



PROPUESTA PARA TRABAJO DE GRADO

TÍTULO

Diseño de un potenciostato automatizado con comunicación inalámbrica

MODALIDAD

Proyecto de Aplicación Práctica

OBJETIVO GENERAL

Diseñar, implementar y validar una solución automatizada de bajo costo que permita obtener voltagramas cíclicos *in situ* que puedan ser observados desde dispositivos móviles.

ESTUDIANTE(S)

Nicolás Sequera Gutiérrez

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano
cc. 1015441263	320 448 4082	--- -----	nsequera@javeriana.edu.co

DIRECTORES

Ing. Germán Yamhure Kattah

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano	Empresa donde trabaja y cargo
-----	-----	3208320 ext: 5322	gyamhure@javeriana.edu.co	Pontificia Universidad Javeriana; Profesor Departamento de Electrónica.

Ing. Luis Guillermo Torres

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano	Empresa donde trabaja y cargo
80875345	310 866 5999	3208320 ext: 5313	luis-torres@javeriana.edu.co	Pontificia Universidad Javeriana; Profesor Departamento de Sistemas.

Contenido

1 PROBLEMÁTICA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 FORMULACIÓN	2
1.3 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	3
1.4 IMPACTO ESPERADO DEL PROYECTO.....	4
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
2.1 OBJETIVO GENERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2.3 ENTREGABLES.....	5
3 PROCESO.....	6
3.1 FASE METODOLÓGICA 1.....	6
3.1.1 Actividades.....	6
3.1.2 Entregables	7
3.2 FASE METODOLÓGICA 2.....	8
3.2.1 Actividades.....	8
3.2.2 Entregables	8
3.3 FASE METODOLÓGICA 3.....	9
3.3.1 Actividades.....	9
3.3.2 Entregables	9
3.4 FASE METODOLÓGICA 4.....	9
3.4.1 Actividades.....	9
3.4.2 Entregables	9
4 GESTIÓN DEL PROYECTO	11
4.1 CALENDARIZACIÓN	11
4.2 PRESUPUESTO	12
4.3 ANÁLISIS DE RIESGOS	13
5 MARCO TEÓRICO / ESTADO DEL ARTE.....	14
5.1 FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS RELEVANTES PARA EL PROYECTO.	14
5.2 TRABAJOS IMPORTANTES EN EL ÁREA.....	16
5.3 GLOSARIO	16
6 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	17
6.1 REFERENCIAS	17
6.2 BIBLIOGRAFÍA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	17

1 Problemática

Esta propuesta de trabajo de grado plantea como proyecto enmarcado en una aplicación práctica e interdisciplinar dentro de la ingeniería de sistemas, ingeniería electrónica y electroanálisis químico; el diseño, implementación y validación de un sistema automatizado para realizar medidas voltamperométricas¹ en semiceldas² electroquímicas y transmitir las vía inalámbrica a un dispositivo móvil con el fin de solucionar la problemática de la caracterización de semiceldas del Grupo de Nanociencia y Nanotecnología de la Pontificia Universidad Javeriana (Gnano).

1.1 Descripción de la problemática y Justificación

Para realizar análisis electroquímico existen diferentes técnicas, una de ellas es la voltamperometría cíclica que es utilizada para el estudio de los procesos redox, para entender las reacciones intermedias y para obtener estabilidad en los productos de reacción de las semiceldas electroquímicas con el fin de caracterizar diferentes electrodos y soluciones electro-líticas. Es usual que esta técnica de electroanálisis se haga mediante sistemas de tres electrodos, denominados sistemas potenciostáticos [1][7].

El grupo Gnano [2] está necesitando un sistema potenciostático que sea portable, de bajo costo y se pueda configurar desde algún dispositivo móvil debido a que están trabajando en la construcción de electrodos con diferentes tipos de nanomateriales que serán colocados en lugares de difícil acceso o ambientes abiertos y deben ser monitoreados constantemente *in situ*.

Aunque existen muchas compañías que hacen sistemas potenciostáticos para uso en laboratorios con amplios intervalos de medición, alta precisión, alta resolución, alta exactitud y alta sensibilidad, en su mayoría son bastante costosos o poco portables [3][4][5].

A nivel personal, este proyecto me brinda la oportunidad de aplicar los conocimientos que he adquirido en mi formación como Ingeniero Electrónico e Ingeniero de Sistemas de forma interdisciplinar para optar por ambos títulos de Ingeniería.

1.2 Formulación

¿Cómo obtener voltagramas cíclicos *in situ* de manera automatizada y que puedan ser observados desde dispositivos móviles?

¹ Técnica que aplica un voltaje V para que fluya una corriente eléctrica I a través de una semicelda electroquímica [1].

² Una semicelda es la mitad de una celda electrolítica en donde ocurre el proceso de oxidación o reducción [6].

1.3 Descripción del trabajo de grado

La propuesta para el trabajo de grado se representa con el diagrama de bloques en la Figura 1. Se observa que la totalidad del trabajo de grado constará de dos componentes principales, el instrumento de medición que se encargará de obtener los datos para graficar los voltagramas y el software que configurará el instrumento de medición y gestionará y graficará los datos obtenidos por este.

