. Caicedo Rosero, L. C., & Flores Cuautle, J. d. J. A. (2021). Diseño de una celda electrolítica para análisis electroquímicos.
30. LabVIEW Para Todos. (2020, February 23). *Sensor de Temperatura (LM35) con LabVIEW y Arduino* [Video]. YouTube. Retrieved June 25, 2023, from –
31. LabVIEW Para Todos. (2020b, April 6). *Sensor de Movimiento (HC-SR501) con LabVIEW y Arduino* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=6rISkiMedn8>
32. Muñoz Vidal, J. P. (2019). Automatización de un banco de pruebas de una celda electroquímica.
33. Gutiérrez-Fallas, D. (2017). Resumen sobre la Ley de Coulomb.
34. Técnico, S. C. B., & de Faraday, E. I. L. PLAN COMÚN ÁREA: Ciencias Básicas y Sus Tecnologías DISCIPLINA: Química.
35. *Cálculos electroquímicos*. (2023). StudySmarter ES. Recuperado 12 de agosto de 2023, de <https://www.studysmarter.es/resumenes/quimica/redox/calculos-electroquimicos/#:~:text=La%20Fuerza%20electromotriz%2C%20o%20FE M%2C%20es%20la%20diferencia%20de%20potencial, trav%C3%A9s%20de un%20circuito%20el%C3%A9ctrico.>



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



ANEXOS



Limpieza o Mantenimiento:

Paso 1:

Limpiar el vaso precipitado para que no tengan rastros de otra sustancia que tuvo anterior mente, para que se tenga el equipo libre de suciedad al hacer nuevas mediciones para operar nuevamente con la solución y no obtener malas lecturas.



Figura 54: Limpieza del vaso precipitado.

Paso 2:

Revisar que los caimanes estén en óptimas condiciones, revisando que las pinzas hagan presión, para que entren en contacto correctamente y no se suelten en la superficie a implementar, y revisar que no estén oxidados o sucios para no afectar el resultado.



Figura 55: Revisión de los caimanes.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Paso 3:

Revisar que el multímetro esté en la frecuencia correcta, no estén rotos los punteros de medición, y que tenga la pila necesaria para su correcto funcionamiento.



Figura 56: Revisión del multímetro.

Paso 4:

Verificar que los cables Dupont estén bien, no rotos o descarapelados o doblados y flojos en donde hace contacto con el Arduino-UNO. Para ello es necesario saber dónde se colocarán correctamente.

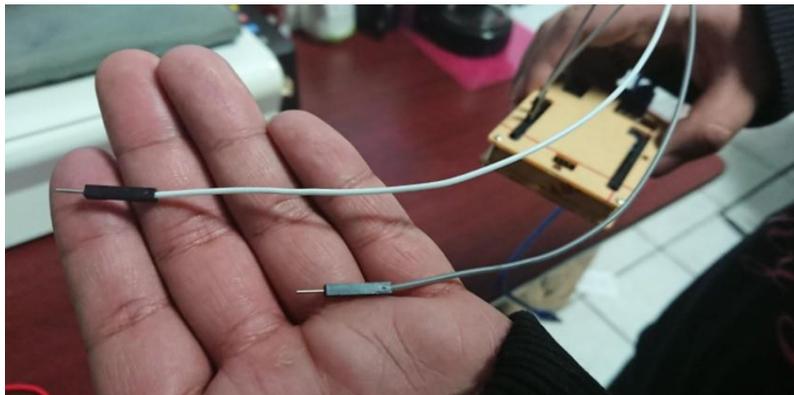


Figura 57: Revisión de los cables Dupont.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Paso 5:

Revisar el Arduino que no esté sucio y que el cable USB no presente alguna ruptura, y que no esté floja la entrada, ya que ocasionaría que no haga buen contacto a la computadora, en este caso presentaría un error que no se reciban los datos de manera correcta y provocaría una falla de datos recabados en el sistema.

