

**DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE
SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE
FORMACIÓN DE QUELATOS**

DANIEL MAURICIO CASTELLANOS GONZÁLEZ

NATALIA LÓPEZ VELÁSQUEZ

Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Química

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2023**

**DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE
SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE
FORMACIÓN DE QUELATOS**

**DANIEL MAURICIO CASTELLANOS GONZÁLEZ
2018215020**

**NATALIA LÓPEZ VELÁSQUEZ
2018215043**

Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Química

Director: Mg. Diego Alexander Blanco Martínez

**Línea Interdisciplinariedad y química en contexto: una perspectiva
experimental en la didáctica de la química
Grupo de investigación Didáctica y sus ciencias**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2023**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a la Universidad Pedagógica Nacional por abrirnos sus puertas y cada día ser testigo de los lazos que formamos con el tiempo.

Agradecemos al profesor Diego Blanco por su paciencia y compromiso no solo con nosotros sino con la profesión, agradecemos su optimismo, confianza y aquellos momentos donde nos hizo ver las cosas más fáciles de lo que creíamos.

Agradecemos al profesor Jaime Casas, cuyos aportes expandieron nuestros horizontes. Adicionalmente, agradecemos a Mercy, Dallan y a la profesora Martha por su objetividad, sin sus apuntes la herramienta que construimos no sería lo que es hoy en día. Finalmente, agradecemos a la profesora Lina y Liliana quienes también nos cuestionaron en pro de nuestro aprendizaje y nuestro proyecto.

Agradezco a mi mamá y a mi hermano, quienes me lo han dado todo durante mi vida entera y por quienes lucho día a día, espero recompensarles algún día aquel amor incondicional que ha estado presente en todas mis etapas. Por otro lado, agradezco a Leo por su amor puro y real, por brindarme tranquilidad en ciertos días donde todo era caos. A Checho le agradezco por enseñarme sobre paciencia, persistencia y a tomarme con humor las casualidades de la vida. Agradezco inmensamente a Daniel, su lealtad y su manera particular de hacerme creer en las cosas, en mí y en todo lo que puedo hacer. Por último, a mis amigas Camila, Natalia y Rojas, gracias por enseñarme el valor de la amistad, pues no importa la distancia, ni el lugar, ni la hora cuando existe el cariño y la confianza.

Natalia López

Agradezco profundamente a mi madre y mi padre; cada uno de ellos ha contribuido de manera significativa en mi formación como persona integra. Su constante respaldo, exento de objeciones, ha sido mi fuente de motivación más sólida. Expreso mi gratitud hacia mis hermanos, cuyo compromiso y amor hacia mí se han manifestado y respaldando los procesos que he emprendido. Quiero expresar mi sincero agradecimiento a Juliana por su presencia constante en mi vida y contribuir a mi formación como mejor persona. Aprecio su incondicional amor y apoyo. Asimismo, deseo extender mi reconocimiento al equipo de voleibol de la universidad. Su participación durante todo mi proceso formativo, tanto como jugador como estudiante. Finalmente, no puedo pasar por alto a mis amigos, Checho, Leo y Daniel, quienes me han demostrado lealtad y compromiso inquebrantables. A Natalia, quiero expresarle mi más profundo agradecimiento por todo lo que hemos vivido durante esta etapa universitaria. Es una persona excepcional, llena de nobles sentimientos. Aprecio enormemente su cariño y confianza. Gracias por formar parte de mi vida.

Daniel Castellanos

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, Noviembre de 2023

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA | 12 |
| 2. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA..... | 16 |
| 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 18 |
| 4. OBJETIVOS..... | 21 |
| 4.1. OBJETIVO GENERAL | 21 |
| 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 21 |
| 5. REFERENTES CONCEPTUALES..... | 22 |
| 5.1. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC) | 22 |
| 5.2. OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE (OVA)..... | 24 |
| 5.3. APRENDIZAJE COLABORATIVO APOYADO POR COMPUTADOR..... | 27 |
| 5.4. HABILIDADES CIENTÍFICAS | 29 |
| 5.4.1. <i>Modelación química – matemática.</i> | 30 |
| 5.5. EQUILIBRIO QUÍMICO..... | 31 |
| 5.5.1. <i>Equilibrio ácido – base de Brønsted y Lowry.</i> | 31 |
| 5.5.2. <i>Equilibrio ácido – base de Lewis.</i> | 34 |
| 5.5.3. <i>Formación de complejos.</i> | 34 |
| 5.5.4. <i>Volumetrías de formación de complejos.</i> | 35 |
| 6. METODOLOGÍA | 40 |
| 6.1. POBLACIÓN..... | 42 |
| 6.2. ETAPAS DE INVESTIGACIÓN | 42 |
| 6.2.1. <i>Fundamentación</i> | 43 |
| 6.2.2. <i>Diseño, construcción y evaluación.</i> | 43 |
| 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS | 59 |
| 7.1. FUNDAMENTACIÓN | 59 |
| 7.2. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN | 61 |
| 7.2.1. <i>Validación por pares académicos.</i> | 65 |
| 7.2.2. <i>Pilotaje</i> | 78 |
| 8. CONCLUSIONES | 93 |
| 9. REFERENCIAS..... | 95 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Elementos internos de un OVA..... | 26 |
| Tabla 2. Etapas de investigación según el DBR | 41 |
| Tabla 3. Modelo ADDIE para el diseño y construcción del OVA..... | 45 |
| Tabla 4. Estructura interna de EDTA Learn. | 46 |
| Tabla 5. Desarrollo de sesiones durante el pilotaje | 51 |
| Tabla 6. Pasos para desarrollar los problemas formulados | 52 |
| Tabla 7. Encuesta final con escala de Likert..... | 53 |
| Tabla 8. Rúbrica evaluativa siguiendo los niveles de complejidad de la Taxonomía SOLO..... | 57 |
| Tabla 9. Identificación de componentes, propuestas y referentes | 59 |
| Tabla 10. Metadatos del OVA EDTA Learn | 62 |
| Tabla 11. Valoraciones por ítem según la cantidad de participantes | 84 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Indicadores metalocrómicos comunes..... | 39 |
| Figura 2. Relación de los niveles del DBR con la investigación..... | 43 |
| Figura 3. Categorías e indicadores para evaluar un OVA..... | 50 |
| Figura 4. Niveles de la Taxonomía SOLO | 56 |
| Figura 5. Simulador incorporado en EDTA Learn | 64 |
| Figura 6. Cálculos correspondientes al ejemplo de un catión | 65 |
| Figura 7. Promedio en indicadores de Formulación y Resolución de problemas...66 | |
| Figura 8. Modificación a videos según sugerencias..... | 66 |
| Figura 9. Promedio de indicadores de Modelación de proceso y fenómenos de la realidad | 67 |
| Figura 10. Promedio en indicadores de Comunicación y lingüística | 68 |
| Figura 11. Ampliación del lenguaje en la sección de ejemplos. | 69 |
| Figura 12. Promedio en indicadores de Expresión y estética | 70 |
| Figura 13. Interfaz anterior del OVA EDTA Learn..... | 70 |
| Figura 14. Promedio en indicadores de Análisis y razonamiento..... | 71 |
| Figura 15. Promedio en indicadores de Manejo de la información | 72 |
| Figura 16. Promedio en indicadores de Diseño pedagógico..... | 73 |
| Figura 17. Promedio en indicadores de Didáctica y evaluación..... | 74 |
| Figura 18. Promedio en indicadores de Tecnología y usabilidad..... | 75 |
| Figura 19. Diseño anterior del Log In para acceder a EDTA Learn | 75 |
| Figura 20. Diseño nuevo del Log In para acceder a EDTA Learn..... | 76 |
| Figura 21. Ventana emergente para acceder a EDTA Learn..... | 76 |
| Figura 22. Valoración general por categoría | 77 |
| Figura 23. Falencias en cálculo de concentración y potencial del metal libre dependientes del punto de equivalencia. | 79 |
| Figura 24. Planteamiento de equilibrios presentes | 79 |
| Figura 25. Omisión de equilibrios de quelatos protonados o hidroxilados. | 80 |
| Figura 26. Identificación de solución amortiguadora..... | 80 |
| Figura 27. Curva de valoración problema 1. | 81 |
| Figura 28. Curva de valoración problema 2. | 81 |
| Figura 29. Curva de valoración problema 3 | 81 |
| Figura 30. Curva de valoración problema 4. | 81 |
| Figura 31. Curva de valoración problema 5. | 81 |
| Figura 32. Curva de valoración problema 6. | 81 |
| Figura 33. Percepción general del OVA..... | 83 |
| Figura 34. Percepción del ítem 1 | 84 |
| Figura 35. Percepción del ítem 2 | 85 |

| | |
|---|----|
| Figura 36. Percepción del ítem 3 | 86 |
| Figura 37. Percepción del ítem 4 | 86 |
| Figura 38. Percepción del ítem 5 | 87 |
| Figura 39. Percepción del ítem 6 | 88 |
| Figura 40. Percepción del ítem 7 | 88 |
| Figura 41. Percepción del ítem 8 | 89 |
| Figura 42. Percepción del ítem 9 | 90 |
| Figura 43. Percepción del ítem 10 | 90 |
| Figura 44. Percepción del ítem 11 | 91 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Instrucciones para la evaluación de EDTA Learn..... | 102 |
| Anexo 2. Validación par académico 1..... | 103 |
| Anexo 3. Validación par académico 2..... | 108 |
| Anexo 4. Validación par académico 3..... | 115 |
| Anexo 5. Consentimiento informado..... | 120 |
| Anexo 6. Problemas formulados en el OVA EDTA Learn..... | 121 |

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de la educación, la incorporación de la tecnología es vital en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, por eso este proyecto pretende desarrollar una herramienta innovadora y accesible a través de una plataforma web, presentada como Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), diseñado para abordar y comprender las valoraciones potenciométricas de formación de complejos quelatos con el ligando EDTA y los equilibrios asociados. La importancia de esta temática radica en su relevancia en la química analítica y su aplicación en diversos campos científicos. El propósito fundamental de este OVA, denominado EDTA Learn, es ofrecer a los estudiantes, académicos y personas interesadas en el tema, una herramienta interactiva que no solo les permita comprender los conceptos teóricos fundamentales relacionados con estas valoraciones, sino que también les brinde la capacidad de experimentar y predecir de manera práctica el comportamiento de los diferentes sistemas que se presentan, a su vez, la herramienta ofrece elementos suficientes para el desarrollo y apropiación de habilidades químico - matemáticas relacionadas con la modelación y simulación.

Se realizó una recopilación de antecedentes y referentes conceptuales que soportaron el presente trabajo en términos pedagógicos, didácticos, tecnológicos y metodológicos con el fin obtener los elementos suficientes y apropiados. De esta forma se consideró pertinente respaldar el proyecto en el Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador (ACAC) y sus principios enunciados en Collazos, Muñoz, & Hernández (2014). Por otro lado, desde un enfoque didáctico y tecnológico se tomaron en cuenta los diferentes usos de las TIC y los lineamientos necesarios para la construcción de un OVA propuestos por Bravo Palacios (2016) y descritos en "*Diseño, construcción y uso de objetos virtuales de aprendizaje*".

Este proyecto se elaboró bajo la metodología Design Based Research (DBR) cuyas etapas de investigación permitieron reconocer los elementos esenciales para la construcción del OVA siguiendo el modelo ADDIE *Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación* para garantizar un desarrollo efectivo de la

herramienta y su integración en el proceso de aprendizaje. La evaluación del OVA se hizo con la validación por pares académicos y un pilotaje con profesores de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, inscritos en el espacio académico denominado Métodos de Análisis Químico I del semestre 2023-2. Para estos procesos evaluativos se adaptaron las categorías presentadas en *“Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para la educación básica y media en Colombia”* (Molano Puentes, Alarcón Aldana, & Callejas Cuervo, 2018). Adicionalmente, se construyeron rúbricas soportadas en la Taxonomía SOLO para evaluar el nivel de comprensión de la población y también una encuesta tipo Likert para recopilar las percepciones frente al funcionamiento del OVA y el simulador incorporado.

Finalmente, fueron analizados los resultados recolectados según la etapa de investigación y también los procesos evaluativos mencionados previamente, los cuales abrieron campo para un posible estudio de las contribuciones que esta tecnología puede tener en la educación y la comprensión de las valoraciones potenciométricas de formación de quelatos de manera efectiva y atractiva.

1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Por el avance tecnológico presentado en los últimos años, es importante reconocer que el aprendizaje con softwares cada vez se vuelve más popular y con ello se genera una alta demanda al crear herramientas que faciliten el proceso. Una de las herramientas más utilizadas son los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA), entendidos como un conjunto de recursos digitales, auto contenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización (MinEducación, 2006). Esos elementos son útiles para que el estudiante comprenda fenómenos visuales y prácticos; por eso se consideró necesario abordar el origen y evolución de los OVA, su utilidad en la enseñanza de la Química y su uso en investigaciones relacionadas con las simulaciones matemáticas para valorar compuestos complejos.

En los años 70, David Merrill, un investigador en educación, propuso una teoría basada en la identificación de patrones dentro de transacciones para desarrollar algoritmos instruccionales y así promover dichas transacciones apropiadas, a esto se le denominó Instructional Transaction Theory (ITT). Pero no fue hasta el final de la década de los 90, donde Wayne Hodgins (2002) propuso el concepto de *Objeto de aprendizaje (OA)*, pues él dedujo que, las piezas de LEGO funcionan como metáfora explicativa para facilitar el proceso de aprendizaje, definiendo bloques formativos que pudieran conectarse fácilmente entre sí para crear estructuras o productos más complejos o de mayor alcance. Esta conceptualización se concretaría en la construcción de materiales formativos asociados a las TIC, por sus potencialidades de escalabilidad y crecimiento (Red de Instituciones de Formación Profesional, 2013). Por otro lado, con la llegada de las TIC fue posible expandir los objetos de aprendizaje a un ámbito más tecnológico y así, desarrollar la construcción y distribución fácil, rápida y accesible de escenarios interactivos como lo son los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA).

Con respecto al desarrollo e implementación de OVA en la enseñanza de la química, estos entornos virtuales son ambientes educativos complementarios que contribuyen, mayoritariamente, en temas relacionados a prácticas de laboratorio, simulaciones teóricas y matemáticas. En ese sentido, se referencia en un primer momento el trabajo de Vásquez de Dios, Castillo Arias, & Cruz Tejada (2019) "*Herramienta tecnológica para ilustrar el contenido métodos volumétricos*", donde proponen el desarrollo e implementación, llevada a cabo de manera satisfactoria, de entornos virtuales interactivos en cursos de Análisis Químico Cuantitativo debido a que, en muchas ocasiones, los docentes y estudiantes se dirigen a libros específicos como: *Análisis Químico Cuantitativo* de Gilbert Ayres y *Analytical Chemistry an Introduction* de Skoog and West cuando se trata de las volumetrías por formación de complejos, sin embargo, los libros muchas veces se encuentran en inglés o mal digitalizados, presentando así, fallas en la comprensión de las temáticas y por ende, pérdida del interés por parte del estudiante.

Siguiendo la línea de la química analítica, Osicka, Fernández, Valenzuela, Buchhamer, & Giménez (2013), en su trabajo titulado "*Química Analítica: Aprendizaje a partir de WebQuest*" describen cómo el uso de estos OVA refuerza el aprendizaje significativo y también permiten que los docentes planeen y estructuren la enseñanza desde la creatividad. La herramienta tenía como objetivo promover la comprensión de los contenidos de Química Analítica I en estudiantes de Ciencias Químicas y del Ambiente, por lo que se sugirieron los siguientes apartados dentro de dicho entorno virtual: *Introducción* a la temática con conceptos básicos, *Procesos* apoyados en actividades como recopilación bibliográfica y elaboración de informes, *Recursos* digitales otorgados por los docentes útiles para dar respuesta a los posibles interrogantes, *Evaluación* realizando un informe donde los estudiantes dejaran en evidencia la comprensión, argumentación y calidad del aprendizaje.

Estos dos primeros trabajos se refieren a un primer acercamiento al uso de objetos virtuales de aprendizaje, ya que estos posibilitan a los estudiantes establecer nuevos conceptos y ampliar los ya construidos por los libros de texto o de clases

teóricas desarrolladas; además, se considera el rol del docente como creativo e innovador.

Con relación a los trabajos prácticos de laboratorio que se llevan a cabo en la química analítica, Tumbarell Silva (2009) expone en su trabajo denominado, "*Diseño Teórico del Laboratorio Virtual "Determinación de la Dureza del Agua"*", los elementos que tuvo en cuenta para la construcción del laboratorio virtual, un tipo de OVA que tiene por objetivo determinar la dureza de diferentes tipos de agua para apoyar el proceso de enseñanza – aprendizaje de la Química General frente a fenómenos experimentales propiciando también el trabajo colaborativo. El autor subraya que las prácticas pueden ser simuladas, ya que se pueden obtener distintas variantes que se pueden considerar al desarrollar un laboratorio real. Por otro lado, para la determinación de la dureza del agua el autor propone dos maneras: Método de la espuma de jabón y Método volumétrico con la valoración de una solución de sal de sodio con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), siendo este último donde se presentan nuevas variables como el analito, titulante, indicador según el metal, entre otros. Se presenta la descripción del software apoyado de un orden lógico para desarrollar la práctica de laboratorio y se compara con el mundo real, para evaluar los conocimientos teóricos y prácticos del estudiante. Este trabajo presenta gran relación con este proyecto debido a que es un referente que retoma elementos para el diseño de trabajos de prácticos de laboratorio simulados en el tópico objeto de interés de este trabajo, las quelometrías, asimismo se reconoce que el proceso de descripción químico-matemática, de este de equilibrios comprende el desarrollo de modelos matemáticos, a través de una serie de balance y definición de variables.

Por otro lado, en la investigación "*Excel como recurso didáctico para el desarrollo de habilidades analíticas de pensamiento a partir de modelación químico-matemática de sistemas acuosos en equilibrio*" desarrollado por Amaya Posse & Vargas Olaya (2014) se expone el funcionamiento de la hoja de cálculo para la modelación de curvas de titulación de sistemas fundamentados en el equilibrio ácido – base de Brönsted-Lowry y la formación de complejos con el fin de promover

habilidades que le permitan al estudiante comprender de manera precisa cualquier situación. Con respecto a la metodología, los autores vieron conveniente realizar un abordaje teórico para que los estudiantes obtuvieran los elementos principales y así, poder llevar a cabo las modelaciones a partir de un ejercicio propuesto en el texto de Fundamentos de química analítica (Clavijo Díaz, 2002), posteriormente, realizaron los primeros acercamientos a la hoja de cálculo con apoyo de guías propuestas por los investigadores. Luego, se desarrolló una práctica experimental la cual consistió en que, cada grupo de trabajo determinaba su mejor sistema construido en Excel basado en una muestra problema asignada. Por último, los estudiantes presentaron un cuestionario el cual buscó el nivel de profundización y habilidades que adquirieron o no basados en ejercicios matemáticos e interpretativos. Esta investigación se considera fundamental para este proyecto por el grado de similitud que presenta frente al componente disciplinar que se fortalezca en los profesores en formación de la Universidad Pedagógica Nacional.

Finalmente, para la construcción de un OVA es importante considerar que estos se componen de metodologías, estándares y herramientas para cumplir con su intencionalidad pedagógica, es por esto que se toma a Bravo Palacios (2016) y su trabajo de grado *“Diseño, construcción y uso de objetos virtuales de aprendizaje OVA”* donde la autora expone distintas metodologías para la construcción de OVA y sus respectivas características, también presenta una serie de herramientas útiles para valorar la construcción de los escenarios interactivos y las maneras en las que estos pueden ser distribuidos o almacenados. En cuanto a la validación del OVA, se consideró referenciar la *“Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para la educación básica y media en Colombia”* propuesta por Molano Puentes, Alarcón Aldana, & Callejas Cuervo (2018) en la que se describen una serie de recursos útiles para esta investigación como diversos indicadores evaluativos de objetos virtuales de aprendizaje que permite analizar la estructura, la coherencia pedagógica y didáctica, y la calidad del software; el indicador de mayor interés es el de modelación de procesos y fenómenos de la realidad.

2. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La química analítica se entiende como aquella rama de la química que se encarga de estudiar o determinar la composición de una muestra química mediante métodos de separación, identificación y cuantificación. Estos métodos pueden ser cualitativos, cuantitativos, clásicos y/o instrumentales, para el caso de los métodos clásicos, volumétricos, la determinación de la composición o identidad química se realiza a través de técnicas volumétricas denominadas *valoraciones*, las cuales según Ayres (1970) tienen como objetivo la determinación de una concentración desconocida de un analito a partir de un valorante de volumen y concentración conocida, siendo estos químicamente equivalentes. Son ampliamente utilizadas en química analítica para determinar ácidos, bases, agentes oxidantes, agentes reductores, iones metálicos, proteínas y otras especies químicas; este método se basa en las reacciones que se da entre un analito y un reactivo estándar conocido como titulante (Skoog, West, & Crouch, 2015). Las valoraciones se dividen en grandes grupos como: neutralización, oxido – reducción, precipitación y complexométricas, siendo esta última la de gran interés para esta investigación.

En este sentido, la química analítica se apoya en trabajos prácticos de laboratorio para comprender el comportamiento de distintos fenómenos, pero a veces, dichas prácticas no pueden realizarse por las limitaciones que se pueden presentar en un espacio de laboratorio, por la ausencia de reactivos, indicadores o fallas en el equipo a trabajar. En lo que respecta la determinación de complejos, existen otros factores limitantes que van más allá del espacio de laboratorio y es el medio ambiente, pues la determinación de algunos compuestos complejos pueden generar la contaminación de este, sin embargo, a pesar de estas desventajas, sigue siendo necesario un espacio que permita observar y comprender el comportamiento de los compuestos haciendo uso de modelos químico - matemáticos ya que estos proporcionan herramientas para aceptar conclusiones que tienen una alta probabilidad de ser correctas y de rechazar las conclusiones que no lo son (Harris, 2006).

Atendiendo a las necesidades y en vista de la carencia de material interactivo de tipo tecnológico que demuestre las valoraciones con sus respectivas curvas, se diseñó y validó un objeto virtual de aprendizaje (OVA) en el que se incorporó un simulador para las curvas de valoración potenciométrica en la formación de quelatos, ambos creados desde cero haciendo uso de lenguajes de programación como HTML (HyperText Markup Language), CSS (Cascading Styling Sheets) y JavaScript. El OVA diseñado se constituye como un material educativo computacional complementario para abordar el método moderno o tratamiento sistemático de los equilibrios de formación de quelatos, en específico con iones metálicos y el quelón EDTA. El OVA se diseñó para promover el desarrollo de habilidades de modelación químico – matemáticas al describir este tipo de equilibrios.

Dentro de este orden de ideas, la pregunta que orientó esta investigación es: ¿Qué caracteriza el diseño de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) fundamentado en la metodología Design Based Research (DBR) para el desarrollo de habilidades químico - matemáticas, en un grupo de estudiantes de Métodos de Análisis Químico I de la Universidad Pedagógica Nacional, relacionadas con la simulación y modelación de curvas de valoración potenciométricas de formación de quelatos?

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La enseñanza de la química analítica se enfoca tradicionalmente en los trabajos prácticos de laboratorio con el fin de corroborar los aspectos conceptuales, teóricos y metodológicos o procedimentales que soportan los métodos analíticos de los objetos de estudio, asimismo, los trabajos prácticos de laboratorio contribuyen a fomentar un aprendizaje más activo, colaborativo, el método científico y el espíritu crítico. Además, el estudiante desarrolla habilidades y destrezas según Posada Velásquez (2012), no obstante, en el ámbito de la enseñanza de química en docentes en formación, se esperaría que los estudiantes cuenten con una formación científica básica, la cual según Castro Sánchez & Ramírez Gómez (2013) es necesaria para desarrollar competencias que permitan comprender el entorno y enfrentar los posibles problemas que se presenten. En ella se encuentra el desarrollo de habilidades científicas, bien sea el pensamiento crítico, analítico y reflexivo, conocimientos básicos previos y capacidades para crear e investigar.