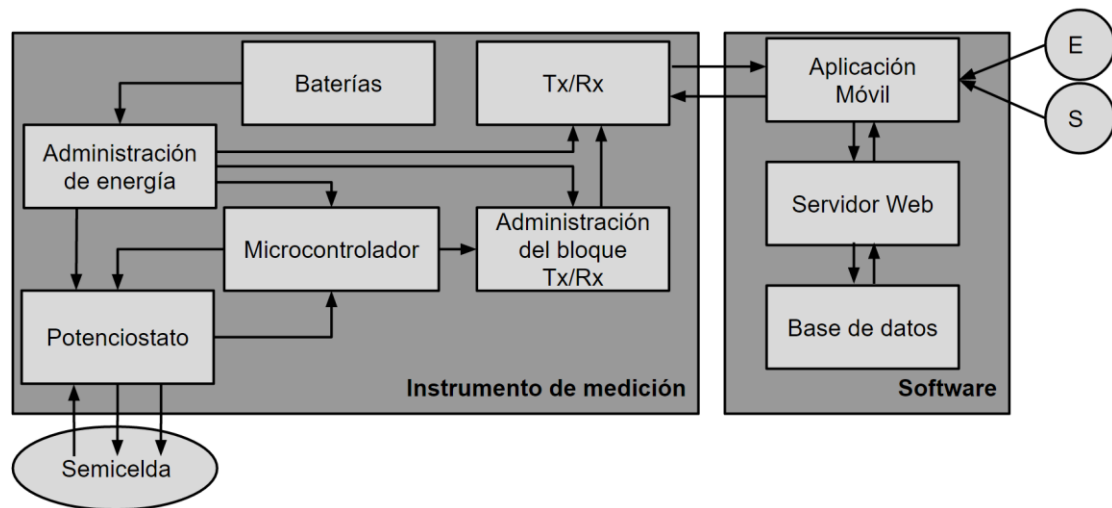


Figura 1. Diagrama de bloques de la solución propuesta.

El bloque “potenciostato” tendrá tres electrodos conocidos como el electrodo de trabajo (WE), el electrodo de referencia (RE) y el contraelectrodo (CE) que estarán conectados a una semicelda randles³. La funcionalidad principal del potenciostato es mantener la diferencia de potencial en cero entre el RE y el WR por medio de una corriente eléctrica que circulará entre el CE y el WR. Para obtener los voltagramas cíclicos es necesario variar el voltaje en el WE con una onda triangulo que será generada por el bloque “microcontrolador” utilizando un conversor DA; y así la corriente que circula en el CE cambia y será adquirida por un conversor A/D que estará integrado en el bloque “microcontrolador”.

Además de generar la onda triangulo y digitalizar la corriente que circula por el CE, el bloque “microcontrolador” será el encargado de administrar el instrumento de medición; contendrá todas las sentencias e información para configurar el instrumento de medición y obtener los voltagramas según las características que el usuario requiera. Los datos adquiridos por este serán transmitidos por el “bloque de Tx/Rx”, el cual será gestionado por el bloque “Administración del bloque Tx/Rx”.

³ Circuito electrónico que se comporta como una celda electroquímica. Los componentes de la celda randles deben tener mejor precisión que el instrumento de medición y se tendrá una celda por cada década que el instrumento deba medir.

La energía para que el instrumento de medición funcione será suministrada por el bloque “baterías”, este bloque hará que el instrumento de medición sea portable y pueda operar en ambientes abiertos. El bloque “Administración de energía” se encargará de distribuir la energía con el fin de mantener el dispositivo encendido como mínimo 168 horas en modo *Stand by*.

La interacción entre el instrumento de medición y el software se realizará de manera inalámbrica cumpliendo con los requerimientos del grupo Gnano. Se usará la tecnología Bluetooth como medio de comunicación debido a los diferentes requerimientos de portabilidad y por el previo conocimiento del manejo de la misma. Cabe aclarar que, debido a que el esquema de comunicación no hace parte del alcance del presente proyecto, no se hará un comparativo entre diversas formas de transmisión de información tanto presentes.

Una vez enviados los datos al dispositivo móvil, este tendrá un software que se encargará de administrarlos y enviarlos a un servidor central para que puedan ser observados desde cualquier otro dispositivo móvil. Adicional a la gestión de los datos obtenidos, el software en el dispositivo móvil podrá configurar ciertos parámetros, (E) en la figura 1, del instrumento de medición, tal como el número de voltagramas, el tiempo de duración de cada voltagrama o el número de muestras, entre otros⁴.

También el software deberá graficar los voltagramas, (S) en la figura 1, resaltando algunos puntos tales como el mínimo y máximo absoluto, pendiente de subida y bajada, entre otros⁵, facilitando su visualización al usuario.

1.4 Impacto Esperado del Proyecto

Al finalizar el trabajo de grado se espera que este contribuya a los diferentes grupos de investigación que están trabajando en el desarrollo de nuevas tecnologías en celdas electroquímicas, en especial al grupo Gnano de la Pontificia Universidad Javeriana.