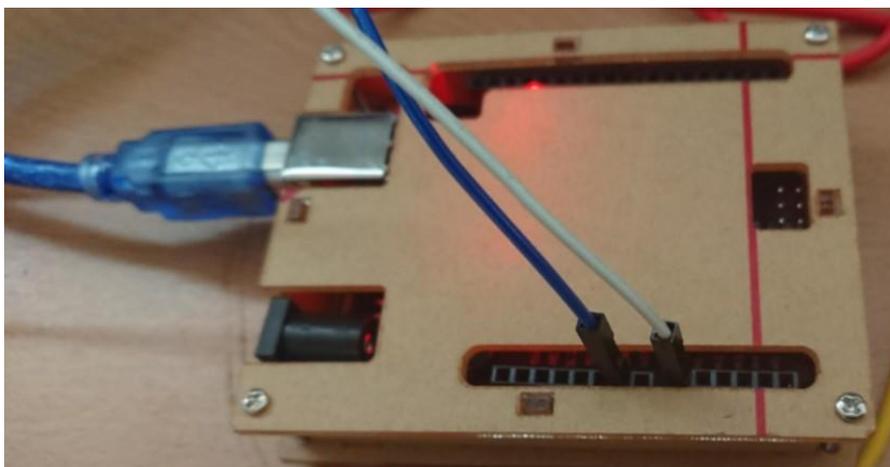


Figura 58: Revisión del Arduino-UNO y cable USB.



Paso 6:

Revisar que la sustancia no esté sucia o con basura adentro y que no se encuentre en un ambiente caliente, ya que estas propiedades cambiarían y consecuentemente daría como resultado malos datos de lectura.

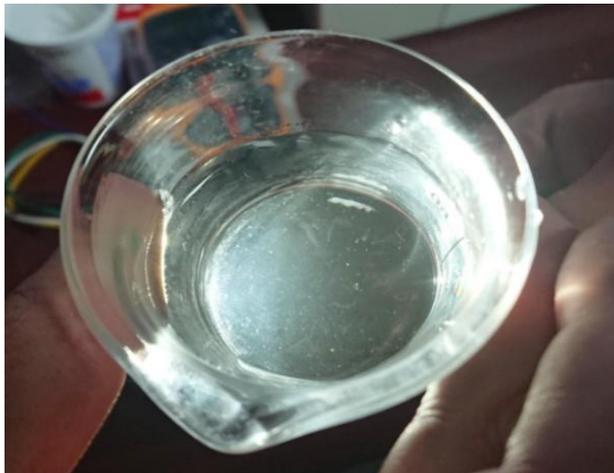


Figura 59: Revisión del agua con sal común.

Paso 7:

Verificar que las celdas de zinc y de cobre estén limpias y que no presenten rastros de otros materiales a la hora de trabajar, ya que pueden provocar errores de lectura de datos. Como así el cambio de propiedades de las celdas, ocasionando que el multímetro y el Arduino tengan datos variados muy grandes.

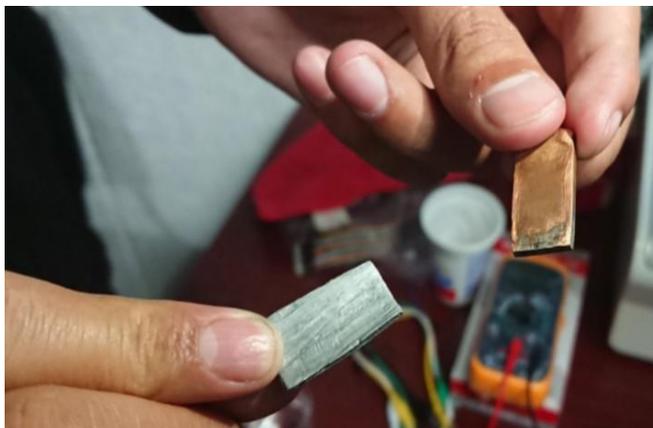


Figura 60: verificación de las celdas de Zinc y de Cobre.



Paro de Emergencia:

Paso 1:

Usar el botón de parar que tiene el programa LabVIEW, ya establecido con la programación previamente hecha por nosotros, ya que será de gran utilidad porque nos ayudará a detener todo el proceso de lectura de la computadora y el sistema Arduino-Uno.