Uno de los objetivos de la química analítica es identificar y cuantificar sustancias químicas en muestras desconocidas o conocidas en diversos elementos de la vida cotidiana, como los recursos hídricos, la industria alimentaria, los productos farmacéuticos, entre otros; para ello es importante reconocer que simular y predecir el comportamiento de los sistemas químicos y fenómenos permite mejorar la precisión de los resultados obtenidos según la calidad de estos. Se debe considerar que lo anterior se refiere directamente a las habilidades científicas de modelación, que consisten en herramientas y conocimientos de un científico para desarrollar e implementar modelos químicos–matemáticos y computacionales, para ello el individuo debe poseer conocimientos estadísticos y poder comunicar y explicarlos. Cabe reconocer que un modelo matemático establece un conjunto de relaciones (de igualdad y/o de desigualdad) definidas en un conjunto de variables que reflejan la esencia de los fenómenos en el objeto de estudio (Pérez Velázquez, Ramírez Leyva, & Rodríguez, 2020).

Por otra parte, en las últimas décadas se ha evidenciado que el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha ido aumentando y con ello ha sido posible la integración de contenidos, metodologías y recursos en el aula, permitiendo la flexibilización de los roles de un docente y de los estudiantes, por un lado, se fortalece el proceso de enseñanza – aprendizaje y por otro, es posible despertar la motivación del estudiante fomentando así la curiosidad y la exploración para que este sea más activo y autónomo en la apropiación de nuevos conocimientos según Rojas Tarazona (2017) mediante las herramientas que facilita internet. Es así como también se potencian las habilidades científicas y la alfabetización tecnológica en distintos escenarios interactivos, los cuales contribuyen al diseño y construcción de Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA).

Estos objetos se crean con la finalidad de contribuir en el proceso de aprendizaje apoyado por tecnología, se tornan especialmente importantes en sistemas de entrenamiento basado en computador, ambientes de aprendizaje interactivos, sistemas inteligentes de instrucción asistida por computador, sistemas de aprendizaje a distancia, y ambientes colaborativos de aprendizaje según Álvarez Pedraza (2012), que logran la construcción de nuevos conocimientos y significados en pro de los estudiantes. De esta manera se puede afirmar que los objetos virtuales de aprendizaje permiten la interacción con simuladores propuestos desde softwares fundamentados en el análisis de datos, siendo estos últimos muy útiles en el área de la química, pues como lo mencionan Gisbert Cervera, Segura, Rallo Moya & Bellver (1997) citados en Cebrián (2013), son herramientas que llevan a la persona a imitar un contexto real, estableciendo en ese ambiente situaciones problemáticas o reproductivas, similares a las que el estudiante deberá enfrentar.

Desde esta perspectiva, surge la necesidad de diseñar y construir esos escenarios virtuales para que el estudiante adquiera dominio de las herramientas digitales y pueda modelar, simular o predecir el comportamiento de distintas variables relacionadas con las valoraciones potenciométricas en la formación de quelatos, además es importante que los estudiantes posean conocimiento teórico previo

sobre la química analítica y cuenten con habilidades matemáticas. Finalmente, apoyados en lo que exponen Hofstein & Lunetta (1980) con la herramienta se busca que, el aprendizaje de esta rama de la química sea más interesante y relevante para los estudiantes mientras se crea dicha relación entre lo teórico y lo práctico, a su vez, es necesario considerar que las simulaciones no deberían reemplazar el trabajo experimental en ciencias, sino más bien ampliar las experiencias activas con las ideas y problemas científicos dinámicos (Raviolo, 2010). Sumado a lo anterior, Ballagan Tixi (2020) menciona que el uso de simuladores virtuales permite el desarrollo de diferentes prácticas de manera segura sin el temor a dañar equipos o materiales; siendo así, estas herramientas se convierten en una alternativa didáctica, práctica y útil para el aprendizaje de Química Analítica.

Es de esta forma que el simulador, incorporado en un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), brinda herramientas adicionales al estudiante con el fin de que este identifique la identidad química de las especies implicadas en los equilibrios y sea capaz de describir sistemáticamente los balances, variables y condiciones que permitan predecir el comportamiento e interacciones de los sistemas asociados a los equilibrios de formación de complejos, en específico los quelatos con el ligando polidentado o quelón Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los elementos teóricos y metodológicos que conviene incorporar en el diseño de un OVA fundamentado en la metodología DBR para la construcción de modelos químicos – matemáticos que describen los equilibrios implicados en las valoraciones potenciométricas para la formación de quelatos, orientado a un grupo de profesores en formación en química.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar un OVA fundamentado en la metodología DBR y en la modelación químico – matemática de los equilibrios dinámicos asociados a las curvas de valoración potenciométricas para la formación de quelatos.

Validar el OVA a través de pares académicos y pilotaje con un grupo de profesores en formación en química para determinar la pertinencia de los elementos teóricos y metodológicos incorporados en el OVA en términos del desarrollo de la habilidad de modelación químico – matemática al describir y simular las curvas de valoración potenciométricas de formación de quelatos.

5. REFERENTES CONCEPTUALES

Para comenzar con la construcción del OVA de este trabajo, se requirió identificar los elementos que caracterizan la estructura y componentes de estos para presentar adecuadamente el contenido a abordar, recogido en este apartado. También es importante resaltar el papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el desarrollo de esta herramienta, ya que facilitan la enseñanza a partir del aprendizaje recursivo y creativo; a parte, las TIC soportan el desarrollo del OVA.

5.1. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC)

Se entiende como Tecnologías de la Información y la Comunicación al conjunto de tecnologías que posibilitan la creación, almacenamiento, acceso, producción, tratamiento y comunicación de distintas formas de información presentadas como textos, imágenes, videos, voces y datos. Según Cabero Almenara (1998) citado en Ayala Ñiquen & Gonzáles Sánchez (2015) “las TIC giran en torno a tres medios básicos: la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones; pero giran, no sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo, de manera interactiva, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas”.

Si bien, el impacto de las TIC ha llevado a que se evolucione en diversos ámbitos y sectores de la sociedad, por ejemplo, el desarrollo de nuevos términos como e-business y e-commerce *negocio y comercio electrónico*, e-government *gobierno electrónico*, e-health *sanidad electrónica*, e-learning *enseñanza a distancia*, e-inclusión *inclusión social digital o el acceso a las TIC de los colectivos excluidos socialmente*, e-skills *habilidades para el uso de las TIC*, e-work *teletrabajo*, e-mail *correo electrónico*, banda ancha *acceso a las redes de telecomunicación*, domótica *control de electrodomésticos en la casa* (Suárez y Alonso, 2007), por otro lado, se han producido avances en el campo tecnológico con el fin de crear dispositivos que sean capaces de procesar y almacenar de manera rápida la información, es por eso, que a partir de estos dispositivos han aparecido herramientas informáticas como la intranet, las videoconferencias, inteligencias artificiales, softwares de simulación y

realidad virtual, entre otros, logrando evolucionar también los sistemas educativos permitiendo así el fácil acceso e intercambio de conocimiento entre docentes y estudiantes, pues las TIC se consideran como herramientas para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje.

No obstante, el uso de las TIC en la educación depende de múltiples factores como infraestructuras, formación, actitudes, apoyo del equipo directivo, entre otros, los cuales el más relevante es el interés y la formación por parte del profesorado, tanto a nivel instrumental como pedagógico (Belloch, 2012), de esta manera, Moreira (2009) propone herramientas fundamentadas en las TIC con un fin didáctico específico, bien sean sitios web, aulas virtuales, webquest, wikis o softwares educativos, siendo este último la herramienta que se desarrolló en el presente trabajo pues, con los softwares educativos son los docentes los que seleccionan los recursos y métodos didácticos en función de los conceptos y concepciones pedagógicas, mientras se disponen nuevas dimensiones en los objetos de enseñanza. enseñanza. Estas tecnologías permiten al profesor revelar al estudiante nuevas dimensiones de sus objetos de enseñanza, bien sean fenómenos del mundo real, conceptos científicos o aspectos de la cultura, que su palabra, el tablero y el texto le han impedido mostrar en su verdadera magnitud (MinEducación, 2004). Por otro lado, Arriaga, Bautista & Camacho (2021) mencionan que los docentes se enfrentan a diversos retos para aprovechar estas tecnologías y con ellas dichos espacios virtuales dado que, durante la época de pandemia, en el 2020, estas herramientas formaron gran parte del proceso de enseñanza - aprendizaje. Estos retos se encuentran ligados a las competencias que deben tener los docentes en materia de las TIC, las cuales, según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2013) se encuentran descritas de la siguiente manera:

1. Competencia tecnológica: Se puede definir como la capacidad para seleccionar y utilizar de forma pertinente, responsable y eficiente una variedad de herramientas tecnológicas entendiendo los principios que las rigen, la forma de combinarlas y las licencias que las amparan.

2. Competencia comunicativa: Se puede definir como la capacidad para expresarse, establecer contacto y relacionarse en espacios virtuales y audiovisuales a través de diversos medios y con el manejo de múltiples lenguajes, de manera sincrónica y asincrónica.
3. Competencia pedagógica: compone la parte esencial de la práctica docente favoreciendo así el desarrollo de las competencias tecnológicas y comunicativas en los procesos educativos. Se determina como la habilidad de usar las TIC con el fin de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, identificando sus ventajas y limitaciones en la formación integral de los estudiantes y el desarrollo profesional del docente.
4. Competencia de gestión: El uso de las TIC en el componente de gestión permite de forma eficaz involucrar a los estudiantes para que participen con mayor motivación en el desarrollo de los procesos académicos facilitando así su aprendizaje en un entorno educativo adecuado a sus necesidades. Tomando lo expuesto anteriormente la competencia de gestión se puede determinar como la habilidad para usar las TIC en la planeación, organización, administración y evaluación de forma práctica de los procesos educativos.
5. Competencia investigativa: Se basa en la gestión y generación de nuevos conocimientos, en esta instancia se puede reflexionar desde los procesos de enseñanza al indagar sobre el desarrollo de la práctica docente observando y registrando cada experiencia de aprendizaje lo que permitirá una autoevaluación de lo trabajado en esas prácticas y a su vez logrará una innovación educativa al proponer y diseñar nuevas estrategias de enseñanza.

5.2. OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE (OVA)

Existen distintos enunciados para definir los objetos virtuales de aprendizaje. En el contexto nacional, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia lo define como: todo material estructurado de una forma significativa, asociado a un propósito

educativo y que corresponda a un recurso de carácter digital que pueda ser distribuido y consultado a través de la Internet. El objeto de aprendizaje debe contar además con una ficha de registro o metadatos, consistente en un listado de atributos que además de describir el uso posible del objeto, permiten la catalogación y el intercambio de este (MinEducación, 2005), en tal sentido, Granada Cano (2014) junto con Feria Marrugo & Zúñiga López (2016) proponen una serie de criterios que se deben tener en cuenta al momento de diseñar un OVA, los cuales son;

- **Fiabiles:** Debe contener información confiable, verdadera y oportuna según la temática, respetando los derechos de autor.
- **Atemporales:** Para que no pierda vigencia en el tiempo y en los contextos utilizados.
- **Didácticos:** El objeto tácitamente responde a qué, para qué, con qué y quién aprende.
- **Pertinentes:** Pedagógicamente enfocados en las necesidades de los usuarios finales, con unidad de aprendizaje
- **Reutilizables:** Permiten crear un nuevo OVA a partir de él, ya sea para mejorar su contenido o para utilizarlo en otros contextos
- **Compatibles:** Compatibilidad con otras especificaciones o estándares que permitan su utilización sin inconvenientes técnicos.
- **Interactivos:** Responden a diferentes demandas por parte del usuario de forma bidireccional en muchos casos, donde más de un camino es posible para el aprendizaje o utilización de la información.
- **Estructurados:** Fáciles de utilizar y claros en su presentación (interfaz) para la navegación o exploración por parte del usuario
- **Auténticos:** Presentan los contenidos de manera diferente, innovadora.

Por otro lado, también existen elementos que resaltan el valor pedagógico que debe poseer el OVA según Bravo Palacios (2016) que se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Elementos internos de un OVA

| | |
|---------------------------------------|---|
| Objetivos | Expresan explícitamente lo que el estudiante aprenderá. |
| Contenidos | Se refiere a los tipos de conocimiento y sus múltiples formas de representarlos. Se usan diferentes estrategias para capturar la atención del estudiante y mantener el interés en el tema. |
| Actividades de aprendizaje | Tareas que el estudiante debe realizar con base en el tema estudiado en la sección de contenidos con el fin de hacer significativo el aprendizaje, desarrollar habilidades y alcanzar los objetivos de aprendizaje. |
| Elementos de contextualización | Información conocida como metadatos, hace referencia a los datos que describen el objeto, como: Título, idioma, versión, información relacionada con los derechos de autor. |

Nota. Adaptado de *Elementos internos de un OVA*, de *Bravo Palacios, 2016*.

En concordancia con lo anteriormente presentado, el objeto virtual de aprendizaje para la valoración potenciométrica de formación de quelatos propuesto cumple con los parámetros presentados en la Tabla 1, con el fin de crear las bases estructurales pertinentes para lograr un uso adecuado de ello con respecto al nivel de interacción que se puede generar con el estudiante. De este modo, se espera que el estudiante sea capaz de reconocer dicho espacio para la reconstrucción de conceptos y con esto, la construcción e interpretación de modelos químico – matemático para potenciar las habilidades científicas.

Como factor adicional, hay que considerar que los objetos virtuales de aprendizaje están basados en el Aprendizaje Colaborativo (AC), centro de interés de los investigadores, ya que el entendimiento en el aula hace que se cuestione y formulen las metodologías en el salón de clase. El aprendizaje colaborativo es un modelo donde los estudiantes realizan tareas en conjunto, en este modelo la cooperación, la autonomía y las interacciones con los demás son importantes para el desarrollo del aprendizaje. El aprendizaje colaborativo se basa en desarrollar actividades

básicas en pareja o en grupos determinados de trabajo, pero este modelo de enseñanza va más allá, se basa en aprender mediante otros individuos adquiriendo sus conocimientos y aportando los propios conocimientos también construidos. De esta manera es posible afirmar, como lo mencionan Collazos, Muñoz, & Hernández (2014), que algunos de los beneficios del aprendizaje colaborativo son:

- Un grupo entiende mejor un problema que una sola persona.
- Un grupo posee más información o conocimiento que un solo miembro, por lo que existirían más alternativas para la resolución de problemas.
- El acceso a un mayor volumen de información útil y filtrada gracias a las contribuciones en conjunto.
- Agilización de procesos de aprendizaje ante la posibilidad de recurrir a miembros experimentados del grupo.

Siendo así, los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje, lo que conduce a la definición de roles entre ellos para lograr con éxito los objetivos propuestos, mientras que, por otro lado, el profesor cuenta con el rol de facilitador durante el proceso de aprendizaje promoviendo la motivación y retroalimentación cuando sea necesario para llevar a los estudiantes al eje principal del pensamiento.

Por último, es válido mencionar que una de las ventajas que posee el aprendizaje colaborativo es el uso de la tecnología, pues los estudiantes tienen la oportunidad de elegir libremente en qué momento y cómo usarla a favor de su aprendizaje, abriendo paso a un área emergente denominada Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador (ACAC) cuya definición se encuentra estrechamente articulada con la presente investigación.

5.3. APRENDIZAJE COLABORATIVO APOYADO POR COMPUTADOR

El avance continuo de los computadores y el uso frecuente de las Tecnologías de Información y Comunicación han permitido que, mediante el Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador (ACAC), se desarrollen nuevos productos y

aplicaciones software que le brinden a los usuarios actividades creativas de exploración intelectual y de interacción al aprender en ambientes aislados según Collazos, Muñoz, & Hernández (2014). A través de diversas investigaciones, se ha logrado evidenciar que el ACAC comparte los principios del AC teniendo en cuenta la variable tecnológica de la siguiente manera:

- Interdependencia positiva: Los miembros del equipo se encargan de establecer una especie de organización interna donde construyen sus propias metas y tareas a partir de una actividad o problemática confiando en el entendimiento y éxito de cada persona.
- Interacción estimuladora: Hace referencia directamente a las interacciones verbales puesto que, estas interacciones permiten el intercambio de ideas y conocimientos logrando el refuerzo de conceptos y la retroalimentación. Una de las ventajas del ACAC es que dichas interacciones se pueden llevar a cabo de manera síncrona y asíncrona, es decir, se pueden presentar tanto en un espacio físico, como lo es un aula de clase, como también en tiempo real haciendo uso de softwares para la colaboración online e incluso, el intercambio de recursos educativos digitales.
- Contribución individual: Cada miembro del equipo asume la responsabilidad en el desarrollo de la tarea aceptando contribuciones por parte de sus compañeros y compartiendo sus propias ideas o material.
- Habilidades personales y grupales: Durante el tiempo de convivencia, cada miembro del equipo debe estar abierto a la posibilidad de desarrollar y potenciar habilidades individuales y grupales como lo son; la comunicación, participación, liderazgo y la capacidad de evaluar los procesos. Las dos primeras se han visto altamente abordadas durante los últimos años gracias a la implementación de espacios virtuales interactivos como puede ser Microsoft Teams, Google Meets, Classroom, entre otras, dado que estas plataformas virtuales proporcionan espacios para las interacciones verbales aumentando la motivación por el trabajo debido a la mayor cercanía entre los sujetos. A esta motivación también se le puede atribuir el hecho de contar con recursos

digitales la mayor parte del tiempo lo que enriquece la experiencia de aprendizaje.

El uso de las TIC permite cierta accesibilidad a recursos digitales y el intercambio de estos aplicando el Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador y sus cuatro (4) principios. En ese sentido, con esta investigación se buscó que el principio de habilidades individuales y grupales estuviera presente durante el proceso de pilotaje, donde dicho principio se encuentra relacionado directamente con las habilidades científicas, específicamente aquellas asociadas a la modelación química – matemática.

5.4. HABILIDADES CIENTÍFICAS

Las habilidades científicas son las que se desarrollan en las ciencias naturales, por lo general, se espera que estas se creen a tempranas edades ya que, son necesarias para realizar investigaciones y actividades experimentales. En el contexto nacional, se busca que los docentes en ciencias logren fortalecer las competencias de los estudiantes y con ello, las habilidades, a partir de los Estándares Básicos de Competencias (EBC) propuestos por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, los cuales han sido actualizados mediante los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA). Sin embargo, en un ambiente de profesores en formación inicial, se espera que ellos cuenten con habilidades científicas como identificación de problemas, formulación de preguntas, hipótesis, diseños experimentales que conlleven a la observación, medición, recolección de datos, clasificación y posteriormente la interpretación de resultados. Estas habilidades generales se dan en el ámbito intelectual *aprendizaje: cognición y metacognición*, *psicomotriz manipulación u operación con instrumental*, *afectivo actitud hacia la ciencia, motivación* y *social conocimiento colectivo, capital social, alfabetización científico-tecnológica* (Reyes González & García Cartagena, 2014).

5.4.1. Modelación química – matemática.

Este apartado requiere, en primer lugar, la definición del concepto *química – matemática*, el cual según Rozas (2011) lo asume como “*el área científica que se encarga de las matemáticas en la química*”, es de esta manera que se resalta la importancia del uso de las matemáticas en la química ya que esta última se basa en el uso de conceptos matemáticos, la comprensión de estos y la capacidad de crear modelos que sean útiles para la interpretación, explicación y predicción de fenómenos químicos.

Ahora bien, partiendo de los modelos matemáticos también es válido destacar que estos ofrecen una descripción de algo real en términos matemáticos, muchas veces se tratan desde simples analogías. En términos de habilidades, la modelación matemática, según Orozco Pérez, Atiénzar Rodríguez, & Cuenca Díaz (2013), posee el componente cognitivo – instrumental suficiente para que el individuo represente la realidad y a partir de ella, sea capaz de planificar su actividad, pues la creación de modelos matemáticos no requiere significativos gastos materiales y la realización del propio proceso de modelación, que con ayuda de los modernos medios de cómputo permite efectuarla en un tiempo relativamente pequeño (Pérez Velázquez, Ramírez Leyva, & Rodríguez, 2020). Por eso, fomentar la creación de modelos matemáticos permite comparar el mundo teórico, el experimental y el computacional, pero el último mencionado no debe considerarse un aspecto netamente de la química computacional, sino un informático que contribuye a modelar procesos químicos.

Para esta investigación es relevante contemplar que dichas habilidades permiten a los estudiantes crear sus propios conceptos, modelos y herramientas para comprender contextos científicos. En términos de las valoraciones potenciométricas de formación de complejos, las habilidades de modelación química – matemática permiten que el estudiante, en primer lugar, comprenda la naturaleza de los equilibrios químicos implicados y que con ello sean capaces de proponer modelos

matemáticos donde se relacione el potencial del catión metálico del analito y el volumen gastado de un quelón mediante curvas de valoración.

5.5. EQUILIBRIO QUÍMICO

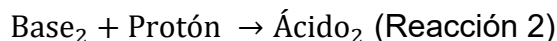
El concepto equilibrio químico ha venido evolucionando desde el siglo XIX donde, Maximilian Guldberg y Peter Waage lograron relacionar la tendencia de una reacción de una sustancia con la naturaleza de estas y la cantidad presente. Para ello, tomaron como modelo la reacción reversible de sustitución: $\text{Ácido} + \text{Alcohol} \rightleftharpoons \text{Éster} + \text{Agua}$. Estos dos investigadores aducían con gran sagacidad que una reacción solo podía ocurrir cuando las moléculas de todos los reactivos coincidían en un mismo entorno en las proporciones indicadas por los coeficientes estequiométricos (Aleman Berenguer, 2012). A partir de lo anterior, se crearon los primeros fundamentos para hablar de análisis químico puesto que, los equilibrios rigen fenómenos muy diversos, desde el desplegamiento de proteínas en las células humanas hasta los efectos de la lluvia ácida en los minerales (Harris, 2006), de esta manera se puede afirmar que el análisis químico, junto a sus teorías beneficia diferentes áreas de la ciencia.

Para hablar de equilibrio químico es importante reconocer la naturaleza de los compuestos, bien sea ácido o base, presentes en el sistema que se desea trabajar. En medio acuoso, un ácido es una sustancia que aumenta la concentración de iones H_3O^+ *ion hidronio* cuando se añade al agua. Al revés, una base disminuye la concentración de H_3O^+ , por ende, una base aumenta la concentración de iones OH^- . (Harris, 2006). En cuanto a la definición de equilibrio químico, se dice que es aquel sistema donde no hay flujo de materia u otra forma de energía, de modo que sus propiedades son constantes según el tiempo, no hay cambio en estas.

5.5.1. Equilibrio ácido – base de Brönsted y Lowry.

En 1923, Johannes Brönsted y Thomas Lowry propusieron esta teoría donde definieron a los ácidos como dadores de protones, y las bases como aceptores de protones (Harris, 2006). Para obtener una base conjugada lo ideal es que el ácido

se convierta en un aceptor potencial de protones siempre y cuando éste ceda uno de sus protones (Reacción 1). En sentido contrario también ocurre con una base pues, toda base acepta un protón para producir un ácido conjugado (Reacción 2).



Para comprender la teoría es necesario contemplar una serie de principios que se enuncian en "*Fundamentos de química analítica. Equilibrio iónico y análisis químico*" de (Clavijo Díaz, 2002).

- Los protones libres H^+ no existen en solución bajo condiciones normales, por tanto, una especie ácida no podrá donar su protón (o sus protones, si es poliprótico) mientras no esté presente un aceptor, es decir una especie básica.
- Muchos solventes poseen propiedades básicas, como aceptores de protones.
- La transferencia total de protón sólo es válida para ácidos de carácter fuerte (electrolitos fuertes), ya sea por disolución en agua u otro tipo de solvente.
- En la mayoría de los equilibrios ácido-base, la transferencia del protón o no es completa o sólo es parcial, debido a la competencia entre dos bases por un protón.
- Los solventes anfipróticos sufren autoprotólisis, o autoionización en la cual la molécula del solvente *que actúa como un ácido* transfiere un protón a otra molécula del solvente *que actúa como base*.

En la actualidad, los ácidos se clasifican en fuertes y débiles. Los ácidos fuertes transfieren uno o más protones cuando interactúan con otras especies en un determinado solvente a ciertas condiciones de presión y temperatura, por lo que pueden disociarse completamente en sistemas acuosos produciendo iones hidrógeno mientras que, los ácidos débiles poseen menos tendencia a ceder o donar sus protones evitando así su disociación en soluciones acuosas porque no hay liberación de todos los protones presentes. Por otro lado, las bases se

clasifican de manera similar, pues las bases poseen la capacidad de aceptar un protón.