Al ser un dispositivo de bajo precio con respecto a sistemas potencioestáticos comerciales, se espera que los costos al realizar análisis electroquímicos se vean reducidos, así como los tiempos de análisis, pues, con un mismo presupuesto se podrán realizar varias medidas en paralelo. Asimismo al ser un dispositivo portable será viable caracterizar electrodos y soluciones electrolíticas en lugares de difícil acceso, en ambientes abiertos fuera de laboratorios.

⁴ Los parámetros adicionales que el software puede configurar en el instrumento de medición serán definidos en la actividad 2.1 de la fase 2.

⁵ Las salidas adicionales que el software puede generar serán definidas en la actividad 2.1 de la fase 2.

2 Descripción del Proyecto

2.1 Objetivo general

Diseñar, implementar y validar una solución automatizada de bajo costo que permita obtener voltagramas cíclicos *in situ* que puedan ser observados desde dispositivos móviles.

2.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar, implementar y validar⁶ un instrumento de medición capaz de obtener voltagramas cíclicos según las especificaciones requeridas⁷.
2. Diseñar e implementar un software responsable de la operación del instrumento de medición y la gestión de los datos obtenidos por este, diseñado para dispositivos móviles con sistema operativo Android.
3. Validar la interacción y el funcionamiento en conjunto del instrumento de medición y el software responsable de su operación.

2.3 Entregables

1. Memoria del trabajo de grado.
2. Instrumento de medición
 - a. Prototipo funcional del instrumento de medición.
 - i. Microcontrolador y Software del microcontrolador.
 - ii. Potenciostato.
 - iii. Bloque para la administración de energía y baterías.
 - iv. Bloque para la administración del bloque Tx/Rx y el bloque Tx/Rx.
 - b. Manual de usuario del prototipo funcional.
3. Software
 - a. Prototipo funcional del servidor web.
 - b. Prototipo funcional de la aplicación móvil.
 - c. Código fuente del prototipo funcional del software.
 - d. Manual de usuario del prototipo funcional.
 - e. Diagrama relacional de la base de datos.
 - f. Especificación de Requerimientos.
 - g. Diseño de la arquitectura de software.

⁶ Comparar las medidas adquiridas por el instrumento de medición contra las medidas tomadas por un instrumento de mejor precisión.

⁷ El instrumento de medición debe tener un rango dinámico mínimo de 60dB, un rango de voltaje de salida de 10mV a 10V con un error máximo del 10%, un rango de corriente de salida de 100μA a 100mA con un error máximo del 10%, un tiempo de vida promedio por carga superior a 168 horas en *Stand by*, y por carga obtener mínimo 10 voltagramas cíclicos. Cada voltagrama cíclico debe ser obtenido en máximo 20 minutos y con un mínimo de 50 muestras.

3 Proceso

El proceso para realizar el sistema automatizado para obtener voltagramas y que sean visualizados en dispositivos móviles consta de 4 fases principales, como se ilustra en la figura 2.

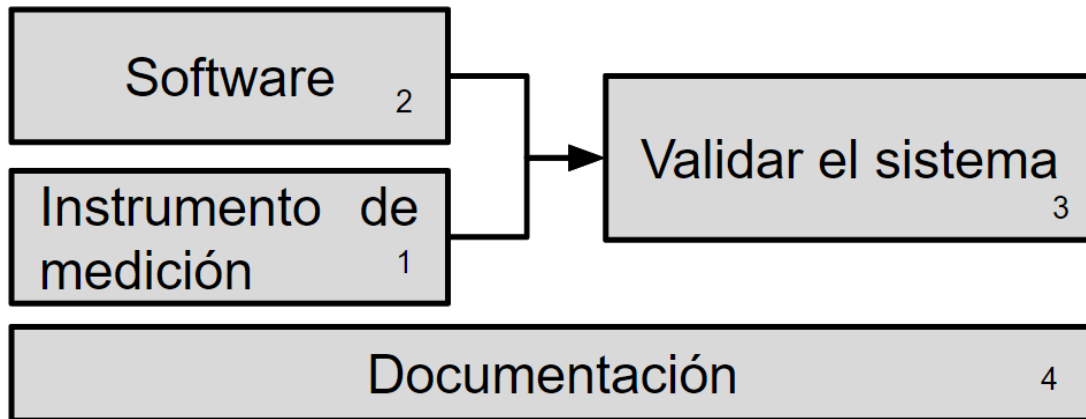


Figura 2 Fases para realizar el trabajo de grado.

También se observa que la fase 1 y 2 se pueden ir desarrollando en paralelo para llegar a la fase 3, mientras que la fase 4 es transversal a todo el desarrollo del proyecto. A continuación se detalla cada una de las fases que se muestran en la figura 2.

3.1 Fase Metodológica 1

Diseñar, implementar y validar el instrumento de medición capaz de obtener voltagramas cíclicos.