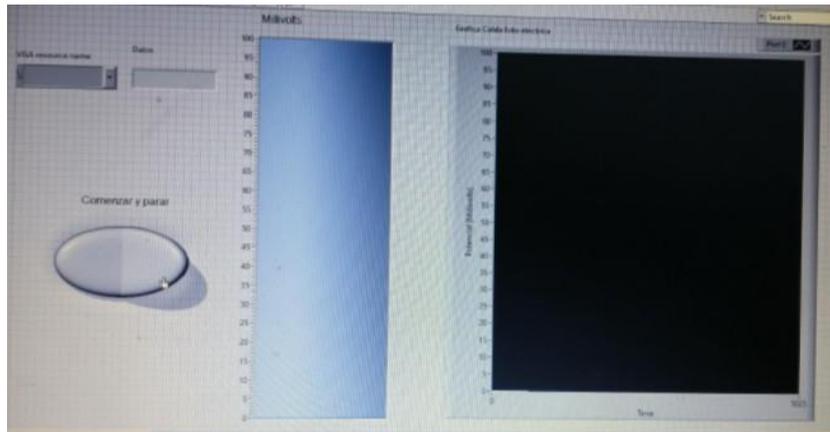


Figura 61: Modo de apagado del Programa

Paso 2:

Desconectar el Arduino-UNO de la computadora del cable USB para evitar daño al equipo.



Figura 62: Desconexión del Cable USB de la computadora.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Paso 3:

Sacar rápidamente las celdas de zinc y de cobre de la solución de agua con sal y quitar las celdas de los caimanes, para evitar el desgaste de éstos.

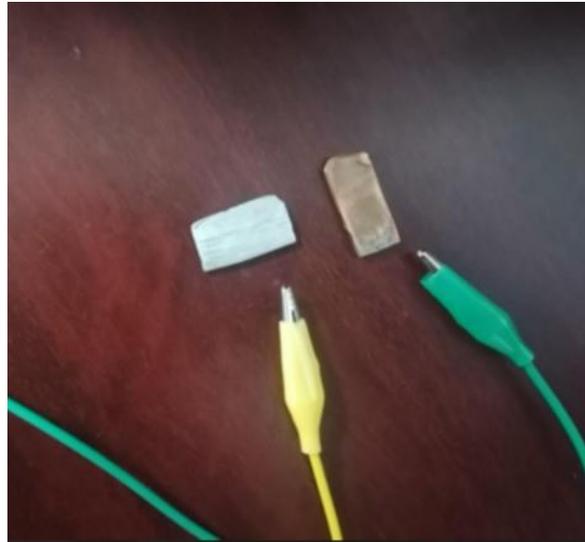


Figura 63: Desconexión de las celdas de Zinc y de cobre de los caimanes

Paso 4:

Desconectar los caimanes del multímetro para que este no haga corto circuito, y evitar que este no queme todo el sistema del equipo.

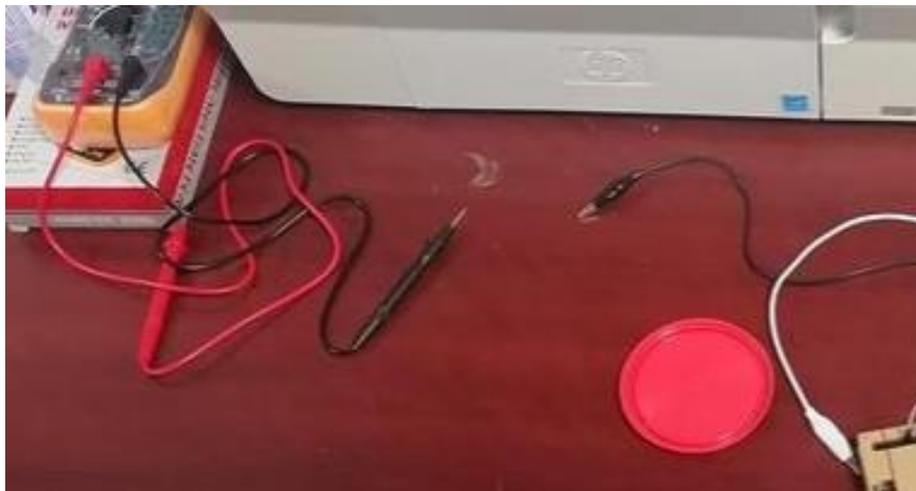


Figura 64: Desconexión de los caimanes del multímetro.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Paso 5:

Una vez hecho los pasos anteriores, verificar que todo lo anterior descrito haya surgido efecto, ya que con esto evitaremos descomponer los componentes electrónicos que son: la computadora, el Arduino-UNO y el multímetro, entre otros. Así evitaremos accidentes no deseados por el usuario.



Figura 65: Verificación de desconexión total