5.5.1.1. Soluciones amortiguadoras de pH.

También conocidas como soluciones buffer o tampón, son aquellas soluciones que resisten cambios en su pH cuando se agregan ácidos o bases, incluso si estas se diluyen. Uno de los métodos de separación o preparación es a partir de pares ácido – base conjugada o base – ácido conjugado. Estas soluciones deben tener la capacidad de amortiguar cantidades, en moles, de ácido fuerte o de base fuerte, de tal forma que el pH_c *en función de la concentración del ion hidronio* y el pH *en función de la actividad del ion hidronio* de la solución resultante no varíe apreciablemente, comparado con el pH_c y el pH de la solución inicial. Lo anterior implica que una solución de este tipo debe estar constituida por la mezcla de un ácido *donador de protones* que neutralice una cantidad de base fuerte *hidroxilo*, y por una base *aceptora de protones* que reaccione con una cantidad de ácido fuerte *protones* (Clavijo Díaz, 2002).

5.5.1.2. Preparación de soluciones amortiguadoras.

Una disolución amortiguadora se puede preparar a cualquier valor de pH. Esto quiere decir que, es posible preparar soluciones amortiguadoras ácidas *pH inferiores a 7* tomando una cantidad de solución acuosa de ácido débil con su respectiva base conjugada en forma de sal que es capaz de estabilizar soluciones ácidas. También están las soluciones amortiguadoras básicas *pH superior a 7* tomando una solución acuosa de una base débil y su correspondiente ácido conjugado en forma de sal. Para la preparación de soluciones buffer es necesario contemplar algunas consideraciones, indicadas por (Clavijo Díaz, 2002), que contribuyen con la capacidad que poseen estas soluciones para amortiguar un ácido o base fuerte, según sea el caso:

1. El pH_c y el pH
2. La concentración analítica

3. La capacidad amortiguadora: el número de moles o equivalentes de ácido fuerte o de base fuerte necesarios para disminuir o aumentar en una (1) unidad de pHc, respectivamente, por litro de solución buffer.
4. La fuerza iónica.

5.5.2. Equilibrio ácido – base de Lewis.

De manera simultánea a la teoría Brønsted – Lowry en 1923, Gilbert Newton Lewis propuso su teoría, la cual define a un ácido como una especie química capaz de aceptar pares de electrones y una basa como una especie que dona pares de electrones. Esta teoría se encuentra estrechamente relacionada con la formación de complejos puesto que, se incluyen especies químicas que no poseen protones como es el caso de los metales.

5.5.3. Formación de complejos.

En primer lugar, es válido reconocer que este apartado dentro de la investigación refiere al dominio conceptual y procedimental que se busca abordar a partir de los equilibrios químicos, por lo que es de gran importancia definir esta área de la química. Los distintos equilibrios que se pueden presentar a raíz de estas reacciones son importantes en la naturaleza dado que, poseen funciones importantes en el medio ambiente, incluso se presentan a nivel de sustancias biológicas, por ejemplo, la hemoglobina y la clorofila, pues como bien se sabe, la hemoglobina es una proteína que transporta oxígeno en la sangre, mientras que la clorofila contribuye en el proceso de fotosíntesis, dentro de dichas estructuras se encuentran iones metálicos enlazados a anillos de porfirina, se diferencian en que la hemoglobina posee iones Fe^{2+} y la clorofila contiene iones Mg^{2+} .

La formación de complejos resulta de la reacción de un ion central y de carácter metálico, el cual actúa como ácido de Lewis, con especies iónicas o moleculares que tienen pares de electrones libres denominadas ligando o base de Lewis, estableciendo así enlaces covalentes coordinados.

Estos equilibrios se verifican por desplazamiento del agua de coordinación por otro ligante y la reacción tiene lugar en etapas con su respectiva constante de estabilidad. Una ecuación general se puede presentar de la siguiente manera: $M^{+n} + L \leftrightarrow ML^{+n}$, donde M representa un catión con su respectivo número de coordinación n y L representa una especie ligante neutra o iónica (Clavijo Díaz, 2002). Con respecto a las especies ligantes o ligandos, se debe tener en cuenta que su clasificación se basa en:

- Ligandos monodentados: Proporcionan un solo par de electrones, por lo que solo forman un enlace coordinado. Algunos ejemplos de estos ligandos son: H₂O, NH₃ y haluros.
- Ligandos polidentados *quelantes*: Estos ligandos cuentan con más de un átomo dador de pares de electrones que se unen al ion metálico por más de una posición. Normalmente son moléculas orgánicas con N, O, S.

5.5.4. Volumetrías de formación de complejos.

Esta volumetría implica el uso de un ligante polidentado, el cual reacciona con un ion metálico para formar un complejo cíclico y se encuentra reflejado en la siguiente reacción: *Ion metálico + Quelón → Quelato*. A su vez Casas, Pinzón, & Molina (2013) ratifican que, un quelato se produce cuando un ion metálico se coordina con dos o más grupos donadores de un solo ligando y forma un anillo heterocíclico de cinco o seis miembros.

5.5.4.1. Valoraciones complejométricas.

En estas valoraciones los iones metálicos reaccionan con un ligando apropiado para formar un complejo, y el punto de equivalencia se determina por un indicador o un método instrumental apropiado (Skoog, West, & Crouch, 2015). En el proceso de valoración el ligando es el titulante y el ion metálico es el analito. Con respecto a las curvas de valoración complejométricas, estas generalmente se grafican en función del volumen titulante que se adiciona, y la concentración del analito $pM = -\log [M]$. En términos de los ligandos inorgánicos más simples son monodentados, lo que puede llevar a la formación de complejos estables con ligando CN⁻, CO, NO, entre

otros y a puntos finales indistintos en la valoración. Como titulantes, los ligandos multidentados, tienen dos ventajas sobre sus contrapartes monodentadas:

1. Su reacción con los cationes es más completa y, por lo tanto, producen puntos finales más nítidos.
2. Generalmente reaccionan con los iones metálicos en un proceso de un solo paso, mientras que la formación de complejos con ligandos monodentados comúnmente involucra dos o más especies intermedias (Skoog, West, & Crouch, 2015).

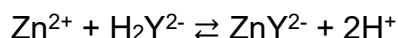
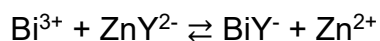
Para llegar a la construcción de una curva de valoración complexométrica Clavijo Díaz (2002) ejecuta algunas aproximaciones fundamentadas en cálculos químico – matemáticos planteando los balances y equilibrios de todas las especies en las tres zonas que las curvas poseen: 1. Antes del punto de equivalencia, 2. En el punto de equivalencia y 3. Después del punto de equivalencia, esto con el fin de conocer las distintas concentraciones a las que puede estar el ion metálico mientras se calcula su pM de manera potenciométrica siempre y cuando no se use una solución amortiguadora. Las medidas de pM se pueden obtener usando electrodos selectivos de iones, estos son sensores capaces de medir de forma directa la concentración de un ion específico presente en una solución. Se constituye de una membrana que genera una diferencia de potencial entre una solución de referencia y la solución que contiene el analito. Estos electrodos pueden componerse de membranas en fase sólida, líquida o gas y se utilizan con respecto al ion que se busca analizar para mejorar la precisión en las mediciones.

Para realizar las valoraciones de iones metálicos, ya sea que estén aislados o se presenten en mezclas, existen distintos procedimientos donde participan los quelones e indicadores metalocrómicos mencionados a continuación:

- a. **Valoración directa:** En una valoración de este tipo se valora el ion metálico con una solución normalizada del quelón a utilizar, en este caso, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), adicionalmente, se requiere de un pH adecuado en disolución para que la constante de formación condicional metal

– EDTA sea igual o mayor a 10^8 . Lo anterior es posible obtenerlo con ayuda de una solución amortiguadora. Por otro lado, el indicador metalocrómico juega un papel importante en estas valoraciones al señalar los puntos clave debido a los cambios de coloración a medida que el EDTA es adicionado.

b. Valoración por sustitución: Las valoraciones por sustitución o desplazamiento se utilizan cuando los iones metálicos que se pretenden determinar no poseen un indicador adecuado para ello, de esta manera es necesario añadir al analito un exceso de solución de $\text{Mg}(\text{EDTA})^{2-}$ o $\text{Zn}(\text{EDTA})^{2-}$ cuyas constantes de estabilidad son elevadas a comparación de otros quelatos, siendo $10^{8,70}$ y $10^{16,50}$ respectivamente. Lo que se busca con este procedimiento es que el metal del quelato sea desplazado (Mg^{2+} o Zn^{2+}) para que sea valorado directamente con una solución estándar de EDTA usando el indicador apropiado. Un ejemplo es la determinación de Bismuto(III):



c. Valoración por retroceso: Este procedimiento consiste en añadir una cantidad conocida del EDTA en exceso y después valorar con una solución estándar del ion metálico a determinar. Normalmente, este procedimiento se realiza cuando el analito se precipita en ausencia del quelón. También se recurre a este método cuando los iones metálicos reaccionan muy lentamente con los quelones, por lo que las valoraciones podrían durar largos periodos de tiempo. Es válido resaltar que el ion metálico usado en una valoración por retroceso no debe desplazar el ion metálico de su complejo con EDTA (Harris, 2006).

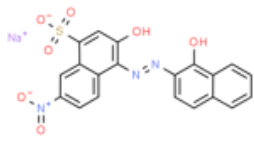
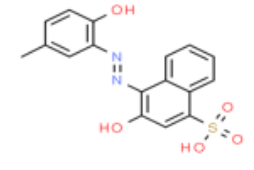
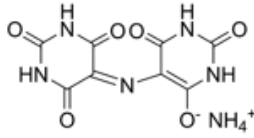
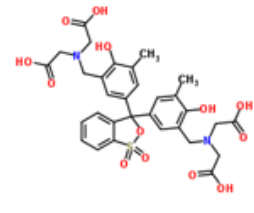
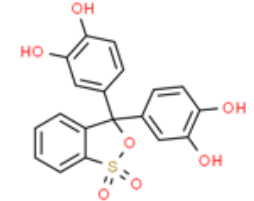
d. Valoración indirecta: estas valoraciones se hacen cuando los iones metálicos se encuentran precipitados en una solución. Sucede en la determinación de cianuro, donde un exceso de una solución de sal de níquel estandarizada se adiciona para formar el complejo estable tetracianoniquelato (II) $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ y dicho exceso de níquel se determina quilométricamente. En otro escenario, también sucede con los iones metálicos que reaccionan con

aniones presentes en el agua, un ejemplo es la determinación de sulfato, donde se precipita con un exceso de bario a un pH de 1. Una vez formado el $\text{BaSO}_4(\text{s})$ se lava y con exceso de EDTA se obtiene $\text{Ba}(\text{EDTA})^{2-}$, tal exceso de EDTA se valora por retroceso. Algunos precipitados se pueden filtrar, lavar y el exceso del ion metálico filtrado se valora con EDTA.

5.5.4.2. Indicadores de iones metálicos.

A parte de los métodos electroquímicos que existen para hacer la determinación de complejos y la detección del punto final, también existen los métodos ópticos, los cuales se basan en el uso de indicadores visuales coloreados conocidos como indicadores metalocrómicos. Estos indicadores son generalmente colorantes orgánicos que forman quelatos coloreados con iones metálicos en un intervalo de pM característico de cada catión y cada indicador (Campillo, 2011). El mecanismo de acción de los indicadores metalocrómicos es similar al de los indicadores ácido – base, pero con una mayor complejidad, ya que implican equilibrios simultáneos de formación de complejos y ácido – base. Además, mientras en las volumetrías ácido – base el pH es la variable general, en las valoraciones de formación de complejos, el comportamiento del indicador difiere según el metal que se valore (Baeza, 2016). En la Figura 1, se presentan los indicadores más comunes con la descripción de sus tonalidades según el ion metálico:

Figura 1. Indicadores metalocrómicos comunes

| Nombre | Estructura | pK _a | Color del indicador libre | Color del indicador con el ion metálico |
|------------------------|---|--|---|---|
| Negro de eriocromo T |  | pK ₂ = 6,3 pK ₃ = 11,6 | H ₂ Ind ⁻ rojo HInd ²⁻ azul Ind ³⁻ naranja | rojo vino |
| Calmagita |  | pK ₂ = 8,1 pK ₃ = 12,4 | H ₂ Ind ⁻ rojo HInd ²⁻ azul Ind ³⁻ naranja | rojo vino |
| Murexida |  | pK ₂ = 9,2 pK ₃ = 10,9 | H ₄ Ind ⁻ rojo-violeta H ₃ Ind ²⁻ violeta H ₂ Ind ³⁻ azul | amarillo (con Co ²⁺ , Ni ²⁺ y Cu ²⁺), rojo con Ca ²⁺ |
| Naranja de xilenol |  | pK ₂ = 2,32 pK ₃ = 2,85 pK ₄ = 6,70 pK ₅ = 10,47 pK ₆ = 12,23 | H ₅ Ind ⁻ amarillo H ₄ Ind ²⁻ amarillo H ₃ Ind ³⁻ amarillo H ₂ Ind ⁴⁻ violeta HInd ⁵⁻ violeta Ind ⁶⁻ violeta | rojo |
| Violeta de pirocatecol |  | pK ₁ = 0,2 pK ₂ = 7,8 pK ₃ = 9,8 pK ₄ = 11,7 | H ₄ Ind rojo H ₃ Ind ⁻ amarillo H ₂ Ind ²⁻ violeta HInd ³⁻ rojo-púrpura | azul |

Nota. Adaptada de *Análisis Químico Cuantitativo*, de Harris, 2006

6. METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y cualitativo ya que, estos permiten especificar características con respecto a cualquier tema de interés, pues según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2010) los estudios descriptivos permiten mostrar y analizar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.

Este proyecto de investigación se desarrolla en el marco de la metodología Design Based Research (DBR), la cual, según Van den Akker, Bannan, Kelly, Nieveen, & Plomp (2007):

Es el estudio sistemático de diseñar, desarrollar y evaluar intervenciones educativas, ya sean de programas, estrategias o los materiales de enseñanza – aprendizaje, productos y sistemas, como soluciones a problemas complejos de la práctica educativa, que al mismo tiempo tiene por objeto la mejora de nuestro conocimiento sobre las características de estas intervenciones y sobre los procesos de diseño y desarrollo de estas.

El DBR posee las herramientas didácticas suficientes para abordar los diferentes contextos que existen dentro del aula y es por esto por lo que la investigación se desarrolla por ciclos continuos basados, principalmente, en el diseño, construcción, pilotaje, análisis, rediseño y evaluación, no obstante, también es de gran interés resaltar la importancia de reconocer los elementos clave que proporciona el mismo contexto y los fundamentos teóricos de esta investigación.

En representación de lo anteriormente mencionado, esta investigación se basó en siete niveles que se describen en la Tabla 2, organizados en tres etapas distintas. Los niveles presentados a continuación se describen detalladamente en el artículo "The logic of design research" escrito por Easterday, Reese Lewis, & Geber (2018). Estos autores lograron ampliar la noción de la Investigación Basada en el Diseño, mostrando cómo esta metodología es flexible permitiendo la transición y repetición de niveles sin perder de vista el objetivo central.

Tabla 2. Etapas de investigación según el DBR

| ETAPA | NIVELES |
|--|--|
| <p>ETAPA 1. FUNDAMENTACIÓN</p> | <p>Enfocar Definición de los límites y alcances del proyecto a partir de una problemática. Especificación de la parte interesada, roles y recursos necesarios.</p> <p>Entender Estudio del contexto y las necesidades de las partes interesadas para la búsqueda de soluciones entendiendo la naturaleza y las causas del problema.</p> <p>Definir Descripción de los objetivos, limitaciones y pregunta de investigación.</p> |
| <p>ETAPA 2. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN</p> | <p>Concebir Propuesta de posibles soluciones a la problemática teniendo aproximaciones al diseño que permite alcanzar los objetivos.</p> <p>Construir La solución se convierte en un modelo utilizable con el fin de testear la idea de la forma más parecida posible a lo esperado en el producto final.</p> <p>Testear Consiste en la presentación y evaluación de la solución planteada con respecto al contexto. Se puede desarrollar de manera sucesiva.</p> |
| <p>ETAPA 3. REFLEXIÓN</p> | <p>Reflexionar Análisis y conclusiones relacionadas con la fundamentación, diseño, construcción y evaluación. Se expone el producto final junto con la justificación de cómo el diseño es idóneo para resolver un problema según el interés.</p> |

Nota. Elaboración propia

Desde el enfoque descriptivo y cualitativo se analizaron los resultados recolectados en la validación por pares académicos considerando categorías pedagógicas, tecnológicas y didácticas que permiten identificar aspectos necesarios para construir un OVA. Dichas categorías se adaptaron a espacios de educación superior, las cuales fueron propuestas por Molano Puentes, Alarcón Aldana, & Callejas Cuervo (2018) en su trabajo denominado "Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para la educación básica y media en Colombia".

Por otro lado, durante el ejercicio de pilotaje se realizaron sesiones para reconocer el OVA, desarrollar actividades sincrónicas y asincrónicas y espacios para resolver problemas con respecto al uso de la herramienta construida y la temática abordada. Para determinar el funcionamiento del OVA en pro del desarrollo y fortalecimiento de las habilidades de modelación químico – matemática en un grupo de profesores en formación en química, se construyó una rúbrica evaluativa respaldada en la taxonomía SOLO *Structure of the Observed Learning Outcome* y también una encuesta tipo Likert para reconocer las percepciones del grupo.

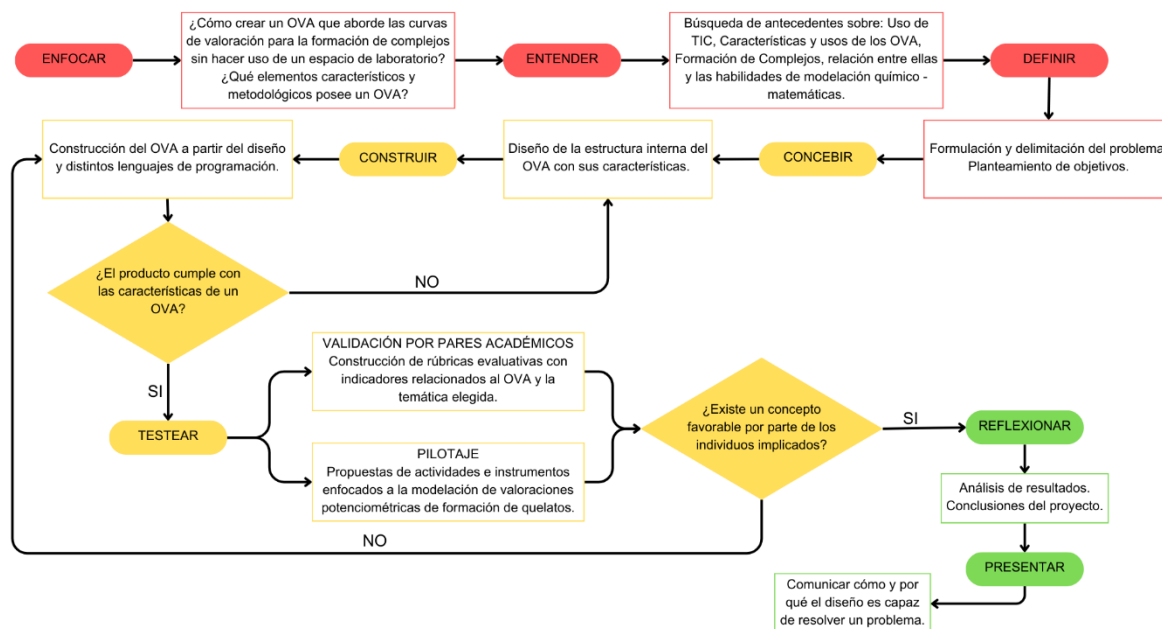
6.1. POBLACIÓN

La validación por pares académicos se realizó con tres (3) profesores de educación superior en el área de química con trayectoria en laboratorios. El pilotaje tuvo lugar en la Universidad Pedagógica Nacional con diecisiete (17) estudiantes de la Licenciatura en Química que cursaban el espacio académico Métodos de Análisis Químico I, cuyo currículo propone áreas temáticas relacionadas con el análisis volumétrico de precipitación y de formación de complejos.

6.2. ETAPAS DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta las tres (3) etapas de investigación y sus siete (7) niveles, se detalla la relación de cada uno de ellos con el presente proyecto de investigación en la Figura 2.

Figura 2. Relación de los niveles del DBR con la investigación



Nota. Elaboración propia.

6.2.1. Fundamentación.

Esta primera etapa compuesta por enfocar, entender y definir consistió, principalmente, en la búsqueda de antecedentes que dieran respuesta a nuestra pregunta principal con relación a la construcción de un OVA para darle enfoque al presente proyecto. Al momento de recopilar distintos referentes acerca de los componentes pedagógicos, didácticos y tecnológicos necesarios para abordar la temática disciplinar propuesta, fue posible establecer los límites de la investigación y con ellos plantear una pregunta problema con los respectivos objetivos.

6.2.2. Diseño, construcción y evaluación.

Esta etapa se centró en el desarrollo y validación de un OVA basados en los niveles concebir, construir y testear. A modo general, el OVA se construyó de tal manera que se integraran aquellos elementos propios de la formación de quelatos, para ello se abordan contenidos como constantes de equilibrio con su respectivo cálculo de las concentraciones de aquellas especies que se encuentran en equilibrio, también

se mencionan los tipos de ligandos, formación de quelatos metálicos, cálculo de la constante condicional de estabilidad y formación de complejos, por último, curvas de valoración complexométricas. Es válido mencionar que el OVA fue diseñado para apoyar área temática “*Análisis volumétrico de formación de complejos*” planeado para el espacio Métodos de Análisis Químico I de la Universidad Pedagógica Nacional.

Junto con esta etapa, el OVA se elaboró bajo el modelo ADDIE ya que, este garantiza la pertinencia de los objetos virtuales de aprendizaje, metodologías y recursos implementados en la herramienta, de modo que el componente tecnológico y pedagógico permitan la construcción del conocimiento. Este modelo se encuentra conformado por cinco (5) fases: analysis (analizar), design (diseño), development (desarrollo), implementation (implementación) y evaluation (evaluación), cuyo propósito es la mejora continua de una herramienta mientras es evaluada constantemente. Asimismo, Esquivel Gámez (2014) citado en Hernández Rozo & David Lobo (2021) menciona que este modelo también funciona para conducir al aprendizaje autónomo del estudiante. Cada fase es un pilar fundamental para la estructuración adecuada de los contenidos, roles y estrategias a utilizar a fin de garantizar el éxito en la implementación de recursos, disposición de interacciones y postear contenidos con calidad, para un efectivo cumplimiento a las actividades de aprendizaje (Medina Naranjo, 2019)

Ahora bien, cada fase se encuentra estrechamente relacionada con los niveles planteados según el DBR que se describen en la Tabla 3:

Tabla 3. Modelo ADDIE para el diseño y construcción del OVA

| NIVEL | FASE ADDIE | JUSTIFICACIÓN |
|------------------|-------------------|---|
| Concebir | Análisis | En esta fase, se identifica el problema que se espera solucionar mediante el OVA, también se identifican las necesidades del aprendizaje basadas en el contexto y contenidos de un programa curricular para planificar estrategias pedagógicas. |
| | Diseño | A raíz de lo recopilado en la fase anterior, para el diseño es importante establecer los objetivos de aprendizaje y la estructura del contenido con el propósito de reconocer las herramientas y recursos necesarios para elaborar actividades acordes al contexto determinado. |
| Construir | Desarrollo | En esta fase, las ideas planteadas en análisis y diseño se llevan a un mundo material como algo utilizable, bien sea de manera escrita, visual o auditiva que permita la interacción entre el usuario y el contenido propuesto. |
| Testear | Implementación | Durante esta fase, se busca presentar el material real de aprendizaje construido, pues según Sanz del Vecchio (2019), uno de los propósitos de esta fase es promover la comprensión de los estudiantes y demás participantes interesados, dominar los objetivos y con esto asegurar el intercambio de conocimientos entre los usuarios. Esta fase también se enfoca en asegurarse de que el material propuesto cumpla con los lineamientos mínimos para su uso. |
| | Evaluación | En esta última fase se recomienda la recolección de datos y opiniones acerca de la herramienta para llevar a cabo una retroalimentación que facilite la identificación de aquellos aspectos que deben mejorarse y ajustar para lograr una mayor eficiencia y eficacia del OVA. |

Nota. Elaboración propia.

6.2.2.1. **Concebir.**

En este apartado se describen, mediante la Tabla 4, los elementos principales e introductorios del OVA, donde se mencionan los componentes que trabajarán para fortalecer las destrezas y conocimiento del participante.