3.1.1 Actividades

- 1.1. Diseño del potencióstato.
- 1.2. Implementar el potencióstato diseñado.
- 1.3. Diseñar e implementar celdas randles para validar el potencióstato.
- 1.4. Diseñar y realizar pruebas para la validación del potencióstato.
- 1.5. Validar y/o corregir el potencióstato.
- 1.6. Buscar y seleccionar el bloque de Tx/Rx y Administración del bloque Tx/Rx.
- 1.7. Configurar el bloque de Tx/Rx y Administración del bloque Tx/Rx previamente seleccionado.
- 1.8. Buscar y seleccionar el microcontrolador que cumpla con las especificaciones de diseño.
- 1.9. Implementar el software del controlador.
 - 1.9.1. Adquisición de datos.
 - 1.9.2. Generador de funciones tipo triángulo.
 - 1.9.3. Automatización del sistema.
- 1.10. Diseñar e implementar el sistema de administración de energía.

- 1.11. Seleccionar la capacidad y el voltaje de las baterías.
- 1.12. Buscar y adquirir la(s) batería(s).
- 1.13. Integrar el bloque microcontrolador, el bloque de Tx/Rx y Administración del bloque Tx/Rx (S1).
- 1.14. Integrar S1 con el potenciómetro (S2).
- 1.15. Integrar S2 con las baterías y el bloque administración de energía.
- 1.16. Diseñar sistema de validación para el instrumento de medición.
- 1.17. Validar y/o corregir el instrumento de medición.

3.1.2 Entregables

En la tabla 1 se muestran los entregables por actividad de la fase 1.

Actividad	Entregable (Si aplica)	Duración (Semanas)
1.1		3
1.2		3
1.3		1
1.4	Semiceldas randles.	1
1.5	Potenciostato.	1
1.6		0.5
1.7	Bloque para la administración del bloque Tx/Rx y el bloque Tx/Rx.	2
1.8	Microcontrolador.	1
1.9		2
1.10	Software del microcontrolador.	1
1.11		0.5
1.12	Bloque baterías.	1
1.13		2
1.14		2
1.15		2
1.16		2
1.17	Prototipo funcional del instrumento de medición	3

Tabla 1 Entregables por actividad de la fase 1

3.2 Fase Metodológica 2

Diseñar e implementar un software que sea responsable de la operación del instrumento de medición y la gestión de los datos obtenidos por este.

3.2.1 Actividades

- 2.1. Definir los requerimientos del sistema.
- 2.2. Diseñar la arquitectura de software.
- 2.3. Diseñar el modelo relacional de base de datos.
- 2.4. Identificar y explorar diferentes plataformas o herramientas de software.
- 2.5. Diseñar el servidor web.
- 2.6. Implementar el servidor web.
- 2.7. Diseñar y aplicar protocolo de pruebas al servidor web.
- 2.8. Diseñar la aplicación móvil.
- 2.9. Implementar la aplicación móvil.
- 2.10. Diseñar y aplicar protocolo de pruebas a la aplicación móvil.
- 2.11. Diseñar y aplicar protocolo de pruebas al software.

3.2.2 Entregables

En la tabla 2 se muestran los entregables por actividad de la fase 2.

Actividad	Entregable (Si aplica)	Duración (Semanas)
2.1	Especificaciones de requerimientos	2
2.2	Diseño de la arquitectura de software.	2
2.3	Diagrama relacional de la base de datos.	1
2.4		1
2.5		2
2.6		5
2.7	Prototipo funcional del servidor web.	1
2.8		3
2.9		5
2.10	Prototipo funcional de la aplicación móvil.	1
2.11	Código fuente del prototipo funcional del software	4

Tabla 2 Entregables por actividad de la fase 2

3.3 Fase Metodológica 3

Validar la interacción y el funcionamiento en conjunto del sistema de medición y el software responsable de su operación.

3.3.1 Actividades

- 3.1. Recopilar información del modelo de aceptación de tecnología (TAM).
- 3.2. Definir el protocolo de validación para la interacción y el funcionamiento del instrumento de medición y el software.
- 3.3. Elaborar mecanismos para permitan la ejecución del protocolo de validación.
- 3.4. Ejecutar el protocolo de validación.
- 3.5. Validar y/o corregir.

3.3.2 Entregables

En la tabla 3 se muestran los entregables por actividad de la fase 3.

Actividad	Entregable (Si aplica)	Duración (Semanas)
3.1		3
3.2	Protocolo de validación	1
3.3		0.5
3.4		2
3.5	Resultados de ejecución del protocolo de validación	2

Tabla 3 Entregables por actividad de la fase 3

Los entregables de la fase 3 estarán descritos en la memoria.

3.4 Fase Metodológica 4

Documentar el proceso de la fase 1, 2 y 3.

3.4.1 Actividades

- 4.1. Redactar memoria del trabajo de grado.
- 4.2. Redactar manual de usuario del prototipo funcional de instrumento de medición.
- 4.3. Redactar manual de usuario del prototipo funcional del software.

3.4.2 Entregables

En la tabla 4 se muestran los entregables por actividad de la fase 4.