Tabla 4. Estructura interna de EDTA Learn.

| | |
|-------------------|--|
| Título | Se eligió el nombre EDTA Learn debido a que el ácido etilendiaminotetraacético es el quelón presente en todo el contenido disponible en el OVA, además, mediante el simulador construido, es posible observar la relación que tiene el EDTA con cada ion metálico. |
| Objetivo | Desarrollar habilidades científicas relacionadas con la simulación y modelación químico – matemática, las cuales permiten comprender los equilibrios dinámicos asociados a la formación de complejos quelométricos entre el Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA) y iones metálicos. |
| Contenidos | <p>Se presentaron varios elementos para simplificar el ejercicio de exploración del OVA y el reconocimiento de la temática. Dichos elementos se encuentran divididos entre:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Conocimientos previos, donde se otorgó un mapa conceptual para poner en contexto a los estudiantes. Además, se enlistaron diversos recursos bibliográficos que se pueden consultar en línea.2. Recursos, que se presentaron a modo de tablas para representar gran parte de la base de datos utilizada para operar el simulador construido y con ello modelar curvas de valoración potenciométricas.3. Ejemplos para formación de quelatos cuando hay presencia de un catión, dos cationes o más. Estos ejemplos se desarrollaron en un tablero digital y posteriormente, fueron grabados para dar explicación detallada de cada procedimiento. Lo anterior para que sea más interactivo y accesible.4. Simulador dividido en instrucciones de uso y su respectiva pantalla para hacer uso de él y graficar. |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Actividades de aprendizaje | Se formularon distintas actividades de aprendizaje, denominadas en el OVA como Problemas, que incluyen conversión de unidades, cálculo de concentraciones, planteamiento de los equilibrios presentes en la formación de quelatos, cálculos para determinar el potencial de cada metal en solución para llevar dichos datos al simulador y observar la curva de valoración. Para hacer uso del simulador fue necesario desarrollar en papel y lápiz cada ejercicio y corroborarlo con la base de datos construida. |
| Elementos de contextualización | A esta información se le conoce como metadatos donde se referenció el nombre del OVA, su logo, características y expectativas. |

Nota. Elaboración propia.

6.2.2.2. Construir.

Para la construcción y desarrollo del OVA fue de gran importancia contar con conocimientos previos en lenguaje de programación puesto que, al ser una herramienta creada desde cero se necesitaron varios de ellos. En ese orden de ideas y en un primer momento, se creó el formato general del OVA con toda su estructura y contenido interno, para este caso se usó el lenguaje HTML (HyperText Markup Language) cuyos códigos permitieron crear títulos, párrafos, enlaces con dirección a recursos como tablas, tableros digitales y videos, incluso, con dichos códigos también fue posible la incorporación de imágenes. Por otro lado, con el lenguaje CSS (Cascading Style Sheets) se controló todo lo que respecta a apariencia del OVA como colores, tipo de fuente, tamaño y posición de aquellos los elementos creados con HTML. El tercer y último lenguaje también es uno de los más utilizados ya que, con este se le proporciona interactividad y funcionalidad a toda la página web, se trata de JavaScript.

Para la planificación y diseño del OVA, en un primer momento, se definieron los objetivos de enseñanza, el contenido diseñado para presentar y las características generales del OVA. Esto proporcionó una guía clara para el desarrollo y la configuración a partir del Node.js y npm instalados en el sistema. Luego, se creó un nuevo proyecto de React utilizando Create React App. Se organizó el proyecto de

manera ordenada, dividiéndolo en componentes, como Simulador.js, donde está contenida la lógica del simulador.

En el componente Simulador.js, se desarrolló la interfaz de usuario utilizando HTML (HyperText Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets) y JavaScript. Se añadieron elementos interactivos y gráficos para que los usuarios interactúen con el simulador y con ello comprender de mejor manera el proceso de valoración potenciométrica de formación de quelatos con EDTA. Para mejorar el diseño y la usabilidad del OVA, se integraron frameworks de frontend como Bootstrap o Material-UI. Estos frameworks proporcionaron componentes y estilos predefinidos que agilizaron el desarrollo. La lógica de simulación se implementó mediante JavaScript. Se utilizó JavaScript para realizar cálculos basados en las entradas del usuario, como el volumen de la solución, la concentración de EDTA, el pH y otros parámetros relevantes, asimismo, JavaScript permite que los usuarios cambien los parámetros de la simulación y observar cómo afectan a los resultados. Además, se integra contenido educativo relacionado con el tema de valoraciones potenciométricas, como texto explicativo, gráficos y videos.

En cuanto a la gestión de usuarios, se usó MongoDB para guardar los datos de los usuarios registrados en la herramienta, fue posible implementar un sistema de registro y autenticación de usuarios utilizando tecnologías como Passport.js para Node.js. Se realizaron pruebas continuas para asegurar que el simulador funcione correctamente en diferentes navegadores y dispositivos, así se pudieron identificar los errores y realizar ajustes según sea el caso. Una vez completo el diseño del OVA, se compiló y desplegó la herramienta en un servidor web para que los usuarios puedan acceder en línea.

6.2.2.3. Testear.

Este último nivel de la segunda etapa implicó la verificación del producto final del OVA mediante una validación por pares académicos, quienes se encargaron de comunicar sus juicios de forma objetiva mediante un instrumento evaluativo. A su vez, se realizó un pilotaje con estudiantes de la Licenciatura en Química de la UPN,

que tuvieron a disposición la herramienta, el simulador y demás recursos para fortalecer la habilidad científica en estudio.

Validación por pares académicos.

El juicio de expertos se describe como la evaluación fundamentada de individuos con experiencia en el campo, cuya competencia es ampliamente reconocida por sus pares, y que tienen la capacidad de proporcionar datos, pruebas, opiniones y evaluaciones según Escobar & Cuervo (2008) donde se mantienen tres criterios principales para seleccionar los expertos: (a) Experiencia en toma de decisiones basada en evidencia o experticia, (b) disponibilidad y motivación para participar, (c) imparcialidad y cualidades como confianza en sí mismo y adaptabilidad (Skjong y Wentworht, 2000). Con los criterios expuestos, se seleccionaron 3 profesores en química, que presentaron interés en la herramienta construida y poseen conocimientos suficientes para usarla. Para este ejercicio se construyó un instrumento seleccionando aquellas categorías e indicadores útiles para este proyecto sin ninguna adaptación, los cuales fueron propuestos por Molano Puentes, Alarcón Aldana, & Callejas Cuervo, (2018) en su trabajo denominado "*Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para educación básica y media en Colombia*". Estos indicadores proporcionaron los elementos pedagógicos, tecnológicos y didácticos a considerar para evaluar la pertinencia de un objeto virtual de aprendizaje tal como se presentan en la Figura 3.

Figura 3. Categorías e indicadores para evaluar un OVA



Nota. Adaptado de *Guía para el análisis de calidad de Objetos Virtuales de Aprendizaje para la educación básica y media en Colombia*, Molano Puentes, Alarcón Aldana, & Callejas Cuervo, (2018).

La evaluación de las categorías enlistadas se hizo empleando una escala de 1 a 10, donde 10 corresponde al cumplimiento total de estos y 1 al no cumplimiento. Así, como se observa en el anexo 1, se formularon diferentes rangos de calificación.

Pilotaje.

Antes de llevar a cabo este proceso fue necesario contar con la presentación y diligenciamiento de un consentimiento informado por parte de la población, el cual se encuentra identificado como anexo 5.

Este proceso se compuso de varias sesiones descritas en la Tabla 5, donde los estudiantes desarrollaron, mediante grupos de trabajo, un problema asignado y disponible en el OVA con el fin de recolectar evidencias que permitieran dar cuenta de las descripciones químico – matemáticas de cada sistema asignado, cuyos resultados fueron incorporados, por la población, en el simulador construido para modelar la curva de valoración correspondiente. Para esto, se formularon en el OVA seis (6) problemas de formación de quelatos cuando hay presencia de un solo ion metálico (especie catiónica) y dos (2) problemas cuando hay dos o más especies catiónicas, sin embargo, estos dos últimos problemas no fueron piloteados.

Tabla 5. Desarrollo de sesiones durante el pilotaje

| DESARROLLO DE SESIONES | |
|---|---|
| Presentación del OVA y contextualización | <p>En la primera sesión se presentó el OVA desarrollado para indicar paso a paso su uso y la secuencia que debe seguirse en el menú construido para entender la temática abordada. De igual modo, se notificó a los estudiantes de los contenidos a considerar para tener cierta contextualización y desarrollar satisfactoriamente las actividades.</p> <p>A partir de este momento, los estudiantes contaron con el libre acceso al OVA para hacer su respectiva exploración.</p> |
| Asignación de problemas | <p>En esta segunda sesión, se asignaron los 6 problemas formulados, en 6 grupos de trabajo, dichos problemas se encuentran expuestos en el anexo 6. Cada problema posee una solución similar en términos de calcular concentraciones y potenciales de los metales analizados mientras se construye una curva de valoración, para esto, a los estudiantes se les indicó la importancia de comprender las diferentes variables para formular cálculos antes, durante y después del punto de equivalencia en una titulación.</p> |
| Retroalimentación | <p>Esta sesión se presentó para dar solución a las dudas generadas durante el desarrollo de cada problema. Esto permitió ubicar a cada grupo en los niveles de complejidad que propone la Taxonomía SOLO.</p> |
| Consideraciones finales | <p>Finalmente, los estudiantes dieron respuesta a una encuesta basada en la escala de Likert para conocer sus percepciones acerca de la interacción con el OVA y el desarrollo de los ejercicios</p> |

Nota. Elaboración propia.

La asignación de problemas por grupos de trabajo se realizó para aplicar los principios del Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador. Algunos problemas formulados se hicieron bajo la química en contexto haciendo uso de diferentes iones metálicos. Los problemas responden a la misma de secuencia de pasos para llegar a construir una curva de valoración potenciométrica en el

simulador, sin embargo, dependiendo de la especie metálica es posible predecir equilibrios adicionales que afectarían los cálculos para la obtención de concentraciones y potenciales del ion metálico libre en cualquier punto de la curva de valoración. Los pasos mencionados se dividieron en siete (7) y se detallan en la Tabla 6:

Tabla 6. Pasos para desarrollar los problemas formulados

| | |
|--|---|
| <i>Equilibrios presentes</i> | Descripción de los equilibrios presentes en el sistema para las diferentes especies químicas tales como: ligando, quelón, quelatos, quelatos protonados y quelatos hidroxilados teniendo en cuenta sus respectivas constantes (pQ_a , $\text{Log}\beta$) |
| <i>Identificación de especies</i> | Identificación de especies catiónicas, aniónicas y neutras luego de predecir los equilibrios. |
| <i>Planteamiento de balances</i> | Formulación de los balances de las especies identificadas para obtener los factores de formación corregidos y valores de concentración. |
| <i>Factores de formación</i> | Cálculos de factores de formación o protonación tales como: Protonación del quelón (F_{HY}) Protonación del indicador (F_{HInd}) Formación del metal – ligando auxiliar (F_{LM}) Formación del quelato protonado (F_{MHYL}) Formación del quelato hidroxilado (F_{MOHY}) |
| <i>Constante condicional</i> | Cálculos para obtener la constante condicional de estabilidad teniendo en cuenta constantes y factores de formación. El resultado debe ser superior a 10^8 para justificar la viabilidad y estabilidad de las especies al momento de hacer la valoración. |
| <i>Cálculos dependientes del punto de equivalencia</i> | Para ello es necesario calcular, en primer momento, el volumen de equivalencia de la valoración seguido de los cálculos correspondientes para hallar la concentración del quelato y ion metálico libre, dependiendo del ejercicio se realizan cálculos para antes, durante y después del punto de equivalencia. |

Uso del simulador

A partir de los resultados, validar en la base de datos las especies, cantidades y cálculos para construir la curva de valoración potenciométrica.

Nota. Elaboración propia.

Durante la última sesión denominada consideraciones finales, los estudiantes comunicaron sus percepciones sobre el OVA mediante una encuesta, la cual fue elaborada bajo la escala de Likert de Matas (2018) tal como se presenta en la Tabla 7. Para la construcción de esta encuesta se tomaron en cuenta algunos indicadores utilizados en la validación por pares académicos, adicionalmente, se tuvo en cuenta el nivel de acuerdo y desacuerdo de la siguiente manera:

| | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1 | | 3 | | 5 |
| Totalmente en desacuerdo | 2 En desacuerdo | Ni de acuerdo, ni en desacuerdo | 4 De acuerdo | Totalmente de acuerdo |

Tabla 7. Encuesta final con escala de Likert

| Categoría | Indicadores | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| Formulación y resolución de problemas | Los ejercicios propuestos permiten establecer diferentes estrategias para el desarrollo de estos. | | | | | |
| | Los ejercicios fueron lo suficientemente atractivos para fomentar su resolución. | | | | | |
| | Se proporciona suficiencia teórica – práctica para la resolución de situaciones problema. | | | | | |
| Modelación de procesos y fenómenos de la realidad | El simulador propuesto simplifica las distintas situaciones problema que se tendrían en un espacio de laboratorio. | | | | | |
| Comunicación y lingüística | El contenido presentado mediante palabras, frases, gráficos y símbolos ayuda a mejorar el aprendizaje. | | | | | |
| Expresión y estética | Las gráficas, formas y colores guardan un equilibrio estético. | | | | | |

| | |
|--------------------------|---|
| | Las expresiones empleadas en el contenido lo motivaron a buscar soluciones. |
| Análisis y razonamiento | La herramienta proporciona material adecuado para representar conceptos y transformarlos con habilidades y destrezas basadas en elaborar, comparar y argumentar convincentemente. |
| Manejo de la información | El diseño de la herramienta identifica y selecciona fuentes de información confiables para la presentación de los contenidos. |
| Tecnología y usabilidad | La herramienta es de libre acceso. Es fácil, intuitiva y ágil. Los recursos expuestos promueven la motivación y el interés frente a los contenidos planteados. |

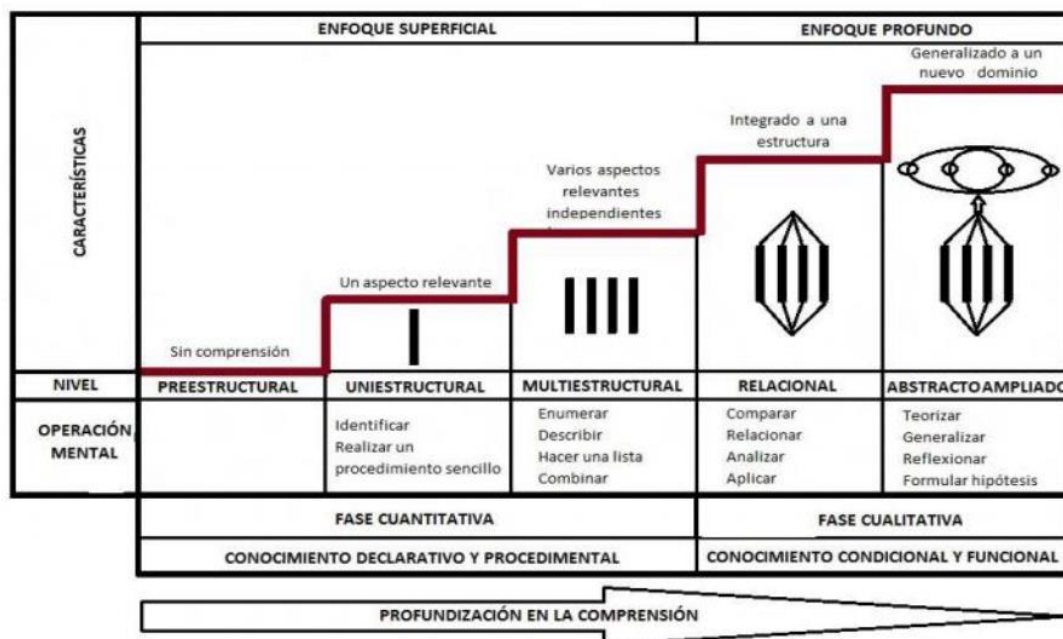
Nota. Elaboración propia.

Por último, para evaluar el desarrollo de habilidades relacionadas con la simulación y modelación de curvas de valoración potenciométricas de formación de quelatos, se construyó una rúbrica evaluativa basada en la taxonomía SOLO *Structure of Observed Learning Outcome*, la cual fue propuesta por Biggs (2005). Esta taxonomía permite analizar y reflexionar los resultados observables del proceso de aprendizaje de una temática determinada, pues al estar dividida en cinco niveles es posible describir cómo aumenta el nivel de comprensión de lo que los estudiantes buscan aprender, dicha clasificación se presenta de manera jerárquica según la comprensión y la complejidad como lo presenta la Figura 4:

1. **Enfoque superficial:** Este enfoque se entiende como aquel donde los estudiantes cumplen con el deber satisfaciendo los requisitos con el mínimo esfuerzo y sin obtener un aprendizaje significativo.
 - a. *Nivel Preestructural:* Los estudiantes proporcionan información o datos inexistentes o erróneos frente a una tarea determinada.
 - b. *Nivel Uniestructural:* Los estudiantes extraen información obvia directamente de la situación problema o la asume a partir de conocimientos previos. Relacionan aspectos o variables mediante respuestas coherentes.

- c. *Nivel Multiestructural*: Los estudiantes logran extraer más información separándola y enumerándola de manera secuencial para acercarse a una respuesta coherente.
2. **Enfoque profundo**: Este enfoque, a diferencia del anterior, deriva de la necesidad que generan los estudiantes para abordar correctamente la temática y con ello, alcanzar los objetivos propuestos con actividades que requieran un mayor nivel cognitivo.
- a. *Nivel Relacional*: Los estudiantes establecen relaciones entre múltiples aspectos, manteniendo los resultados de manera secuencial, integral y coherente, lo cual permite mayor comprensión y análisis del contexto trabajado.
 - b. *Nivel de Abstracción Expandida*: Es el nivel más alto y complejo al que los estudiantes se enfrentan. En este nivel los estudiantes formulan hipótesis, desarrollan procedimientos con el fin de enriquecer las respuestas, las cuales manifiestan el uso de un principio general y abstracto que puede ser inferido y útil en otros contextos.

Figura 4. Niveles de la Taxonomía SOLO



Nota. Tomado de *Enfoques de enseñanza y enfoques de aprendizaje: posibles relaciones entre sí y con el logro académico de los estudiantes en evaluaciones externas*, Soler Contreras, 2015

Para la construcción de la rúbrica se decidió omitir el nivel preestructural, como se muestra en la Tabla 8, ya que este nivel hace referencia a la ausencia de conocimientos básicos, sin embargo, la población seleccionada cuenta con elementos previos que provienen de los espacios Teorías Químicas III y Sistemas Inorgánicos II, por lo que se podría decir que hay suficiente material matemático y teórico.

Tabla 8. Rúbrica evaluativa siguiendo los niveles de complejidad de la Taxonomía SOLO

| | NIVEL | ESTUDIO SISTEMÁTICO DE EQUILIBRIOS | USO DEL OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE |
|----------------------------|-------------------------|---|--|
| ENFOQUE SUPERFICIAL | UNIESTRUCTURAL | Identifican las distintas especies químicas presentes en el sistema tales como: el ion metálico, quelón, ligandos auxiliares y quelato. | Reconocen los pasos a seguir, presentados como material audiovisual, para distinguir las especies químicas mencionadas en los ejercicios. |
| | MULTIESTRUCTURAL | Describen de manera secuencial los equilibrios presentes en el sistema con sus respectivas constantes de formación y estabilidad para plantear balances de especies del quelón, ligando y ion metálico. | Separan la información que se presenta en el OVA conforme al contexto y necesidades que surgen durante el desarrollo de los ejercicios formulados. |
| ENFOQUE PROFUNDO | RELACIONAL | Predicen y analizan los diferentes factores de formación o protonación tales como: Protonación del quelón (FHY) Protonación del indicador (FHInd) Formación del metal – ligando auxiliar (FLM) Formación del quelato protonado (FMHYL) Formación del quelato hidroxilado (FMOHY) | Organizan los equilibrios y balances presentes en un sistema químico de estudio para construir las diferentes curvas de valoración usando el simulador, lo que permite analizar y explicar la formación de quelatos. |

ABSTRACCIÓN
EXPANDIDA

Formulan los cálculos correspondientes para determinar las concentraciones del ion metálico libre antes del punto de equivalencia, en el punto de equivalencia y después del punto de equivalencia, a su vez, construyen la curva de valoración generando el potencial de ion metálico libre (pM)

Adecúan los datos obtenidos en el simulador construido dentro del OVA para generar mayor comprensión sobre las curvas de valoración potenciométricas de formación de quelatos.

Nota. Elaboración propia

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados recopilados de cada una de las etapas mencionadas previamente:

7.1. FUNDAMENTACIÓN

En la etapa de fundamentación, se realizó un planteamiento inicial a partir de las preguntas: *¿Cómo crear un OVA que aborde las curvas de valoración para la formación de complejos sin hacer uso de un espacio de laboratorio? ¿Qué elementos característicos y metodológicos posee un OVA?* Las cuales posibilitaron un análisis de la naturaleza y causas del problema según el contexto y las necesidades de este. Con ayuda de los referentes recolectados y asociados al proyecto se identificó la carencia de herramientas virtuales que abarcaran temáticas con cierto nivel de complejidad como lo es la formación de quelatos. Se determinó que este tipo de herramientas son capaces de potenciar no solo las destrezas químico – matemáticas, sino que también la enseñanza de diversos temas en un aula de clase.

En la Tabla 9 se definen los elementos articulados con los objetivos y aspectos metodológicos que deberían contemplarse antes del desarrollo de una herramienta virtual teniendo en cuenta el tipo de población elegida. Se presentan también las propuestas relacionadas al proyecto.

Tabla 9. *Identificación de componentes, propuestas y referentes*

| COMPONENTE | PROPUESTA | REFERENTES |
|------------|--|---|
| Pedagógico | Aportar en espacios teóricos donde se hable de complejos de coordinación, específicamente de quelatos formados con EDTA, para simular casos de titulación. | Aprendizaje Apoyado por Computador (ACAC) (Collazos, Muñoz, & Hernández, 2014) Colaborativo Computador |

| | | |
|--------------|--|---|
| Didáctico | Proponer una herramienta dinámica que facilite y enriquezca el proceso de aprendizaje haciendo uso de representaciones visuales para desarrollar habilidades relacionadas a la modelación y simulación de fenómenos o situaciones. | Las TIC posibilitan distintos procesos contemplados en la creación, almacenamiento, acceso y comunicación de saberes. El uso de estas tecnologías y de los instrumentos construidos a partir de ellas, permiten la apropiación de conceptos y aspectos del mundo cotidiano. |
| Tecnológico | Construcción de una herramienta de libre acceso, reutilizable, que posibilite la autonomía para aprender con material interactivo y multimedia. | Diseño, construcción y uso de objetos virtuales de aprendizaje OVA (Bravo Palacios, 2016) |
| Metodológico | Metodología que permita la evaluación constante de los diferentes niveles para crear herramientas virtuales y que facilite la identificación de elementos necesarios para potenciarlos. | Metodología de Investigación Basada en Diseño, Design Based Research (DBR) siguiendo los niveles propuestos por (Easterday, Reese Lewis, & Geber, 2018) |
| Población | Profesores activos de la Licenciatura en Química y egresados de la misma con trayectoria y conocimiento del contenido disciplinar. Estudiantes activos que hagan parte de la Licenciatura en Química de la UPN y que se encuentre inscritos en el espacio de Métodos de Análisis Químico I. | Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. (Escobar & Cuervo, 2008) Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. (Matas, 2018) |

Nota. Elaboración propia.

En primer momento, el OVA fue diseñado bajo los lineamientos propuestos por Bravo Palacios (2016) con respecto a estructura y contenidos, cuyos resultados se

complementan en el siguiente apartado. Para la construcción del OVA se tomaron en cuenta tres (3) lenguajes de programación comunes como lo son HTML, CSS y JavaScript para darle cuerpo a la herramienta en el sentido de crear textos, insertar contenido multimedia, proponer un simulador el cual incorpora una serie de cálculos para mayor comprensión, entre otros.

En segunda instancia, el Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador se evidenció durante las sesiones sincrónicas y asincrónicas llevadas a cabo durante el pilotaje. En dichas sesiones, los estudiantes pudieron interactuar con su propio grupo de trabajo y con las TIC, pues estas contribuían a la comunicación constante entre ellos y, por supuesto, al intercambio de ideas. También es válido resaltar que el OVA siempre se encontró disponible y presentó recursos para fomentar la motivación de los estudiantes.


Por último, con el uso del modelo y los niveles propuestos por Easterday, Reese Lewis, & Geber (2018) se pudieron delimitar fácilmente todos los procesos de diseño, construcción y evaluación del recurso para alcanzar cada objetivo planteado en este trabajo.

7.2. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN

Se realizó el diseño y construcción del OVA para que el acceso a él se diera mediante navegadores web siguiendo el enlace: <https://edtlearn.netlify.app>

Se decidió contemplar una serie de especificaciones para hacer un buen uso de la herramienta con respecto al contenido disciplinar abordado, las cuales se describen en la Tabla 10.

Tabla 10. Metadatos del OVA EDTA Learn

| ESPECIFICACIONES | CARACTERÍSTICAS |
|------------------------------|---|
| <p>Nombre y logo del OVA</p> |  |
| <p><i>Desarrollo</i></p> | <p>Desarrollo web soportado en lenguaje de programación HTML, CSS y JavaScript.</p> |
| <p><i>Disponibilidad</i></p> | <p>El OVA se encuentra disponible para cualquier dispositivo móvil. De usarse un computador se recomienda ajustar la vista de la pantalla menor a 100%. En el caso de un dispositivo celular, se recomienda visualizarlo en el modo escritorio.</p> |
| <p><i>Navegadores</i></p> | <p>Disponible en Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, Safari, Opera, Navegador de Xiaomi, Samsung y Huawei.</p> |
| <p><i>Accesibilidad</i></p> | <p>Para acceder al contenido simplemente se requiere del enlace y un registro previo con cualquier correo electrónico.</p> |
| <p><i>Población</i></p> | <p>Estudiantes, docentes de química, laboratoristas. Incluso, es apto para cualquier persona interesada que posea bases de química de coordinación.</p> |
| <p><i>Objetivo</i></p> | <p>Desarrollar habilidades científicas relacionadas con la simulación y modelación químico – matemática, las cuales permiten comprender los equilibrios dinámicos asociados a la formación de complejos quelométricos donde se ve implicado el uso del Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA) y iones metálicos.</p> |
| <p><i>Contenidos</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción <ul style="list-style-type: none"> • Quiénes somos • Objetivos del OVA • Conocimientos previos • Recursos 2. Ejemplos <ul style="list-style-type: none"> • Un catión <ul style="list-style-type: none"> – Equilibrios presentes – Identificación de especies – Planteamiento de balances – Constantes de formación – Constante condicional de estabilidad |

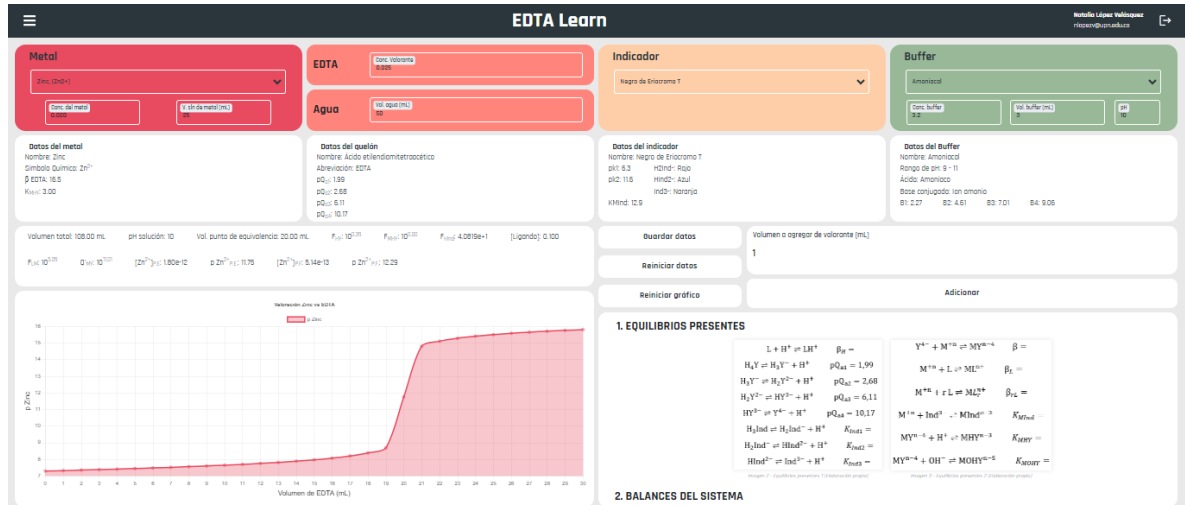
-
- Cálculos dependientes del punto de equivalencia
 - Dos o más cationes
 - Cálculos de porcentaje de error
3. Simulador
 - Uso del simulador
 - Simulador
 4. Ejercicios
 - Problema 1. Presencia de Cu
 - Problema 2. Presencia de Zn
 - Problema 3. Presencia de Mn
 - Problema 4. Presencia de Pb
 - Problema 5. Presencia de Ni
 - Problema 6. Presencia de Al
 5. Glosario
 6. Referencias
-

Nota. Elaboración propia.

Para la construcción del presente Objeto Virtual, se buscó que la herramienta fuera completamente accesible en la web, por ende, que fuera fácil su visualización independientemente del navegador y dispositivo usado, pues al hacer las pruebas con los navegadores comunes, se evidenció el perfecto funcionamiento de cada contenido.

Se incluyó un menú secuencial donde cada pestaña contextualiza brevemente el contenido expuesto. El menú se planteó de tal manera que, quien hiciera uso del OVA, tuviera en cuenta el objetivo de este y la familiarización con los conceptos, valores numéricos y recursos fuera fácil y funcional para potenciar el aprendizaje y comprender todo el desarrollo de los ejemplos en cuanto a equilibrio químico, uso de constantes, obtención de balances, concentraciones y potencial de un ion metálico libre; para la explicación de estos ejemplos se diseñó material didáctico multimedia para dar mayor interactividad a la plataforma, este material puede ser observado directamente desde el OVA, YouTube o Vimeo. Por último, se presenta un simulador construido también con lenguaje de programación como se muestra en la Figura 5, este cuenta con una base datos amplia para practicar una titulación o valoración potenciométrica.

Figura 5. Simulador incorporado en EDTA Learn



Nota. Elaboración propia

Con la base de datos es posible identificar el tipo de metal a trabajar, agregar su concentración, la concentración del quelón (EDTA), se encuentra un listado de diferentes tipos de indicadores metalocrómicos, tipos de soluciones amortiguadoras y sus rangos de pH recomendados. El simulador realiza cálculos correspondientes al volumen total de la valoración, el cual se va modificando a medida que se agrega volumen del valorante o quelón, realiza cálculos de concentraciones reales de la solución amortiguadora, cálculos del volumen en el punto de equivalencia, concentración y potencial del ion metálico libre en el punto de equivalencia y distintos factores dependientes al quelón, al complejo ligando – metal, de ser el caso también factores cuando se forman complejos con el indicador metalocrómicos. Algunos de estos cálculos se pueden evidenciar en la Figura 6 cuando se construye la curva de valoración del ejemplo propuesto en el OVA cuando hay presencia de un solo catión metálico. Para finalizar, el simulador, mediante el cálculo de la constante condicional de estabilidad, puede predecir si una valoración es viable.

Figura 6. Cálculos correspondientes al ejemplo de un catión

| | | | | |
|--------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Volumen total: 108.00 mL | pH solución: 10 | Vol. punto de equivalencia: 20.00 mL | | |
| $F_{HY}: 10^{0.39}$ | $F_{MHY}: 10^{0.00}$ | $F_{HIn}: 4.0819e+1$ | [Ligando]: 0.100 | $F_{LM}: 10^{5.09}$ |
| $Q'_{MY}: 10^{11.01}$ | $[Zn^{2+}]_{P.E.}: 1.80e-12$ | $p Zn^{2+}_{P.E.}: 11.75$ | $[Zn^{2+}]_{P.F.}: 5.14e-13$ | $p Zn^{2+}_{P.F.}: 12.29$ |

Nota. Elaboración propia

Es importante mencionar que el uso de indicadores metalocrómicos durante la simulación se presenta como un plus, pues se sabe que estos funcionan para determinar el punto final de una valoración dado el cambio de coloración de una solución, sin embargo, el simulador no posee el material visual suficiente para predecir los cambios de colores tal como se presentaría en un espacio de laboratorio.

7.2.1. Validación por pares académicos.

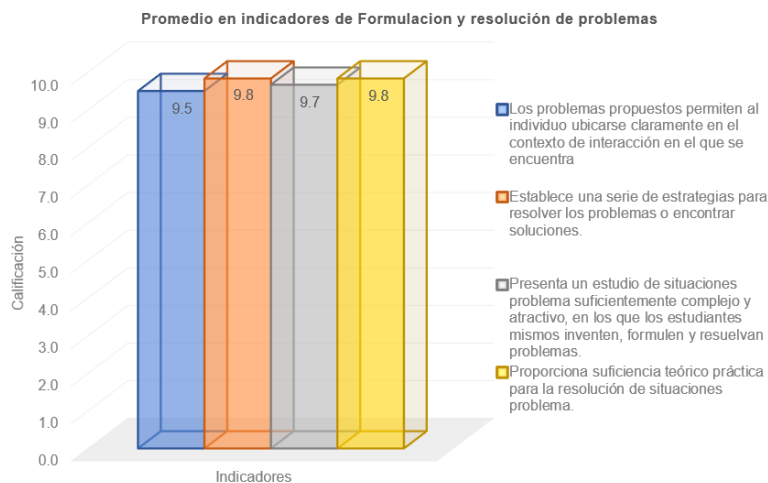
En este apartado se presentan las calificaciones y comentarios recolectados de tres (3) docentes de química, que desarrollaron el ejercicio de validación considerando indicadores pedagógico, tecnológico y didáctico, e indicadores de proceso y construcción.

7.2.1.1. **Indicadores de Formulación y resolución de problemas.**

El promedio obtenido para esta categoría, según los indicadores valorados en la Figura 7, es de 9,7 puntos sobre 10,0, por lo que los problemas propuestos como Ejemplos y Problemas presentan coherencia con los conocimientos requeridos para su desarrollo. Sin embargo, uno de los validadores propuso y comentó: *“El tratamiento explicado mediante videos es apropiado y relevante, y si se tienen los prerrequisitos adecuados es bastante entendible. No obstante, para que no se pierda la continuidad en cada video, se podría colocar un cuadro fijo, puede ser al lado del video, donde los valores de pH, concentración y constantes queden fijos para que se puedan visualizar durante toda la explicación en los diferentes videos y no estar devolviéndose para ver la redacción del ejercicio”*, asimismo, otro de ellos

también propuso: “aumentar el abordaje del tema mediante la inclusión de más problemas con diferentes metodologías de resolución y aplicaciones en contextos reales.”.

Figura 7. Promedio en indicadores de Formulación y Resolución de problemas



Nota. Elaboración propia

Teniendo en cuenta la sugerencia del validador, los vídeos fueron editados para poder observar el enunciado durante toda la reproducción del contenido multimedia y así, no perder de vista los datos presentados necesarios para el desarrollo del ejemplo y posterior simulación. Esta modificación se puede observar en la Figura 8.

Figura 8. Modificación a videos según sugerencias

Planteamiento de balances

Construya la curva de valoración para la determinación de 25mL de una solución de $Zn(NO_3)_2$ 0,0200M, la adición de 50mL de agua desionizada, adicionar 3,0mL de una solución amortiguadora de NH_3 y NH_4Cl de concentración total 3,20M para ajustar el pH en 10,0. Como valorante se usa la sal disódica del ácido etilendiaminetetraacético (EDTA) de concentración 0,0250M

b. Para el ión metálico

$$C_M = [Zn^{2+}] + [Zn(NH_3)^+], [Zn(NH_3)_2^{2+}] + [Zn(NH_3)_3^+] + [Zn(NH_3)_4^{2+}]$$

$$\beta_1 = \frac{[Zn(NH_3)^+]}{[NH_3] \cdot [Zn^{2+}]} \Rightarrow [Zn(NH_3)^+] = \beta_1 \cdot [NH_3] \cdot [Zn^{2+}]$$

$$\beta_2 = \frac{[Zn(NH_3)_2^{2+}]}{[NH_3]^2 \cdot [Zn^{2+}]} \Rightarrow [Zn(NH_3)_2^{2+}] = \beta_2 \cdot [NH_3]^2 \cdot [Zn^{2+}]$$

$$\beta_3 = \frac{[Zn(NH_3)_3^+]}{[NH_3]^3 \cdot [Zn^{2+}]} \Rightarrow [Zn(NH_3)_3^+] = \beta_3 \cdot [NH_3]^3 \cdot [Zn^{2+}]$$

$$\beta_4 = \frac{[Zn(NH_3)_4^{2+}]}{[NH_3]^4 \cdot [Zn^{2+}]} \Rightarrow [Zn(NH_3)_4^{2+}] = \beta_4 \cdot [NH_3]^4 \cdot [Zn^{2+}]$$

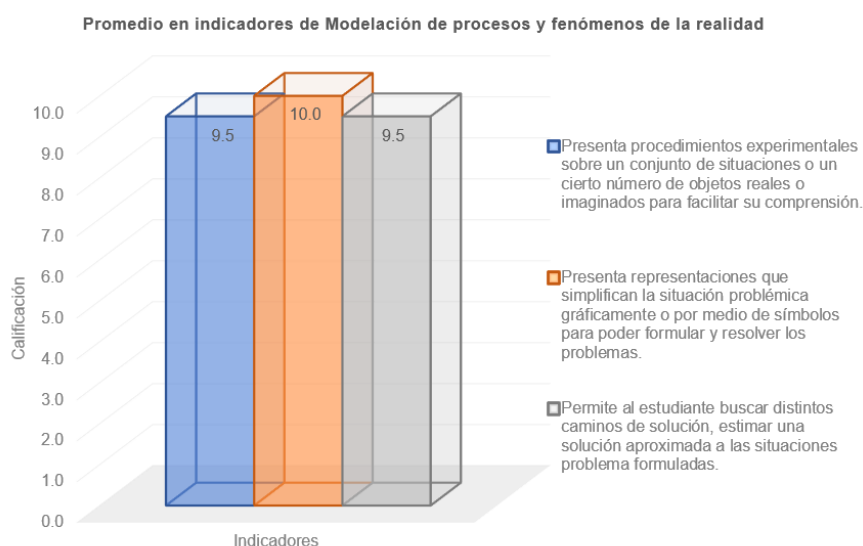
Video 3 - Planteamiento de balances (Elaboración propia)

Nota. Elaboración propia.

7.2.1.2. **Indicadores de Modelación de procesos y fenómenos de la realidad.**

Al igual que la categoría anterior, esta también recibió un promedio de 9,7 puntos sobre 10,0, según los indicadores valorados en la Figura 9, pues uno de los validadores consideró la categoría a modo general de la siguiente manera: “Se evidencia el esfuerzo por modelar procesos y fenómenos coherentes con la realidad en la creación de los problemas.” Por lo que se puede decir que dicha herramienta permite que los estudiantes sean capaces de identificar variables para lograr su correcta comprensión con respecto a una titulación complexométrica.

Figura 9. Promedio de indicadores de Modelación de proceso y fenómenos de la realidad

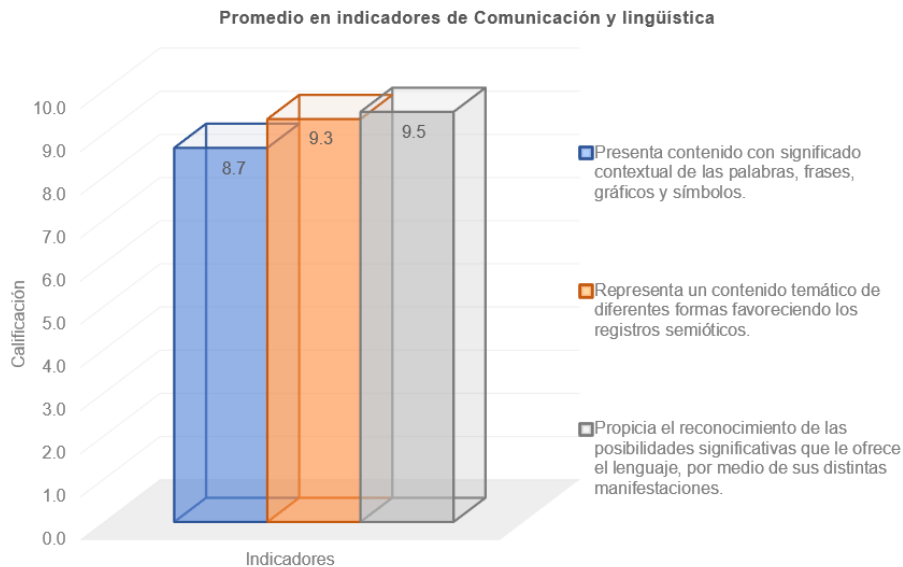


Nota. Elaboración propia

7.2.1.3. **Indicadores de Comunicación y Lingüística.**

Para esta categoría se obtuvo en promedio 9,2 puntos sobre 10,0, según los indicadores valorados en la Figura 10. A pesar de que el lenguaje químico empleado es adecuado, uno de los validadores sugirió: “*debe darse espacio a la flexibilidad y uso de más elementos lingüísticos que den lugar a un mayor abordaje y comprensión de los temas tratados, esto teniendo como referente el público al cual va dirigido el instrumento.*”

Figura 10. Promedio en indicadores de Comunicación y lingüística



Nota. Elaboración propia.

Para atender a la sugerencia de flexibilidad al lenguaje, se agregaron elementos y conceptos para que el usuario tenga la oportunidad de apropiarse de ellos y comprender su uso durante el desarrollo de los problemas formulados, tal como se muestra en la Figura 11 señalados. Adicionalmente, el glosario incorporado en el OVA también fue ampliado y mejorado para otorgar más elementos relevantes según autores altamente reconocidos como Harris (2006), Clavijo Díaz (2001), Brown, LeMay, Bursten & Burge (2004), Petrucci, Geoffrey Herring, Madura & Bissonnette (2011), Skoog, West & Crouch (2015), entre otros.

Figura 11. Ampliación del lenguaje en la sección de ejemplos.

Ejemplos

Dentro de este apartado se observan algunos ejemplos planteados y desarrollados de manera progresiva junto con su tratamiento sistemático para comprender la identificación y obtención de todos los datos útiles para los cálculos de variables como FHY^1 , FLM^2 , $FMYL^3$, entre otros. Es importante también contemplar algunos parámetros condicionales que indican si es posible o no que un sistema pueda ser valorado.

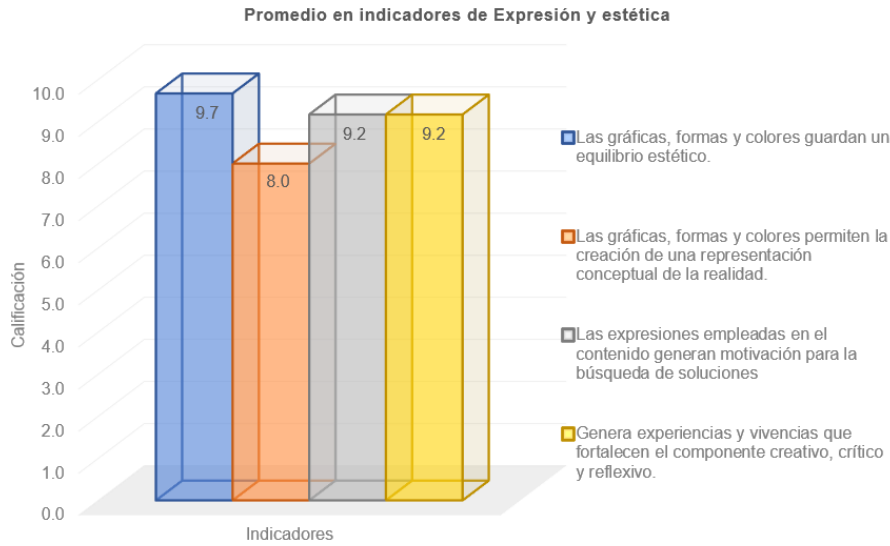
1. Factor de desprotonación del quelón.
2. Factor de formación ligando - metal.
3. Factor de formación de complejo, pueden presentarse factores para complejos hidroxilados (FMDHY) y factores para complejos protonados (FMHY).

Nota. Elaboración propia.

7.2.1.4. Indicadores de Expresión y Estética.

Esta categoría se presentó con uno de los promedios más bajos, siendo este de 9,0 puntos sobre 10,0, según los indicadores valorados en la Figura 12. Esto se debió a una falla en el momento de crear una curva de valoración, como se puede ver en los comentarios adicionales del anexo 3, ya que la gráfica se presentaba de manera incompleta lo que afectó directamente la calificación del segundo indicador. Para corregir este error, se hizo una verificación de códigos según el lenguaje de programación usado y se evaluó la gráfica en distintos dispositivos. Por otro lado, uno de los validadores comentó: *“Para este tipo de instrumentos prefiero el uso de más elementos gráficos y la combinación de una gama más amplia de colores.”* Esto para mantener la motivación del usuario, por eso se necesitó de un estudio más detallado sobre armonía de colores.

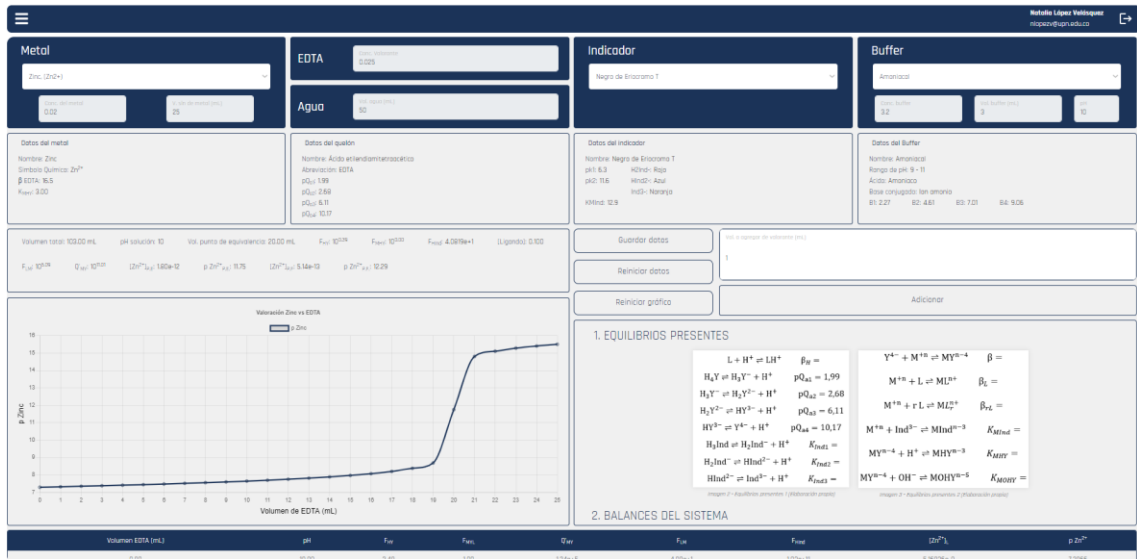
Figura 12. Promedio en indicadores de Expresión y estética



Nota. Elaboración propia.

Para atender los comentarios sobre la colorimetría utilizada y teniendo mayor conocimiento sobre la armonía de colores, fue posible modificar la interfaz del OVA, se pueden comparar los colores utilizados en la Figura 5, siendo la interfaz mejorada, con respecto a la anterior que se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Interfaz anterior del OVA EDTA Learn.