Actividad	Entregable (Si aplica)	Duración (Semanas)
4.1	Memoria del trabajo de grado	25
4.2	Manual de usuario del prototipo funcional del instrumento de medición.	2
4.3	Manual de usuario del prototipo funcional del Software.	2

Tabla 4 Entregable por actividad de la fase 4

4 Gestión del Proyecto

4.1 Calendarización

A continuación se muestra el cronograma del trabajo de grado. Es importante aclarar que al ser un trabajo de grado para obtener el título de dos ingenierías, el trabajo semanal en horas será el equivalente a una materia de 8 créditos, por lo que para el semestre 2016-1 se matriculará media matrícula con el fin de tener la disponibilidad para trabajar el tiempo acordado. Adicional se empezará a trabajar en el momento de que se apruebe esta propuesta para cumplir con el cronograma de 25 semanas.

Fase1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25
1.1																									
1.2																									
1.3																									
1.4																									
1.5																									
1.6																									
1.7																									
1.8																									
1.9																									
1.10																									
1.11																									
1.12																									
1.13																									
1.14																									
1.15																									
1.16																									
1.17																									
Fase2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25

Tabla 5 Cronograma de la fase 1

Fase2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25
2.1																									
2.2																									
2.3																									
2.4																									
2.5																									
2.6																									
2.7																									
2.8																									
2.9																									
2.10																									
2.11																									

Tabla 6 Cronograma de la fase 2

Fase3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25
3.1																									
3.2																									
3.3																									
3.4																									
3.5																									
Fase4	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25
4.1																									
4.2																									
4.3																									

Tabla 7 Cronograma de la fase 3 y 4

4.2 Presupuesto

La fuente de financiación de todos los recursos técnicos está cubierta por el pago de la matrícula, pues son elementos o servicios que son suministrados por el departamento de electrónica o el departamento de ingeniería de sistemas, entonces se puede afirmar que la financiación del proyecto es propia.

Recursos del proyecto

<i>Componentes del hardware</i>	Propia ⁸		600,000 ⁹
Recursos técnicos	Valor unidad (\$/día)	No Unidades (días)	Total
<i>Osciloscopio</i>	7816	140	1,094,240
<i>Fuente de alimentación</i>	845	140	118,300
<i>Multímetro digital</i>	760	140	106,400
<i>Puntas diferenciales</i>	1743	140	244,020
<i>Puntas diferenciales</i>	1743	140	244,020
<i>Servidor web</i>	1000	140	140,000
<i>Servicios (Luz, internet)</i>	2285	175	400,000
Recursos no técnicos	Valor unidad (\$/hora)	No Unidades (horas)	Total
<i>Hora ingeniero</i>	150000	50	7,500,000
<i>Hora estudiante ingeniería</i>	30000	600	18,000,000
<i>Papelería</i>			100,000
	Valor unidad (\$/artículo)	No Unidades (artículo)	Total
<i>Base de datos IEEE</i>	15550	30	466,500
<i>Base de datos ACM</i>	15550	10	155,500
<i>Valor total del proyecto</i>			29,168,980

Tabla 8 Presupuesto para el proyecto

⁸ La compra de los componentes para elaborar el hardware será asumida en su totalidad por el proponente.

⁹ Este valor es aproximado al costo del proyecto realizado en la asignatura Diseño de circuitos no lineales.

4.3 Análisis de Riesgos

En la siguiente tabla se muestran los riesgos con una priorización mayor a tres que pueden suceder en el proyecto y su mitigación.

Riesgo	Mitigación	Priorización
Mala planeación del cronograma	Realizar cambios al cronograma para corregir la mala planeación.	5/5
Fase 1		
Actividad 1.12 - No existe una batería con el voltaje y la capacidad que se requiere.	Diseñar un bloque para variar el voltaje de la batería con la capacidad que se necesita y ajustar el cronograma.	3/5
Actividad 1.8 - No se encuentre un microcontrolador que cumpla las especificaciones de diseño.	Buscar los componentes del microcontrolador por separado. Sistema de adquisición, el generador de funciones, etc...	4/5
Actividad 1.13 - El bloque administración Tx/Rx no es compatible con el microcontrolador.	Diseñar o integrar una capa intermedia para que dichos bloques tengan comunicación.	3/5
Fase 2		
Actividad 2.11 - La aplicación móvil y el servidor web no se integran correctamente.	Cambiar la tecnología del servidor web o la tecnología de la aplicación móvil por una que tenga mayor facilidad de integración.	3/5
Actividad 2.6 - La infraestructura del servidor web no tiene los permisos para instalar el software requerido para el servidor web.	Buscar y adquirir una nueva infraestructura para el servidor web.	3/5
Fase 3		
Actividad 3.5 - La aplicación móvil y el instrumento de medición no se integran.	Cambiar la interface de comunicación de la aplicación móvil con el instrumento de medición.	5/5

Tabla 9 Riesgos y su mitigación.

5 Marco Teórico / Estado del Arte

5.1 Fundamentos y conceptos relevantes para el proyecto.

La voltamperometría contiene un grupo de métodos de electroanálisis químico en los cuales la información es obtenida mediante la medición de una corriente eléctrica en función de un voltaje aplicado en el electrodo de trabajo [7]. El electrodo de trabajo puede ser tanto el ánodo como el cátodo, dependiendo de dónde ocurre la reacción de interés. El electrodo será conocido como contraelectrodo.