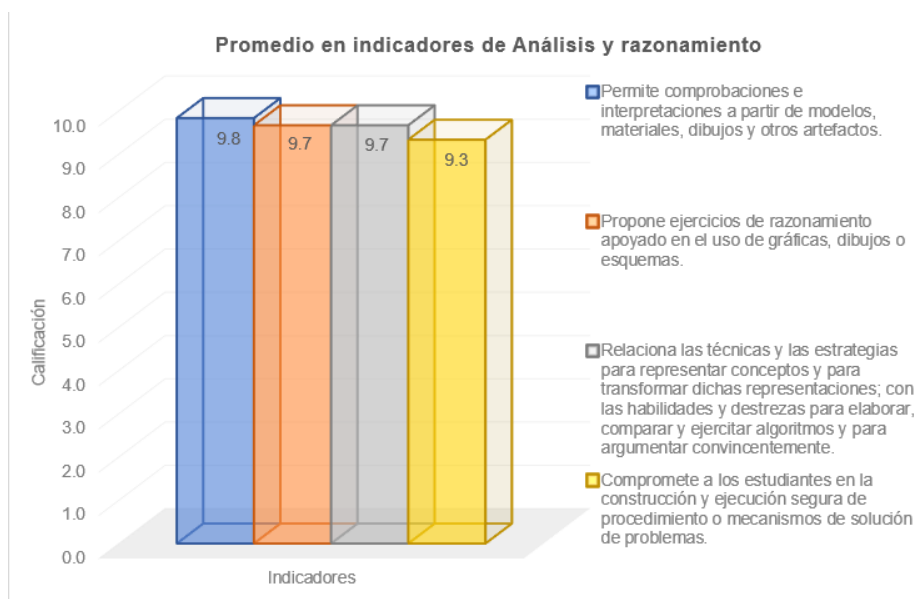


Nota. Elaboración propia.

7.2.1.5. Indicadores de Análisis y Razonamiento.

Según los indicadores de la Figura 14, el resultado promedio corresponde a 9,6 puntos sobre 10,0, lo que permitió reconocer que los esquemas, videos, recursos y demás objetos interactivos fueron suficientes para que el estudiante o usuario se aproxime al tema y que, a medida del desarrollo, este pueda tener el material disponible todo el tiempo para retroalimentar constantemente. De esta manera el validador 2 comentó: *“La herramienta permite que el estudiante relacione las variables del sistema complexométrico en equilibrio. Propone una serie de ejercicios suficientes para poder analizar el comportamiento con diferentes posibilidades de formación de complejos con iones metálicos y EDTA, lo cual puede ser usado para retar a los estudiantes en un aula de clase”* y también el validador 3: *“Un aspecto que resalto del OVA es posibilidad de retroalimentar, ya que, en la mayoría de estos instrumentos, se dejan los ejercicios, pero no es posible corroborar la solución de los mismos”*

Figura 14. Promedio en indicadores de Análisis y razonamiento

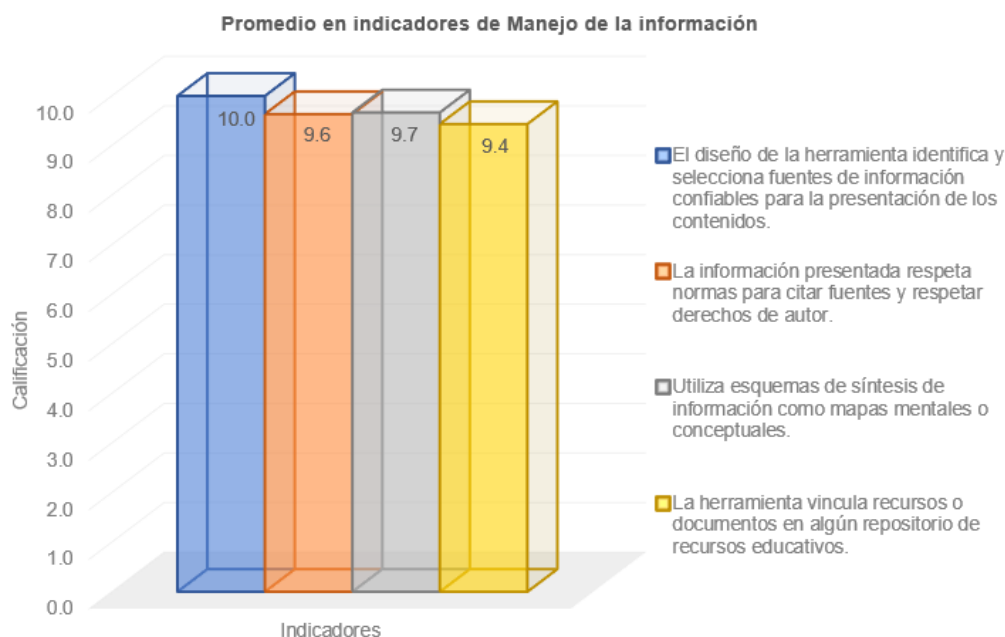


Nota. Elaboración propia.

7.2.1.6. Indicadores de Manejo de la información.

Esta categoría cuenta con un promedio de 9,7 puntos sobre 10,0, según los indicadores valorados en la Figura 15, debido al contenido estructurado a base de fuentes confiables y apropiadas. Algunos contenidos se tomaron de libros, y otros provienen de revistas conocidas como la Revista Colombiana de Química y la Revista Eureka. Con respecto al último indicador que abarca la vinculación de recursos o documentos de repositorio, se intentó generar botones para conducir a dicho material, sin embargo, se decidió darles prioridad a los derechos de autor puesto que algunos recursos son de acceso pagado, por lo que en lugar de generar hipervínculos simplemente se citó bajo la séptima edición de las Normas APA.

Figura 15. Promedio en indicadores de Manejo de la información



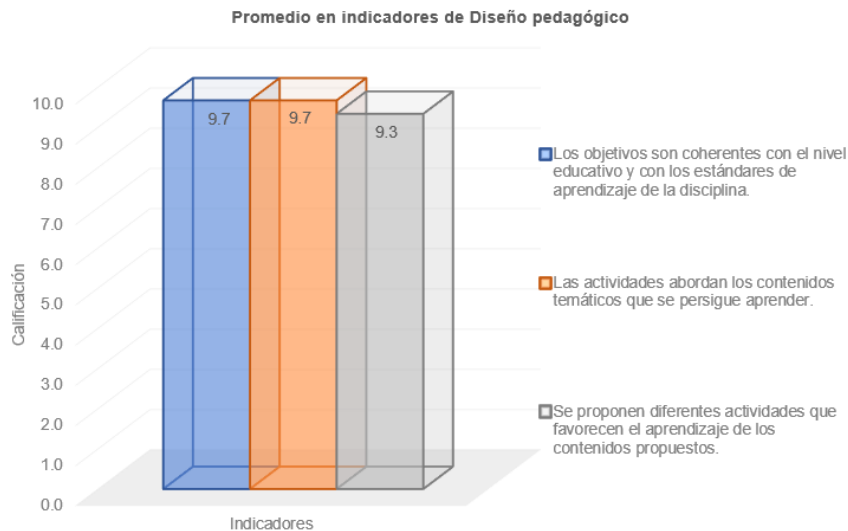
Nota. Elaboración propia

7.2.1.7. Indicadores de Diseño Pedagógico.

El promedio de esta categoría resultó ser de 9,6 puntos sobre 10,0, según los indicadores valorados en la Figura 16, uno de los validadores comentó: “Los objetivos planteados son coherentes con la propuesta, pero hay que seguir

trabajando en el manejo de lenguaje y recursos visuales para cumplir con las metas de aprendizaje”, mientras que otro comentó: “Se observa una concepción de problemas más tradicional, de tipo cerrado, que parecen más ejercicios de lápiz y papel.”

Figura 16. Promedio en indicadores de Diseño pedagógico



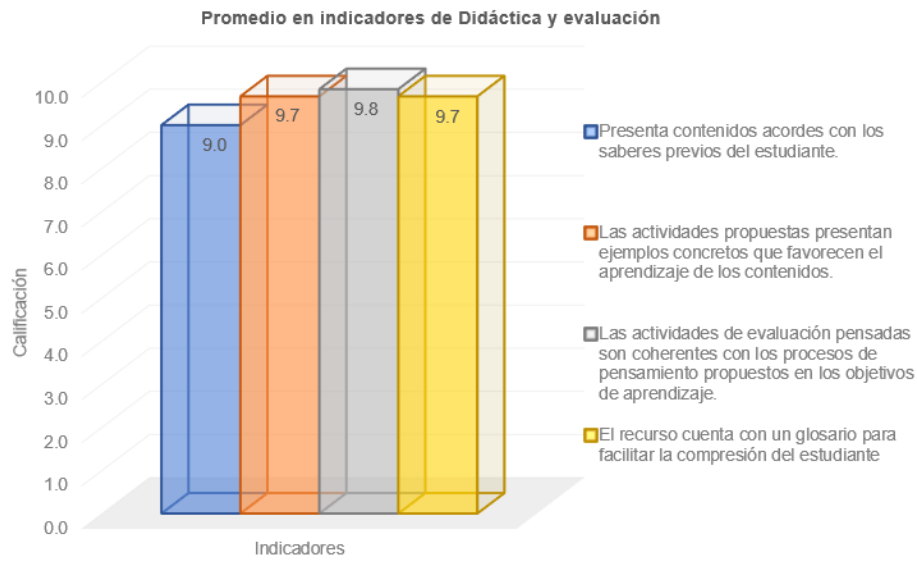
Nota. Elaboración propia.

7.2.1.8. Indicadores de Didáctica y Evaluación.

Con respecto a esta categoría, el promedio obtenido fue de 9,5 puntos sobre 10,0, según los indicadores valorados en la Figura 17, donde el indicador con calificación más baja fue el primero por el mapa conceptual de la pestaña de conocimientos previos, pues al hacer la exploración y navegación, uno de los validadores notó que visualizar dicho recurso era complicado por su pequeño tamaño, para solucionarlo, con nuevos códigos de programación, se pudo adicionar un botón de descarga, y quien desee observar mejor el mapa conceptual podrá descargarlo en cualquier dispositivo. Finalmente, es de gran relevancia mencionar que uno de los validadores comentó su experiencia más a fondo con el OVA y se cita: “*Personalmente pude emplear el OVA para comprender un equilibrio que estaba proponiendo en mi contexto laboral, empleé el instrumento como medio de abordaje del tema en un comité técnico*”. Esta percepción permite ampliar las dimensiones ya que la

herramienta, aparte de ser útil en un contexto escolar bajo currículos específicos, también sería útil en contextos experimentales y laborales.

Figura 17. Promedio en indicadores de Didáctica y evaluación

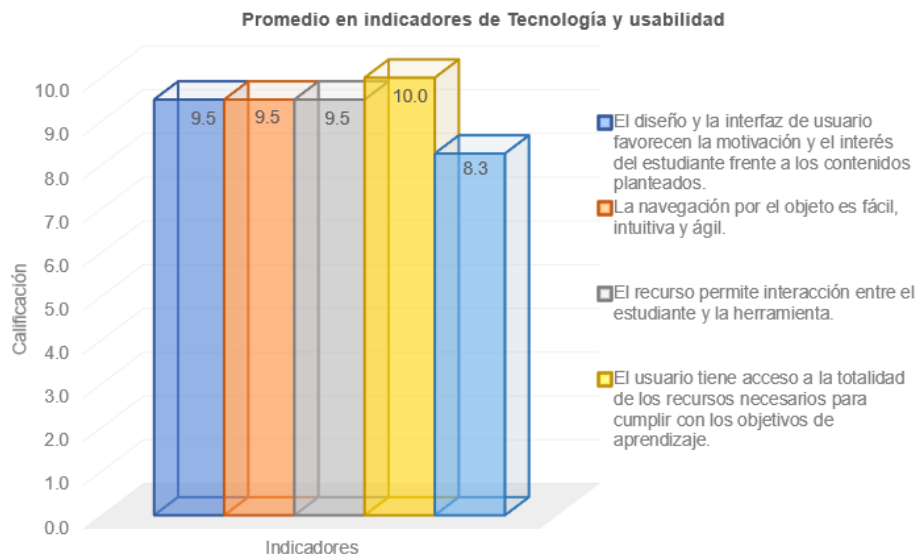


Nota. Elaboración propia.

7.2.1.9. Indicadores de Tecnología y Usabilidad

El promedio para esta categoría fue de 9,4 puntos sobre 10,0, según los indicadores valorados en la Figura 18, debido a la baja calificación del último indicador correspondiente al libre acceso, pues el validador 2 mencionó “*La accesabilidad presenta un poco de dificultad, ya que hay que hacer clic al botón de acceder varias veces.*”

Figura 18. Promedio en indicadores de Tecnología y usabilidad



Nota. Elaboración propia.

Con el fin de corregir el aspecto de libre acceso se realizó una revisión a los códigos necesarios para modificar el Log In ya que, con el diseño anterior, presentado en la Figura 19, se mostraba un símbolo de check color verde después de completar los campos de correo electrónico y contraseña, sin embargo, esta acción demandaba de tiempo de espera y varios clics en el botón “Iniciar sesión”.

Figura 19. Diseño anterior del Log In para acceder a EDTA Learn



Nota. Elaboración propia.

De esta manera, en el nuevo diseño de Log In, ilustrado en la Figura 20, se incluyó una ventana emergente donde se puede leer la palabra “Cargando”, como se muestra en la Figura 21, lo que indica la verificación de datos rápidamente sin la necesidad de aplicar varios clics permitiendo un fácil acceso al OVA.

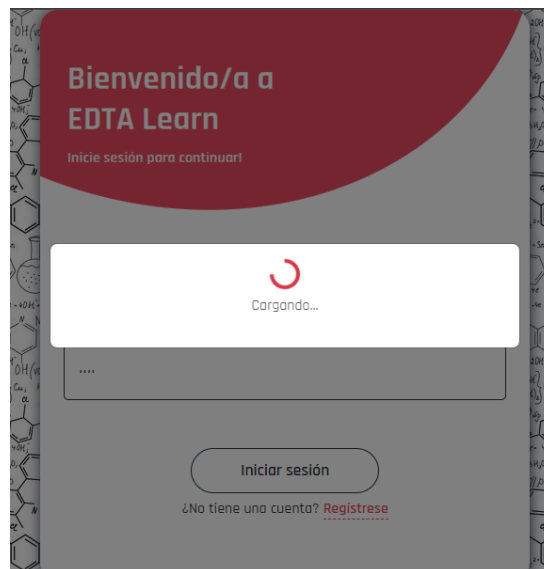
Figura 20. Diseño nuevo del Log In para acceder a EDTA Learn



The image shows a login page with a red header. The text reads: "Bienvenido/a a EDTA Learn" and "Inicie sesión para continuar!". Below the header are two input fields: "Correo electrónico" and "Contraseña". At the bottom, there is a button labeled "Iniciar sesión" and a link that says "¿No tiene una cuenta? [Regístrese](#)".

Nota. Elaboración propia.

Figura 21. Ventana emergente para acceder a EDTA Learn



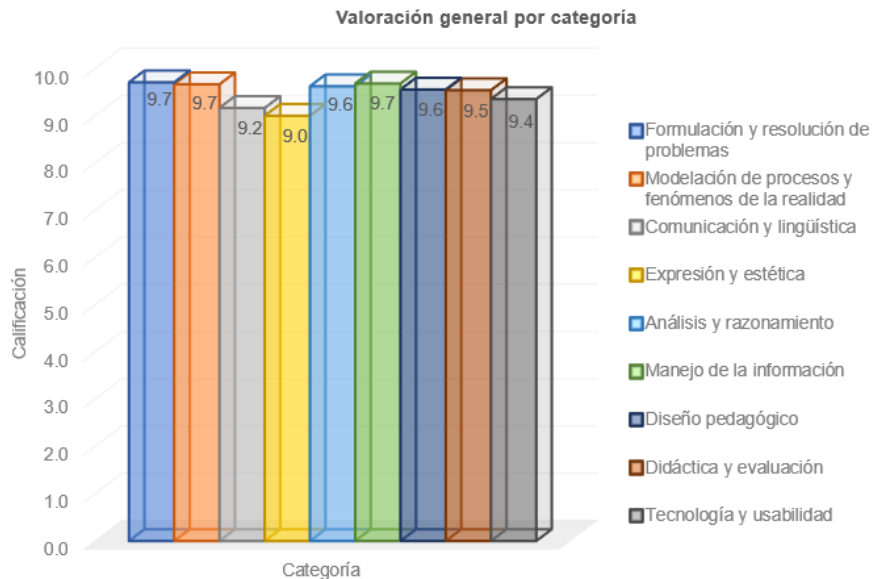
The image shows a loading window overlaid on the login page. The window has a white background with a red circular loading icon and the text "Cargando...". Below the window, the "Iniciar sesión" button and the "¿No tiene una cuenta? [Regístrese](#)" link are visible. The background of the page is dimmed and features a pattern of chemical structures.

Nota. Elaboración propia.

7.2.1.10. Valoración general por categoría

En la Figura 22 se presentan en una gráfica con los promedios obtenidos según la categoría para calcular un promedio general del OVA, que resultó ser de 9,5 puntos sobre 10,0. Las categorías con calificación inferior a 9,5 se corrigieron según aspectos puntuales según la metodología DBR y el nivel de testeo.

Figura 22. Valoración general por categoría



Nota. Elaboración propia.

Como se mencionó en su propio apartado, la categoría con menor calificación corresponde a expresión y estética con 9,0 puntos de 10,0 posibles. Para buscar la mejora de dicha categoría se hicieron los ajustes pertinentes de colores y distribución de contenido.

Por otro lado, se presentaron varias categorías con calificación de 9,7 siendo esta la más alta a nivel general, las categorías son: Formulación y resolución de problemas, Modelación de procesos y fenómenos de la realidad y Manejo de la Información. Estas calificaciones pueden sustentarse con base en los límites propuestos y análisis de necesidades hechos en la etapa de fundamentación, lo que permitió la búsqueda de soluciones apoyados en los distintos referentes. A su vez, las calificaciones de la segunda y tercera categoría se deben al proceso de construcción abordado en la etapa de diseño, pues basados en los niveles concebir, construir y testear, según la metodología DBR, fue posible analizar qué contenido sería pertinente agregar teniendo en cuenta fuentes confiables y verídicas, también el hecho de cómo se abordaría dicho contenido y para qué se presentaría por medio de recursos multimedia, visuales y de simulación.

7.2.2. Pilotaje

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de los distintos problemas desarrollados por los estudiantes, donde se vieron ampliamente apoyados por el uso de las TIC y el OVA para dar soporte a la temática “*Análisis volumétrico de formación de complejos*” correspondiente al espacio Métodos de Análisis Químico I del programa de Licenciatura en Química de la UPN. Es válido recordar que los estudiantes fueron distribuidos de manera aleatoria en equipos de trabajo para fomentar los principios del Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador, sin embargo, para evaluar el nivel de comprensión de los estudiantes se tuvo en cuenta la rúbrica construida y detallada en la Tabla 8 para dar validez a los enfoques metodológicos propuestos.

7.2.2.1. Asignación de problemas.

Para verificar el uso del OVA y el estudio sistemático de equilibrios, algunos estudiantes presentaron sus evidencias de manera tradicional haciendo uso de papel y lápiz, mientras que otros lo presentaron mediante documentos construidos en Microsoft Word. Esto permitió ubicarlos, de modo general, en la rúbrica evaluativa elaborada.

Respaldados por las evidencias recolectadas de los 17 estudiantes, fue posible observar el uso del OVA a partir de los planteamientos previos y cálculos necesarios. No obstante, algunos estudiantes presentaron falencias, tal como se muestra en la Figura 23, al momento de ejecutar los cálculos para obtener las diferentes concentraciones y potenciales del ion metálico libre antes, durante y después del punto de equivalencia, por lo que se pudo deducir que algunas curvas construidas fueron generadas de manera intuitiva. Asimismo, la mayoría de los estudiantes fueron capaces de establecer los equilibrios presentes como lo hizo el estudiante 8 en la Figura 24, sin embargo, un grupo reducido de ellos no tuvieron en cuenta que, según el tipo de metal, es posible obtener quelatos protonados, hidroxilados o ambos, por lo que al momento de calcular los factores de formación

les hizo falta esta variable, por ende, el factor se daba incompleto, dicha apreciación se puede observar en la Figura 25.

Por otro lado, algunos estudiantes también lograron interpretar de manera adecuada el uso de soluciones amortiguadoras, como se observa en la Figura 26, e indicadores metalocrómicos en la solución, pues a pesar de que este último que se menciona hace parte de un valor agregado al simulador, los estudiantes manifestaron qué indicadores serían viables para usar en un espacio experimental.

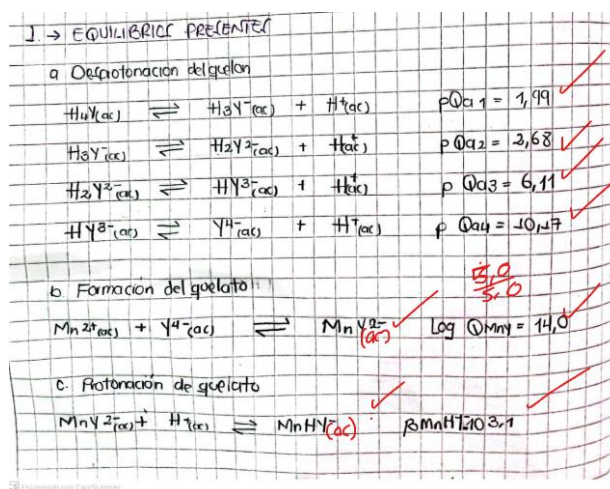
Figura 23. Falencias en cálculo de concentración y potencial del metal libre dependientes del punto de equivalencia.

$$\begin{aligned}
 []_{Metal} * V_{metal} &= []_{EDTA} * V_{EDTA} \rightarrow \frac{[]_{Metal} * V_{Metal}}{[]_{EDTA}} = 0mL \quad \text{X} \\
 C_{MY} = [CuY^{2-}] &= \frac{V_{Metal} * [Cu^{2+}]_i}{V_{total}} = \frac{0mL * 0,0100}{50} = 0M \quad \text{X} \\
 [Cu^{2+}]_{P.E} &= \sqrt{\frac{[CuY^{2-}] * F_{HY}}{Q_{ZnY} * F_{LM} * F_{MHY}}} \rightarrow [Cu^{2+}]_{P.E} = \sqrt{\frac{0M * 2,48}{10^{18,8} * 10^{5,09} * 1,00}} = 0M
 \end{aligned}$$

MAL USADA LA ECUACION

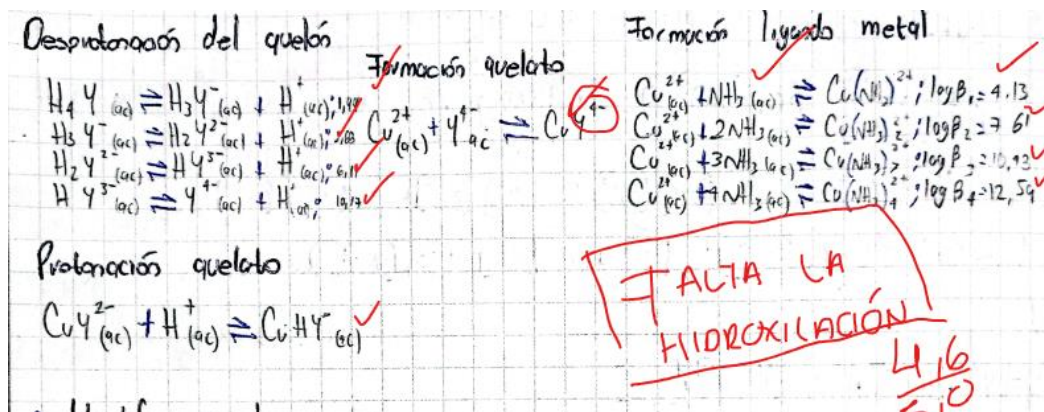
Nota. Problema 1, elaborado por los estudiantes 1, 2 y 3.

Figura 24. Planteamiento de equilibrios presentes



Nota. Problema 3, elaborado por el estudiante 8.

Figura 25. Omisión de equilibrios de quelatos protonados o hidroxilados.



Nota. Problema 1, elaborado por el estudiante 4.

Figura 26. Identificación de solución amortiguadora.

Se disuelven 302mg de MnSO_4 en 100mL de agua desionizada. Posteriormente, se toma una alícuota de 25mL la cual se tampona a un pH de 8,00 y se valora con EDTA a 0,0100M. Determine la concentración del Mn^{2+} y pMn cuando se agreguen los siguientes volúmenes de EDTA y dibuje la curva de valoración.

1. 10mL
2. 30mL
3. 49mL
4. 50mL
5. 50,5mL
6. 60mL

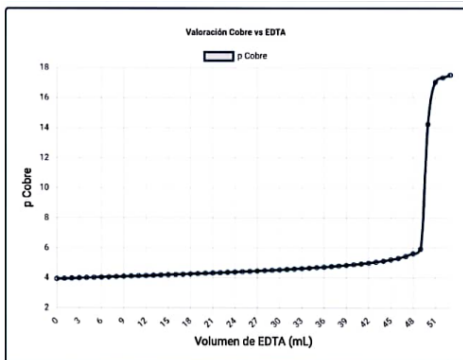
Buffer: Fosfato (PO_4^{3-})

No se forman complejos ligando – metal, en este caso entre el Mn y el fosfato (PO_4^{3-})

Nota. Problema 3, elaborado por el estudiante 9.

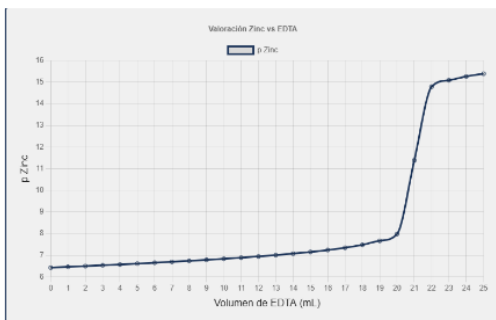
Finalmente, el último paso para el desarrollo de problemas, según la Tabla 6, fue el uso del simulador, donde los estudiantes presentaron las curvas de valoración presentadas como Figura, 27, 28, 29, 30, 31 y 32 respectivas a los seis (6) problemas formulados y distribuidos.

Figura 27. Curva de valoración problema 1.



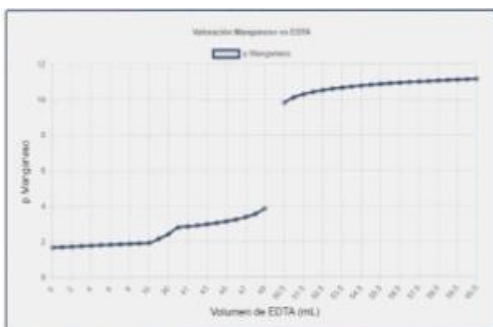
Nota. Elaborado por el estudiante 4.

Figura 28. Curva de valoración problema 2.



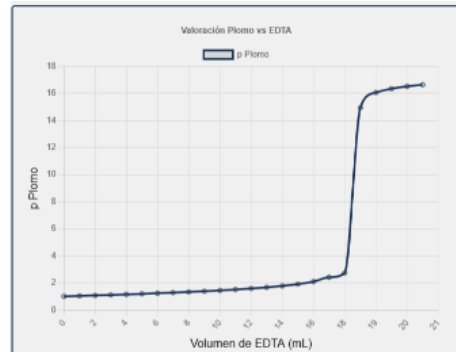
Nota. Elaborado por los estudiantes 5 y 6.

Figura 29. Curva de valoración problema 3



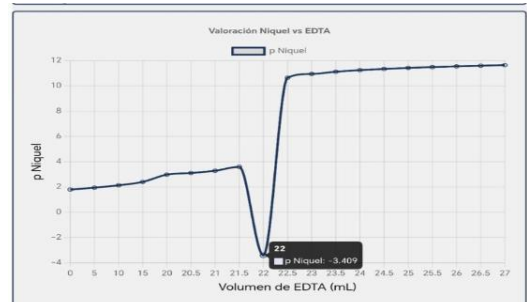
Nota. Elaborado por el estudiante 8.

Figura 30. Curva de valoración problema 4.



Nota. Elaborado por los estudiantes 10, 11 y 12.

Figura 31. Curva de valoración problema 5.



Nota. Elaborado por los estudiantes 13 y 14.

Figura 32. Curva de valoración problema 6.



Nota. Elaborado por los estudiantes 15, 16 y 17.

A raíz de lo observado y haciendo uso de la rúbrica evaluativa, es posible decir que los estudiantes se encuentran en un enfoque profundo puesto que, lograron extraer la información suficiente para plantear modelos químicos – matemáticos y posteriormente, simular curvas de valoración. Se destaca que este enfoque está compuesto por un nivel relacional y un nivel de abstracción expandida. El primer nivel refiere a la capacidad de establecer distintas relaciones entre múltiples aspectos para obtener resultados coherentes tales como: la obtención de factores de formación y la constante condicional de estabilidad. El segundo nivel y más alto de la taxonomía SOLO, alude a la destreza que algunos estudiantes demostraron al formular hipótesis sobre el uso de indicador y soluciones amortiguadoras abriendo campo a respuestas con mayor coherencia que connotan manejo del conocimiento.

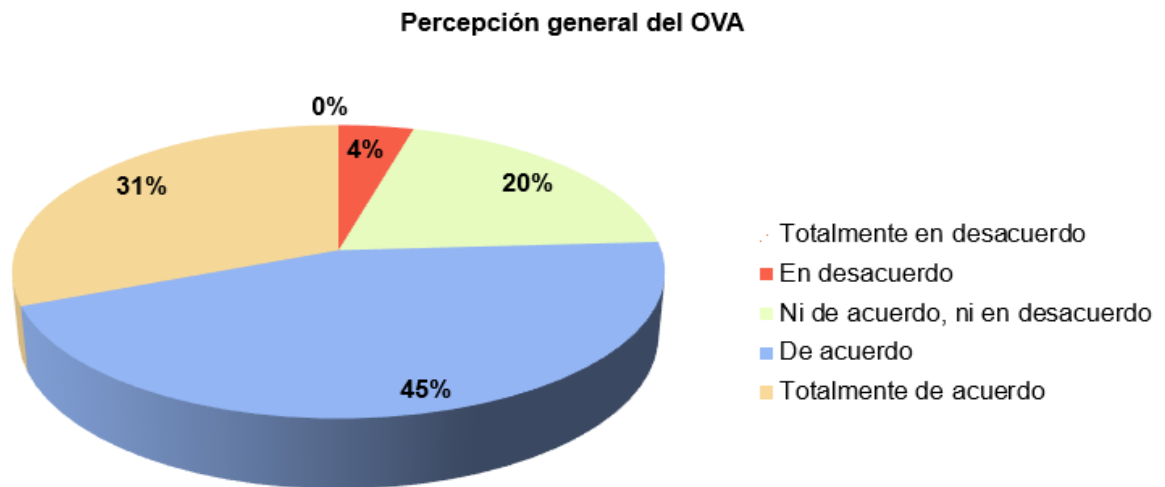
Este ejercicio de pilotaje aportó los elementos que necesitaban potenciarse en el OVA como las curvas construidas mediante el simulador para el problema 3 y 5 (Figura 29 y 31), ya que se presentaron de manera incongruente con respecto a los cálculos desarrollados. Para solucionar esto, se requirió revisar los enunciados de cada problema y luego, verificar la base de datos y los cálculos propios para cada uno; finalmente, se examinó el simulador en distintos navegadores y dispositivos para verificar las gráficas acordes a lo formulado y programado.

Por último, a nivel general con respecto al Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador fueron detectadas algunas fallas más allá de las presentadas en el OVA. Estas fallas aluden a que no fue posible hacer un seguimiento total del proceso de aprendizaje por lo que esta parte se ve limitada, no se puede saber con exactitud el nivel de interacción de los estudiantes con la herramienta elaborada y el cumplimiento de los principios del Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador, a menos que ellos lo comuniquen directamente como sucedió en la sesión de retroalimentación donde se corroboraron algunas interacciones verbales entre estudiantes para formular dudas puntuales, es por esta razón que se propuso una sesión final para obtener un campo más amplio de las percepciones de los estudiantes con apoyo de una encuesta tipo Likert.

7.2.2.2. Encuesta final.

La percepción de los estudiantes frente al OVA es favorable o positiva, ya que la tendencia es del 31% al estar de acuerdo y un 45%, con las afirmaciones del cuestionario frente al diseño y potencial del OVA para el desarrollo desde elementos asociados a la estructura, las actividades, el simulador, etc.

Figura 33. Percepción general del OVA



Nota. Elaboración propia.

Adicionalmente, también se analizaron los once (11) ítems formulados con base a la escala propuesta de 1 a 5 donde:

- Aquellos ítems con valoraciones de 1 y 2 se asumen como aspectos por mejorar de manera prioritaria dada su percepción negativa.
- Aquellos ítems valorados con 3 se asumen como aspectos que no están mal vistos pero que pueden mejorar, sin embargo, es una percepción netamente neutral por parte de la población.
- Aquellos ítems con valoración de 4 y 5 se asumen como aspectos bien vistos dada su percepción positiva.

Tabla 11. Valoraciones por ítem según la cantidad de participantes

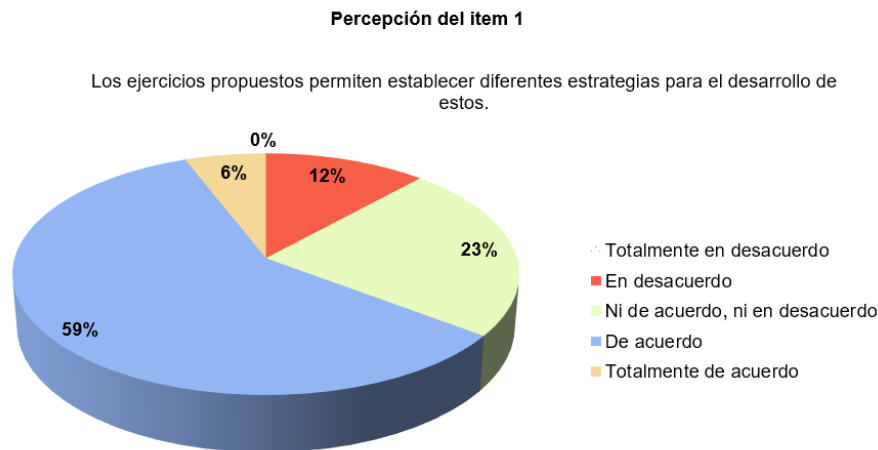
| Grado | Ítem 1 | Ítem 2 | Ítem 3 | Ítem 4 | Ítem 5 | Ítem 6 | Ítem 7 | Ítem 8 | Ítem 9 | Ítem 10 | Ítem 11 | TOTAL |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-----------------|
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| En desacuerdo | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8 |
| Ni de acuerdo, ni en desacuerdo | 4 | 6 | 4 | 5 | 3 | 2 | 2 | 3 | 0 | 3 | 5 | 37 |
| De acuerdo | 10 | 9 | 5 | 10 | 9 | 8 | 9 | 9 | 5 | 3 | 7 | 84 |
| Totalmente de acuerdo | 1 | 2 | 6 | 2 | 5 | 7 | 3 | 5 | 12 | 10 | 5 | 58 |
| | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 187 |
| | | | | | | | | | | | | PERSONAS x ÍTEM |

Nota. Elaboración propia.

De esta manera y de acuerdo con los datos reportados en la Tabla 11, se puede decir que:

1. Para este primer ítem, detallado en la Figura 34, se observó un total de 11 respuestas favorales por parte de los estudiantes donde se menciona que los ejercicios propuestos permiten establecer diferentes estrategias para el desarrollo de estos, sin embargo, se sugiere la formulacion de más ejercicios para hacer la herramienta mucho más interesante como lo expuso uno de ellos: *“Es una herramienta muy útil para el aprendizaje, de pronto añadir más ejemplos sería interesante”*

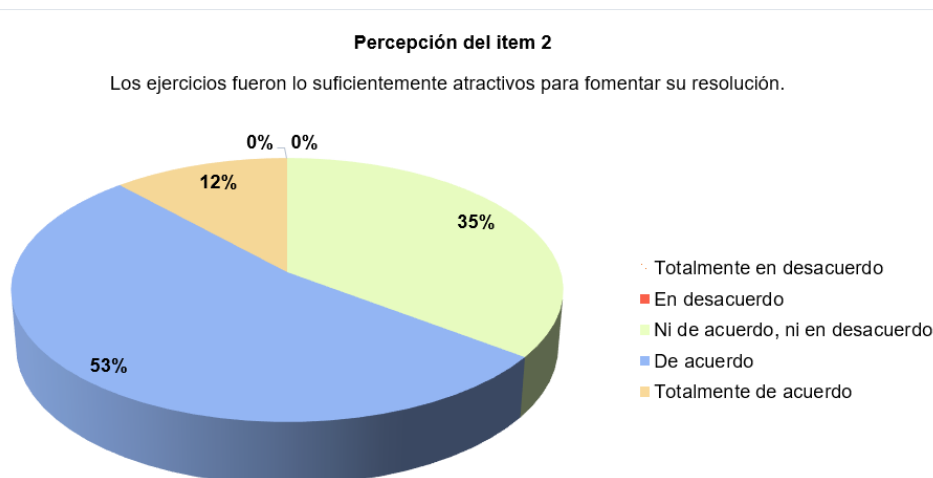
Figura 34. Percepción del ítem 1



Nota. Elaboración propia.

2. Al igual que primer ítem, el segundo, detallado en la Figura 35, presentó 11 respuestas favorables al decir que los problemas fueron lo suficientemente atractivos para fomentar su resolución.

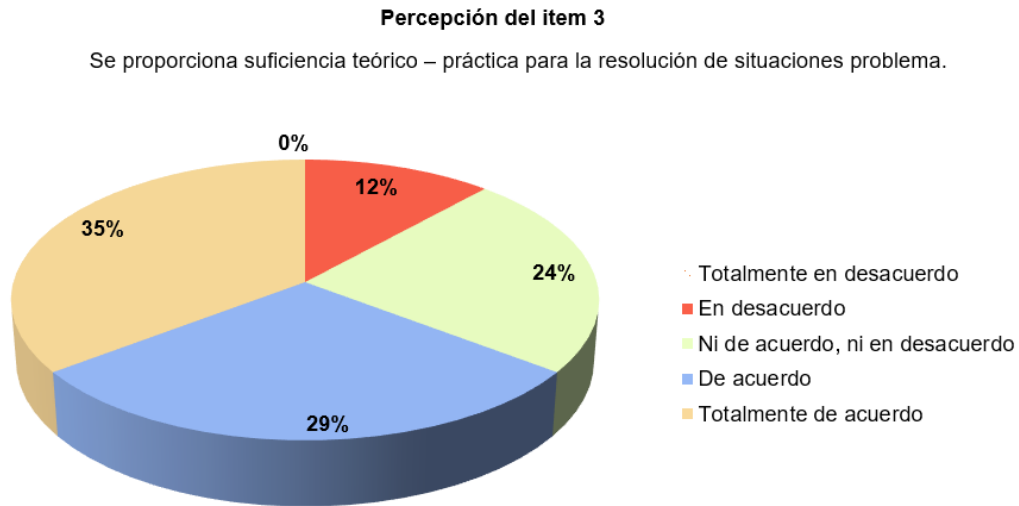
Figura 35. Percepción del ítem 2



Nota. Elaboración propia.

3. El tercer ítem, que corresponde a la suficiencia teórico – práctica para la resolución de problemas, presentó múltiples opiniones como se puede evidenciar en la Figura 36, si bien 11 estudiantes estuvieron totalmente de acuerdo y de acuerdo, hubo 2 estudiantes que demostraron su nivel de desacuerdo basados en las distintas dudas generadas durante el proceso de resolución como lo expresó uno de ellos al final de la encuesta. *“Hay algunos errores en el ejercicio de ejemplo como en la parte c del punto 1 en la formación del quelato el ZnY^{4-} tiene mal la carga” “Quedé con algunas dudas sobre los resultados en el punto 4, 5 y 6 ya que algunos resultados ahí presentados no coinciden con las que yo planteaba en la calculadora”*

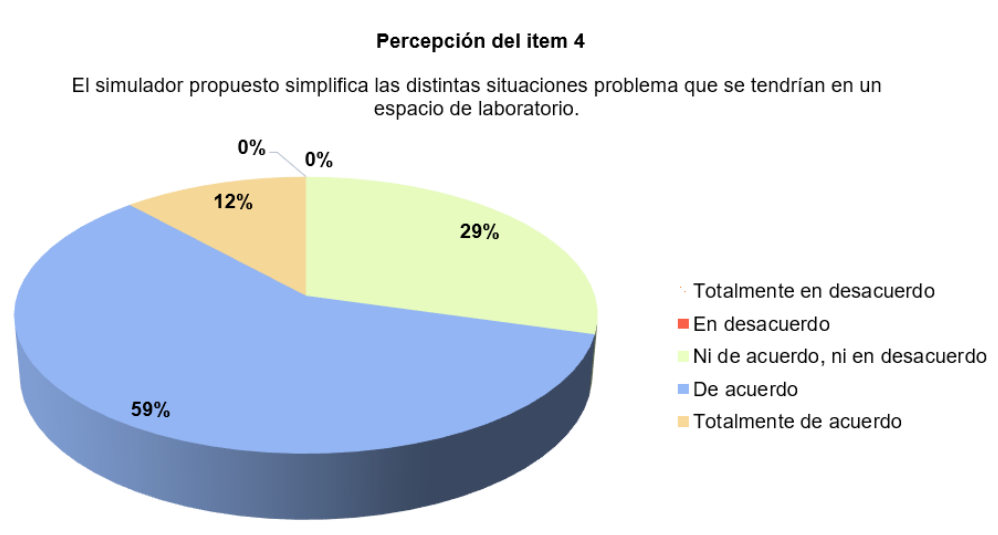
Figura 36. Percepción del ítem 3



Nota. Elaboración propia.

4. Las opiniones recibidas para el cuarto ítem son en su mayoría positivas, como se observa en la Figura 37, ya que 12 estudiantes manifestaron conformidad con que el simulador propuesto debido a que este simplifica el ejercicio que se tendría en un espacio experimental.

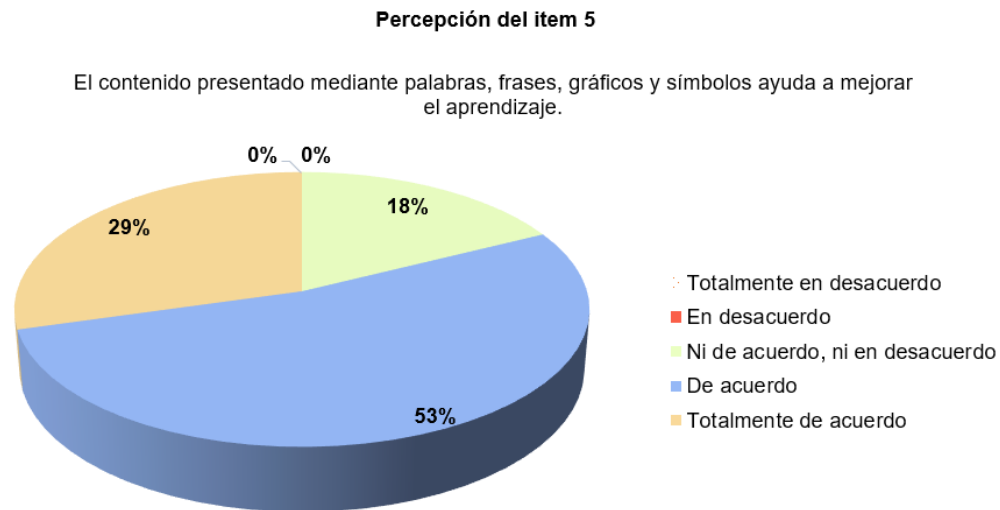
Figura 37. Percepción del ítem 4



Nota. Elaboración propia.

5. Al igual que el ítem 4, la percepción del ítem 5, representada en la Figura 38, es favorable ya que 14 estudiantes consideraron que los recursos audiovisuales, textuales y enlistados en el OVA fueron pertinentes para la adecuada resolución de los problemas formulados.

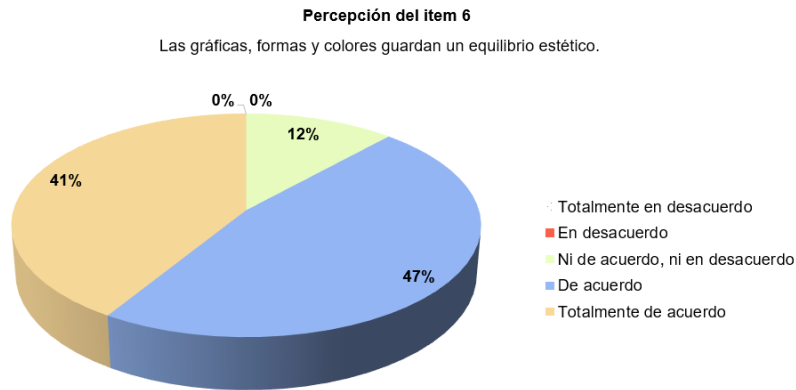
Figura 38. Percepción del ítem 5



Nota. Elaboración propia.

6. Similar a los ítems anteriores, el sexto presenta uno de los porcentajes más altos con respecto a las opiniones positivas de la población, como se muestra en la Figura 39. Este porcentaje oscila cerca al 86% de favorabilidad que es una totalidad de 15 estudiantes conformes con relación a la estética del OVA. Casualmente las opiniones recolectadas de este ítem son contrarias a las opiniones de los validadores, donde este ítem tuvo una calificación de 9,0 sobre 10,0, según la Figura 10.

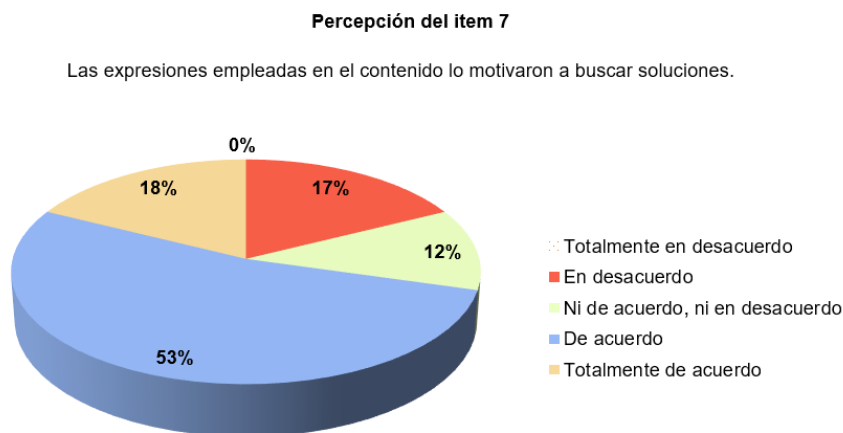
Figura 39. Percepción del ítem 6



Nota. Elaboración propia.

7. Este ítem no solo presenta un alto nivel positivo con 12 estudiantes de acuerdo, sino que también presenta el más alto nivel de desacuerdo con 3 estudiantes de 17 que participaron, tal como se detalla en la Figura 40. Esto se encuentra estrechamente ligado a la suficiencia teórico – práctica para la resolución de problemas, pues en el OVA algunos conceptos no eran lo suficientemente claros para el pleno desarrollo de los problemas. Para solucionar esta cuestión se adaptó de una mejor manera el glosario construido al final del menú del OVA.

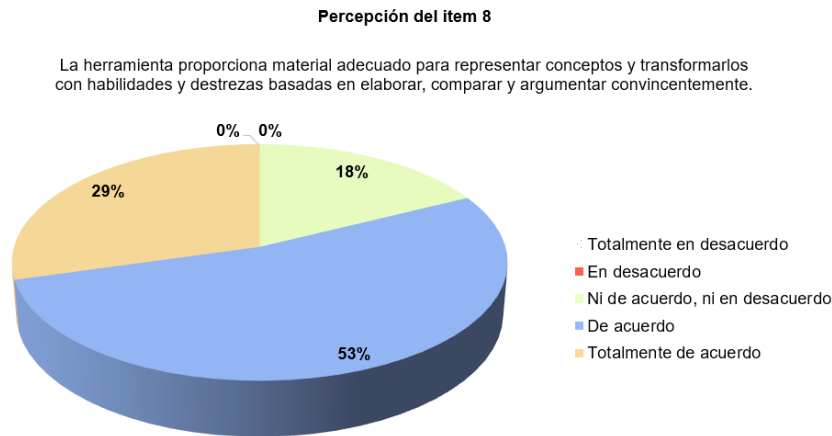
Figura 40. Percepción del ítem 7



Nota. Elaboración propia.

8. El octavo ítem no cuenta con opiniones desfavorables, según la Figura 41, por el contrario 14 estudiantes de 17 se encontraron de acuerdo y totalmente de acuerdo con respecto al material construido para OVA como mapas conceptuales, tablas con datos relevantes, videos y demás contenido libre.