Esta es ampliamente usada por químicos inorgánicos, físicos y biólogos para realizar estudios en los procesos de oxidación y reducción en diferentes medios, procesos de absorción en las interfaces y mecanismos de transferencia de electrones en superficies de electrodos modificados químicamente [7] con el fin de mejorar la calidad de las pilas electroquímicas, las técnicas anticorrosión de los electrodos en el proceso redox, entre otras.

Las propiedades que puede caracterizar la voltamperometría dependen del tipo de onda de voltaje que se aplique en el electrodo de trabajo, y según esta señal aplicada se puede clasificar en voltamperometría hidrodinámica, voltamperometría de onda cuadrada, voltamperometría de pulso diferencial y voltamperometría cíclica, como se observa en la siguiente ilustración.

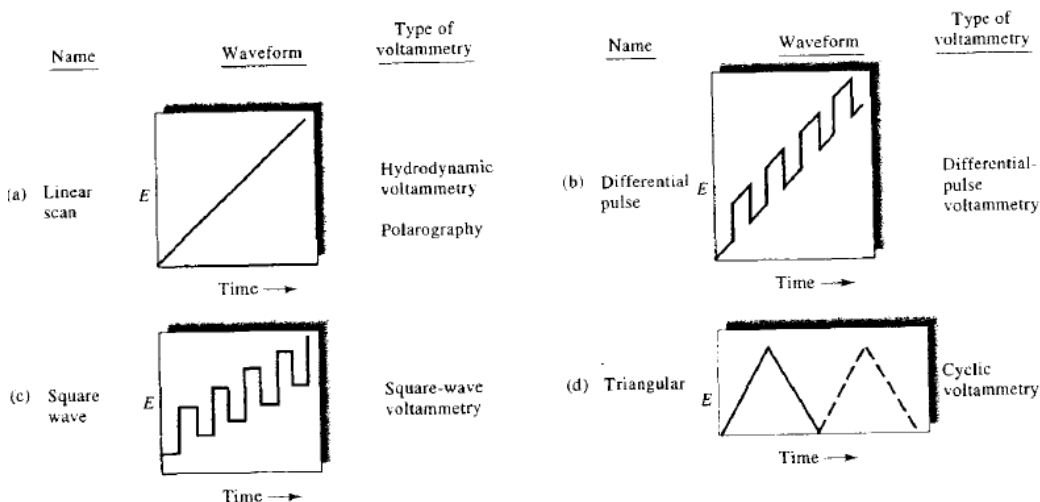


Ilustración 1 Tipos de voltamperometría según la señal aplicada en el electrodo de trabajo. Imagen tomada [7].

Para realizar estos tipos de voltamperometría es necesario contar con un sistema potencioestático, tres electrodos que pueden estar hechos con Teflon, Kel-F, carbón entre otros materiales [7], y una celda electroquímica. Con fines experimentales, la celda electroquímica se puede cambiar por una celda randles, que es un circuito electrónico que simula el comportamiento de una celda electroquímica y al emplear este circuito, los electrodos que se conectan a la celda podrán ser cables facilitando el montaje del experimento. El esquemático de la celda randles se observa en la ilustración 2.

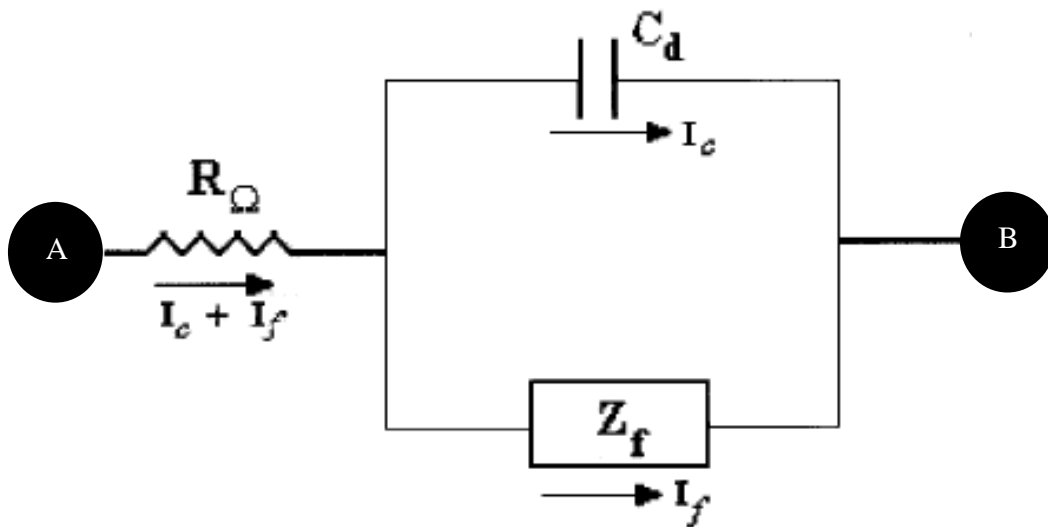


Ilustración 2 Celda randles. Imagen tomada de [8]

En el terminal A de la celda en la ilustración 2 se conecta el contraelectrodo y el electrodo de referencia y en el terminal B de la celda en la ilustración 2 se conecta el electrodo de trabajo [8]. El otro extremo de los tres electrodos van conectados a un sistema potencioestático, el cual mantiene un voltaje constante entre el electrodo de referencia y electrodo de trabajo por medio de una corriente que circula a través del contraelectrodo y el electrodo de trabajo. Un esquemático sencillo del sistema potencioestático es mostrado en la ilustración 3.

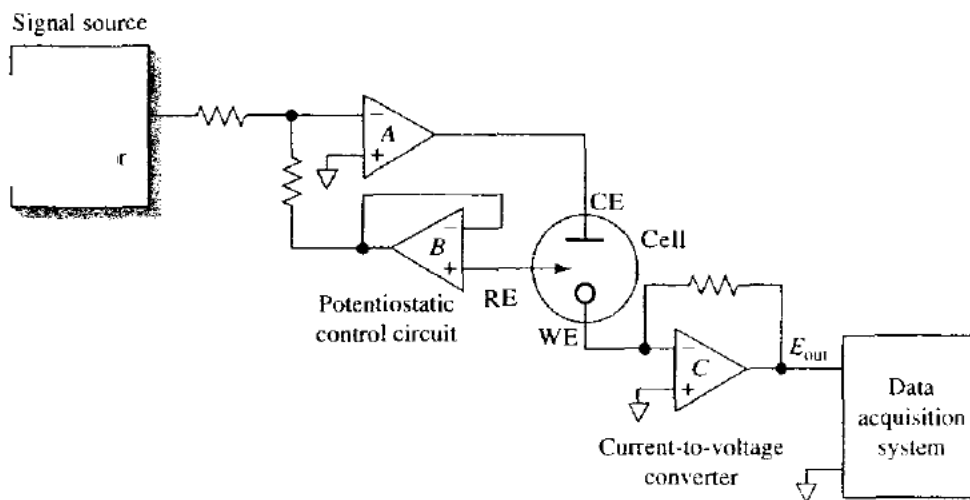


Ilustración 3 Esquemático básico de un sistema potencioestático. Imagen tomada de [7].

5.2 Trabajos Importantes en el área

En esta sección cabe mencionar el reporte técnico de Bank Elektronik acerca de potencios-tatos [12] debido a que muestran diferentes diseños indicando cuáles son sus ventajas y/o desventajas. También hacen referencia a qué factores son importantes cuando se está dise-ñando un sistema potencioestático, como por ejemplo, impedancias de entrada, impedancias de salida, el circuito encargado de medir la corriente en el contraelectrodo, entre otros. Y por último, dan consejos de cómo se pueden solucionar algunos problemas que podrían surgir, como corrientes de fuga o mucho ruido.

Adicional al reporte mencionado en el párrafo anterior, está el artículo [10] en el que adi-ciona la estabilidad como un factor de diseño y describen el procedimiento que se llevó a cabo para diseñar un potencioestado. Al final del artículo comparan los valores teóricos con los prácticos, dando buenos resultados. Por último está el artículo [9], en el cual describen un diseño para lograr un rango dinámico de corriente desde los 10 nA hasta 1 mA bajo una resolución del 0.4%, sin embargo este diseño está realizado con tecnología CMOS por lo cual solo se podría aplicar el concepto del diseño para este proyecto.

5.3 Glosario

1. Contraelectrodo: Electrodo en el cual no ocurre la reacción de interés.
2. Electrodo de trabajo: Es el electrodo en el cual ocurre la reacción de interés.
3. Electrodo de referencia: Es un electrodo que tiene un potencial conocido, constante y completamente insensible a los compuestos en la solución química [7].
4. Gnano: Grupo de investigación de Nanociencia y Nanotecnología de la Pontificia Universidad Javeriana [2].
5. Redox: Cualquier reacción química que involucra un proceso de reducción y oxi-dación [6].
6. Celda electroquímica: es una celda compuesta por dos conductores eléctricos, cada uno inmerso en una solución electrolítica [7].
7. Semicelda: Una semicelda es la mitad de una celda electrolítica en donde ocurre el proceso de oxidación o reducción. La reacción en el ánodo es la oxidación y la reacción en el cátodo es la reducción [6].
8. Voltamperometría: Es un conjunto de métodos electroquímicos en el cual la infor-mación de los analíticos es obtenida midiendo la corriente en función de un poten-cial aplicado bajo ciertas condiciones [7].

6 Referencias y Bibliografía

6.1 Referencias

- [1] S. P. Kounaves, “Voltammetric techniques,” *Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry*, pp. 709–726, 1997.
- [2] Grupo de Nanociencia y Nanotecnología de la Pontificia Universidad Javeriana. [Online]. Available: [http://rednanocolombia.org/afiliados/detalle.php?abc="MjAxNTAzMjYtNzFmZQ](http://rednanocolombia.org/afiliados/detalle.php?abc=)
- [3] NuVant Systems Inc., Pioneering Electrochemical Technologies. [Online]. Available: http://nuvant.com/products/potentiostat_galvanostat/
- [4] PalmSens, Compact Electrochemical Interfaces. [Online]. Available: <http://www.palmsens.com/en/instruments/emstat/>
- [5] eDAQ, data recording made simple. [Online]. Available: <http://www.edaq.com/potentiostats-for-electrochemistry>
- [6] about education. [Online]. Available: <http://chemistry.about.com/od/chemistryglossary/>
- [7] D. A. Skoog and D. M. West, *Principles of instrumental analysis*, vol. 158. Saunders College Philadelphia, 1980.
- [8] BioLogic, Appl. Note 44, pp. 1-6.
- [9] Y.-F. Liang, C.-Y. Huang, and B.-D. Liu, “A voltammetry potentiostat design for large dynamic range current measurement,” in *Intelligent Computation and Bio-Medical Instrumentation (ICBMI), 2011 International Conference on*, 2011, pp. 260–263.
- [10] A. Bewick, M. Fleischmann, and M. Liler, “Some factors in potentiostat design,” *Electrochimica Acta*, vol. 1, no. 1, pp. 83–105, 1959.
- [11] “Potentiostat”, Bank Elektronik - Intelligent control.

6.2 Bibliografía Propuesta para el desarrollo del Trabajo de Grado

- [1] W.-S. Wang, W.-T. Kuo, H.-Y. Huang, and C.-H. Luo, “Wide dynamic range CMOS potentiostat for amperometric chemical sensor,” *Sensors*, vol. 10, no. 3, pp. 1782–1797, 2010.

- [2] M. D. Steinberg and C. R. Lowe, "A micropower amperometric potentiostat," *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 97, no. 2, pp. 284–289, 2004.
- [3] T. E. Cummings, M. A. Jensen, and P. J. Elving, "Construction, operation and evaluation of a rapid-response potentiostat," *Electrochimica Acta*, vol. 23, no. 11, pp. 1173–1184, 1978.
- [4] C.-Y. Huang, "Design of a voltammetry potentiostat for biochemical sensors," *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, vol. 67, no. 3, pp. 375–381, 2011.
- [5] M. Odijk, J. Wiedemair, M. van Megen, W. Olthuis, and A. van den Berg, "Differential cyclic voltammetry-a novel technique for selective and simultaneous detection using redox cycling based sensors," in *Sensors, 2010 IEEE*, 2010, pp. 918–922.
- [6] H. E. Z. Abidin, A. A. Hamzah, and B. Y. Majlis, "Electrical characterization of interdigital electrode based on cyclic voltammetry performances," in *Semiconductor Electronics (ICSE), 2012 10th IEEE International Conference on*, 2012, pp. 348–351.
- [7] H. A. Gasteiger, D. R. Baker, R. N. Carter, W. Gu, Y. Liu, F. T. Wagner, and P. Yu, "Electrocatalysis and catalyst degradation challenges in proton exchange membrane fuel cells," *Hydrogen and fuel cells. fundamentals, technologies, and applications*. Wiley-VCH, Weinheim, pp. 3–16, 2010.
- [8] S. M. Martin, F. H. Gebara, T. D. Strong, and R. B. Brown, "A fully differential potentiostat," *Sensors Journal, IEEE*, vol. 9, no. 2, pp. 135–142, 2009.
- [9] J. M. López Fonseca, "Métodos voltamétricos de interés en química del medio ambiente," 1995.
- [10] L. Rab and A. Munteanu, "CONSIDERATIONS AND MEASUREMENTS REGARDING A DIDACTIC PORTABLE POTENTIOSTAT," *Bulletin of the Transilvania University of Braşov • Vol*, vol. 2, p. 51, 2009.
- [11] A. P. Bruins, "An overview of electrochemistry combined with mass spectrometry," *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2015.
- [12] S. P. Kounaves, "Voltammetric techniques," *Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry*, pp. 709–726, 1997.
- [13] A. Hickling, "A simple potentiostat for general laboratory use," *Electrochimica Acta*, vol. 5, no. 3, pp. 161–168, 1961.

Bogotá, 30 de Octubre de 2015

Señores
COMITÉ DE COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO
Carrera de Ingeniería Electrónica
Facultad de Ingeniería
Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, D.C.

Estimados señores:

Reciban un cordial saludo, nos permitimos hacer entrega del anteproyecto del Trabajo de grado del pregrado en Ing. Electrónica e Ing. De Sistemas. Titulado “Diseño de un potencióstato automatizado con comunicación inalámbrica”, dirigido por los Ingenieros Germán Yamhure Kattah y Luis Guillermo Torres, para la respectiva evaluación.

Agradecemos su atención.

Cordialmente,

Proponente:

Nicolás Sequera Gutiérrez

CC. al director: Ing. Germán Yamhure Kattah. M.Sc.

CC. al director: Ing. Luis Guillermo Torres. M.Sc.