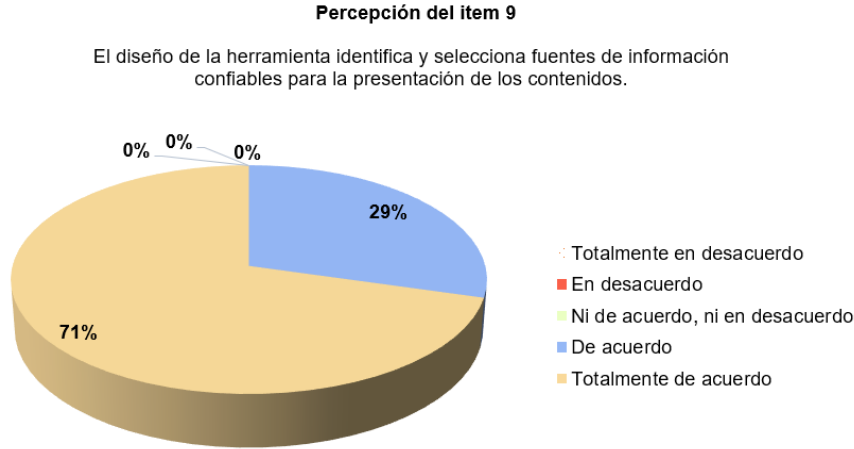
Figura 41. Percepción del ítem 8



Nota. Elaboración propia.

9. El ítem correspondiente a las fuentes de información confiable, presentado en la Figura 42, es el único ítem con el total de opiniones favorables. Este ítem es el más destacado entre todos al tener los 17 estudiantes de acuerdo y totalmente de acuerdo, esto se debió a que en todo momento, durante las sesiones, se les fueron comunicadas las fuentes de información recolectadas para que los ellos hicieran uso de estas dado el caso de presentar dudas o querer ampliar el conocimiento sobre el contenido disciplinar.

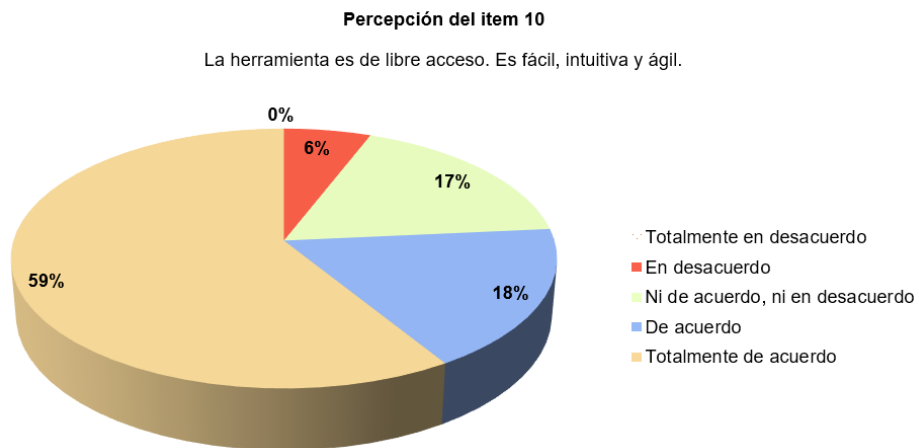
Figura 42. Percepción del ítem 9



Nota. Elaboración propia.

10. Este ítem, detallado en la Figura 43, presentó una opinión desfavorable en el sentido de que el ingreso a la plataforma no se hacía de manera inmediata, tal como opinaron algunos validadores. Sin embargo, el acceso a demás contenido y recursos se hace de manera fácil y sin obstáculos de por medio, es por esto que el porcentaje de opiniones favorables también es alto con 10 estudiantes totalmente de acuerdo y 3 de acuerdo.

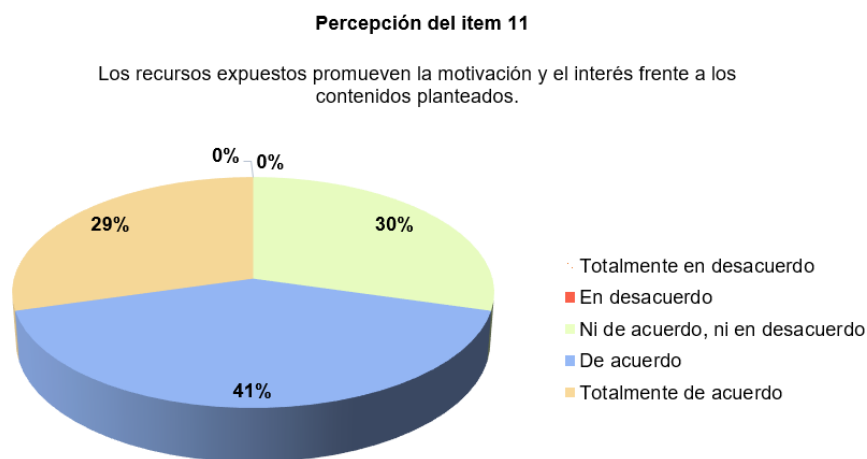
Figura 43. Percepción del ítem 10



Nota. Elaboración propia.

11. Para este último ítem, representado en la Figura 44, 5 estudiantes manifestaron sus puntos neutros donde no se encontraban de acuerdo pero tampoco en desacuerdo, por lo que se podría suponer que el contenido disciplinar no es del todo atractivo para ellos, para dar solución a esto, se hicieron modificaciones a los recursos convenientes para elevar el interés de los usuarios. Por otro lado, se resalta que el resto de estudiantes estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo, siendo 7 y 5 estudiantes respectivamente.

Figura 44. Percepción del ítem 11



Nota. Elaboración propia.

Gracias a la estructuración metodológica para el diseño y validación del OVA articulado a los datos recolectados de la validación y pilotaje, se puede afirmar que el OVA cuenta con fortalezas claras ya que cumple con algunos criterios propuestos por Granada Cano (2014) junto con Feria Marrugo & Zúñiga López (2016), pues el OVA presenta información confiable y oportuna con la temática trabajada, es reutilizable ya que fue posible modificar y mejorar contenido específico sin la necesidad de alterar completamente la herramienta, es auténtico e interactivo, sumado a ello, el OVA se percibe como una herramienta versátil, pues es útil para brindar apoyo a los espacios teóricos y experimentales dentro y fuera del aula sin tener que recurrir a los métodos tradicionales. En términos pedagógicos, se

considera que el OVA sí puede contribuir en mayor escala a un Aprendizaje Colaborativo Apoyado en Computador, pero esto conllevaría sesiones más amplias y con mayor elaboración donde ya no sería factible hablar de un pilotaje, sino de una implementación con la oportunidad de evaluar los conocimientos previos de los usuarios y los conocimientos adquiridos una vez que se logra el uso adecuado del OVA.

Para culminar, se resalta la gran utilidad de la metodología Design Based Research puesto que, con ella fue posible hacer un seguimiento de cada etapa dividida en niveles específicos que determinaron minuciosamente lo que requería la construcción de un OVA para otorgarle funcionalidad, efectividad y eficiencia. Cada etapa fue esencial para lograr concepciones favorables por parte de la población. En ese sentido, el DBR ofrece ventajas significativas y notables ya que, mediante la estructuración, se enfoca en dar soluciones coherentes según el contexto, la teoría y la práctica.

En este contexto y dando respuesta a la pregunta problema planteada para el trabajo de investigación desarrollado, se puede decir que los elementos característicos del diseño del OVA EDTA Learn radican específicamente en los recursos presentados como archivos multimedia ya que, estos permiten un mayor acercamiento de los usuarios a la temática trabajada, sumado a esto, los problemas formulados se plantearon de tal manera que en su desarrollo se pueda evidenciar la modelación de equilibrios dinámicos asociados al sistema, sus respectivos balances, factores de formación y demás cálculos dependientes a los puntos de equivalencia según el problema. Finalmente, al construir y graficar curvas de valoración potenciométricas por medio del simulador incorporado en el OVA, más allá de predecir el comportamiento de un fenómeno o sistema, es válido afirmar que se comprueba el desarrollo y fortalecimiento de las habilidades químico – matemáticas relacionadas con la modelación y simulación, entendiendo así los modelos matemáticos y gráficos obtenidos

8. CONCLUSIONES

Antes de concluir la presente investigación es razonable reconocer que la educación, apoyada en las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), día a día seguirá evolucionando para comprender y ampliar diversas temáticas y contextos científicos, y con ello potenciar los procesos de enseñanza – aprendizaje, sin embargo, para que dicho proceso se lleve a cabo de manera satisfactoria es necesario que los futuros y actuales profesores tomemos conciencia de la importancia que tienen estas herramientas virtuales dentro y fuera del aula de clase. Desde esta perspectiva, con esta investigación se busca promover el diseño y construcción de más herramientas interactivas que den lugar a altos niveles de comprensión según el contenido que se dispone para la transmisión de saberes.

De este modo, en un primer momento se puede concluir que el diseño del OVA fundamentado en la metodología DBR dio evidencia de lo importantes que pueden llegar a ser los lineamientos de construcción basados en un enfoque pedagógico, didáctico y tecnológico, los cuales se asocian directamente a la etapa de fundamentación donde se identificaron y limitaron las necesidades del contexto para posteriormente, plantear soluciones según los referentes conceptuales y el contexto.

A su vez, el diseño del OVA y de los diferentes recursos facilitaron el proceso de comprensión para la modelación de equilibrios dinámicos vinculados a la simulación de una valoración potenciométrica, según como fueron presentados en los resultados del proceso de pilotaje, ya que con estos se pudo dar certeza del desarrollo y apropiación de habilidades químico – matemáticas al momento de modelar los equilibrios implicados en los sistemas formulados y descritos en el OVA. Adicionalmente, se resalta el nivel de favorabilidad que expresó la población con respecto a la funcionalidad del OVA es de 76%. Por otro lado, la validación, según expertos, proporcionó aspectos a considerar para potenciar el OVA en términos estructurales y semánticos, de igual manera el diseño y accesibilidad interactivamente al material de apoyo. Se reconoce que la valoración total para el

OVA sometido a este ejercicio correspondió a un 9,5 de 10,0 puntos posibles según las categorías e indicadores seleccionados a partir de lo propuesto por Molano Puentes, Alarcón Aldana, & Callejas Cuervo (2018).

Por otro lado, la evaluación de los elementos teóricos y metodológicos para el diseño y construcción de un OVA se logró de manera satisfactoria, producto del nivel de desarrollo y testeo compuesto por la implementación de distintos instrumentos a lo largo del ejercicio de validación y pilotaje. Con el desarrollo continuo de esta segunda etapa de investigación *Diseño, Construcción y Evaluación* propuesta y adaptada del DBR y haciendo uso del modelo ADDIE, se pudo demostrar que el OVA, junto con todos sus elementos incluyendo el simulador, es una herramienta innovadora, práctica y versátil para el fortalecimiento de las habilidades de modelación químico – matemática que le permiten a los usuarios crear sus propios conceptos y modelos suficientes para predecir y simular curvas de valoraciones potenciométricas de formación de quelatos, relacionando los equilibrios dinámicos y múltiples variables implicadas en estos. Por esta razón el uso del OVA en un espacio apropiado puede convertirse en una pieza fundamental para el profesorado y personal de laboratorio.

Finalmente, la información recolectada durante el desarrollo de este proyecto, según las tres etapas del DBR, juega un papel fundamental si se desea crear un nuevo OVA que abarque las valoraciones de formación de quelatos o si se aspira mejorar la herramienta ya construida donde sea posible hablar de quelatos formados no solo con EDTA, sino también con otros quelones como lo son el: Ácido nitrilotriacético (NTA), Ácido dietilentriamiopentaacético (DTPA), Ácido trietilentetraminohexaacético (TTHA), entre otros. Además, con mayores estudios en programación también sería posible mejorar el simulador incorporado en el OVA para que sea capaz de graficar y calcular términos más complejos y con más variables.

9. REFERENCIAS

- Aleman Berenguer, R. A. (2012). El concepto de equilibrio químico. Historia y controversia. *Anales de Química de la Real Sociedad Española de Química*, 108(1), 49-56.
<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/213/206>
- Álvarez Pedraza, L. A. (2012). *Elaboración de un objeto virtual de aprendizaje, que facilite la enseñanza de las unidades físicas de concentración* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Amaya Posse, C. A., & Vargas Olaya, J. C. (2014). *Excel como recurso didáctico para el desarrollo de habilidades analíticas de pensamiento a partir de modelación químico-matemáticas de sistemas acuosos en equilibrio dinámico* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia].
- Arriaga Delgado, W., Bautista Gonzáles, J. K., & Montenegro Camacho, L. (2021). Las TIC y su apoyo en la educación universitaria en tiempo de pandemia: una fundamentación factó-teórica. *Revista Conrado*, 17(78).
<https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1665/1644>
- Ayala Ñiquen, E. E., & Gonzáles Sánchez, S. R. (2015). *Tecnologías de la Información y la Comunicación*. Editorial de la UIGV. Lima, Perú.
<http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1189>
- Ayres, G. (1970). *Análisis químico cuantitativo. Segunda edición*. Harper & Row Publishers, Inc.
- Baeza, J. (2016). *Volumetrías de formación de complejos*. Universidad de Valencia, España.
https://www.uv.es/baeza/Tema_7_Volumetrias_complejos_esq_2016.pdf
- Ballagan Tixi, A. O. (2020). *Los simuladores virtuales para el aprendizaje de química analítica con los estudiantes de cuarto semestre de la carrera de pedagogía de las ciencias experimentales química y biología período académico octubre 2019 – abril 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Archivo digital.
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6515>
- Belloch, C. (2012). *Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje*. Universidad de Valencia, España.
<https://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA1.pdf>

- Biggs, J. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*. Narcea S.A.
https://books.google.com.co/books?id=iMYelqA_JJsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Bravo Palacios, R. N. (2016). *Diseño, construcción y uso de objetos virtuales de aprendizaje OVA* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Archivo digital. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/8892>
- Cabero Almenara, J. (1998). *Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas*. Grupo Editorial Universitario. <https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1MZF0MGPJ-DW0C5J-NB1S/TICS%20EN%20EDUCACION.pdf>
- Campillo, N. (2011). *Equilibrios y volumetrías de complejación*.
<https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-6.pdf/989e089b-86db-402e-a0e6-0bc9dec32baf>
- Casas, J. A., Pinzón, D., & Molina, M. (2013). Determinación de cobre y zinc en muestras falseadas de latón. Niveles de abertura como propuesta de enseñanza de la técnica de titulación complexométrica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 445-457.
<https://www.redalyc.org/pdf/920/92028240010.pdf>
- Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 11(2), 171-194. <http://funes.uniandes.edu.co/9949/1/Castillo2008Propuesta.pdf>
- Castro Sánchez, A., & Ramírez Gómez, R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Amazonia Investiga*, 2(3), 30-53.
<https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/646/607>
- Cebrián, M. (2013). *Recursos tecnológicos para los procesos de enseñanza y aprendizaje*. Innovación Educativa.
https://www.umaeditorial.uma.es/libro/recursos-tecnologicos-para-los-procesos-de-ensenanza-y-aprendizaje_2396/
- Clavijo Díaz, A. (2002). *Fundamentos de química analítica. Equilibrio iónico y análisis químico*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Collazos, C., Muñoz, J., & Hernández, Y. (2014). *Aprendizaje Colaborativo apoyado por Computador*. Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto

- Abiertos. <https://rehip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/7ffb5690-72db-4d55-a5e3-ee5597749fbc/content>
- Easterday, M., Reese Lewis, D., & Geber, E. (2018). The logic of design research. *Learning: Research and Practice*, 4(2), 131-160.
https://www.researchgate.net/publication/313831270_The_logic_of_design_research
- Escobar, J., & Cuervo, A. (2008). Validez del contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances de medición*, 6(1), 27-36.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2981181>
- Esquivel Gámez, I. (2014). *Los Modelos Técnico-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI*.
https://www.uv.mx/personal/iesquivel/files/2015/03/los_modelos_tecno_educativos_revolucionando_el_aprendizaje_del_siglo_xxi-4.pdf
- Feria Marrugo, I. M., & Zúñiga López, K. S. (2016). Objetos virtuales de aprendizaje y el desarrollo de aprendizaje autónoma en el área de inglés. *Revista Praxis*, 12(12), 63-77.
<https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/praxis/article/view/1848>
- Gisbert Cervera, M., Segura, J., Rallo Moya, R., & Bellver, A. (1997). Entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje: El proyecto GET. *Cuadernos de Documentación Multimedia*.
https://www.researchgate.net/publication/28076398_Entornos_virtuales_de_ensenanza_y_aprendizaje
- Granada Cano, G. A. (2014). *Construcción de un objeto virtual de aprendizaje (OVA) para la enseñanza de la inseminación artificial a término fijo (IATF)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Archivo digital.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2722/98668668.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guisasola, J., Ametller, J., & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1).
<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/6621/6996>
- Harris, D. (2006). *Análisis químico cuantitativo. Tercera edición*. Michelson Laboratory. China Lake, California: Editorial Reverté.

- Hernández Rozo, F. M., & David Lobo, M. E. (2021). *Sistematización de una experiencia de aprendizaje: Uso del modelo ADDIE para el diseño de un curso virtual* [Tesis de maestría, Universidad ICESI]. Archivo digital. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/88923/1/T02227.pdf
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación. Quinta Edición*. McGraw Hill Education.
- Hodgins, H. W. (2002). The Future of Learning Objects. *e-Technologies in Engineering Education Learning Outcomes Providing Future Possibilities*. Davos, Switzerland. <https://dc.engconfintl.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=etechnologies>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. (1980). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Research Implications. *NARST symposium*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED188912.pdf>
- Matas, A., & Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38–47. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412018000100038
- McKenney, S., & Reeves, T. (2018). *Conducting Educational Design Research* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315105642>
- Medina, E. C. (2019). *Estrategia de formación virtual basada en el modelo ADDIE para fortalecer competencias pedagógicas y tecnológicas de los docentes del Colegio Wesleyano Norte* [Tesis de maestría, Universidad EAN]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/10882/9487>.
- MinEducación. Una llave maestra Las TIC en el aula - Ministerio de Educación Nacional de Colombia. [Mineduccion.gov.co](https://www.mineduccion.gov.co/1621/article-87408.html). <https://www.mineduccion.gov.co/1621/article-87408.html>
- MinEducación. (2005). *Objetos de Aprendizaje Virtual*. Colombia aprende. <https://www.mineduccion.gov.co/1621/article-82739.html>
- MinEducación. (2006). *Objetos Virtuales de Aprendizaje OVA*. Colombia Aprende en línea.

<https://www.mineduacion.gov.co/portal/secciones/Glosario/82739:OBJETO-S-VIRTUALES-DE-APRENDIZAJE-OVA>

- MinEducación. (2013). *Competencias TIC para el desarrollo profesional docente*. Oficina de Innovación Educativa. Bogotá, Colombia
https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-339097_archivo_pdf_competencias_tic.pdf
- Molano Puentes, F. U., Alarcón Aldana, A. C., & Callejas Cuervo, M. (2018). Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para educación básica y media en Colombia. *Praxis & Saber*, 9(21), 47–73.
<https://doi.org/10.19053/22160159.v9.n21.2018.8923>
- Moreira, M. (2009). *Manual Electrónico. Introducción a la Tecnología Educativa*. Universidad de La Laguna, España.
<https://campusvirtual.ull.es/ocw/file.php/4/ebookte.pdf>
- Orozco Pérez, J. L., Atiénzar Rodríguez, O., & Cuenca Díaz, M. (2013). Estrategia metodológica para la dirección del proceso educativo para el desarrollo de la habilidad intelectual modelación. *Humanidades Médicas*, 13(1), 139-156.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202013000100009&lng=es&tlng=es.
- Osicka, R. M., Fernández, M. L., Valenzuela, A. M., Buchhamer, E. E., & Giménez, M. C. (2013). Química analítica: Aprendizaje a partir de WebQuest. . *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4(1), 131-138.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323627689012>
- Pérez Velázquez, V., Ramírez Leyva, Y., & Rodríguez, S. (2020). El desarrollo de la modelación como habilidad matemática. Una necesidad social. *Atlante: Cuadernos de educación y Desarrollo*.
<https://www.eumed.net/rev/atlante/2020/05/modelacion-habilidad-matematica.pdf>
- Posada Velásquez, L. F. (2012). *Trabajos prácticos de laboratorio: Reflexiones sobre su implementación en el contexto escolar*. Medellín, Colombia.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/22720/1/PosadaLuis_2012_LaboratorioImplementacionEscolar.pdf
- Raviolo, A. (2010). Simulaciones en la enseñanza de la química. *Conferencia VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales de Enseñanza Universitaria de Santa Fe*, Argentina.

http://www.cvrecursosdidacticos.com/web/repository/1369940071_ConferenciaSimulacionesRaviolo.pdf

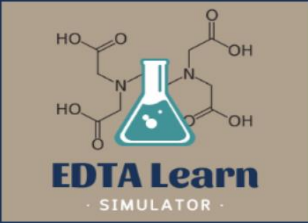
- Red de Instituciones de Formación Profesional. (2013). *Aportes al debate sobre Objetos de Aprendizaje para el desarrollo de competencias laborales*. Montevideo, Uruguay.
https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/OA%20web.pdf
- Reyes González, D., & García Cartagena, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática. *Educación y Educadores*, 17(2), 271–285.
<https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/4034>
- Rojas Tarazona, C. E. (2017). *Fortalecimiento de habilidades del pensamiento científico mediante el uso de TIC con estudiantes de grado sexto del Colegio Toberín*. Chía, Cundinamarca: Biblioteca Octavio Arizmendi Posada. Universidad de la Sabana.
<https://repositorios.educacionbogota.edu.co/entities/publication/d6bc0e0c-a85e-448c-b71e-7a1e32a3a98c>
- Rozas, I. (2011). *Química Matemática: Aplicación de métodos matemáticos en la química*. School of Chemistry, University of Dublin.
- Sanz del Vecchio, A. E. (2019). *Implementación de diseño instruccional ADDIE para el desarrollo de un ambiente virtual de aprendizaje*. Bucaramanga, Santander. Colombia.
<http://hdl.handle.net/20.500.12749/3225>
- Skjong, R., & Wentworth, B. (2001). Expert Judgment and Risk Perception. *International Offshore and Polar Engineering Conference*. Hovik, Norway
https://www.researchgate.net/publication/265032303_Expert_Judgment_and_Risk_Perception
- Skoog, D., West, D., & Crouch, S. (2015). *Fundamentos de química analítica. Novena edición*. México D.F.: Cengage Learning.
https://www.surcosistemas.com.ar/virtual/ebooks/QUIMICA_ANALITICA_Novena_edicion.pdf
- Soler Contreras, M. G. (2015). *Enfoques de enseñanza y enfoques de aprendizaje: posibles relaciones entre sí y con el logro académico de los estudiantes en evaluaciones externas*. Bogotá, Colombia.
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/100>

- Suárez y Alonso, R. C. (2007). *Tecnologías de la información y la comunicación: Introducción a los sistemas de información y de telecomunicación*. España: Ideaspropias Editorial.
https://www.academia.edu/29797876/TECNOLOG%C3%8DAS_DE_LA_INFORMATION_Y_LA_COMUNICACION_Introducci%C3%B3n_a_los_Sistemas_de_Informaci%C3%B3n_y_de_Telecomunicaci%C3%B3n
- Tumbarell Silva, R. (2009). *Diseño teórico del Laboratorio Virtual "Determinación de la Dureza del Agua"*. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Cuba: Trabajo de diploma.
<https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/02ffbe78-9453-4d69-a772-1892f24e2825/content>
- Van den Akker, J., Bannan, B., Kelly, A., Nieveen, N., & Plomp, T. (2007). *An Introduction to Educational Design Research. Proceeding of the seminar conducted at the East China Normal University*. Shanghai, China.
https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/14472302/Introduction_20to_20education_20design_20research.pdf
- Vásquez de Dios, N., Castillo Arias, E., & Cruz Tejada, M. (2019). Herramienta tecnológica para ilustrar el contenido métodos volumétricos. *Revista científico-educacional la provincia Granma*, 15(1), 77-87.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6840439>


ANEXOS

Anexo 1. Instrucciones para la evaluación de EDTA Learn.

Instrucciones para la evaluación de EDTA Learn



- 1 Ingrese al siguiente link desde su navegador preferido: <https://edtalearn.netlify.app>
*Se recomienda visualizar el OVA desde un computador.


- 2 Realice el registro con su correo electrónico dando clic en la parte inferior izquierda de la pantalla y complete con sus datos.

Es importante resaltar que para ingresar al OVA, debe dar un par de clics en el botón de Iniciar Sesión hasta que aparezca el mensaje de Bienvenida
- 3 Una vez que logre ingresar, puede navegar en el menú de EDTA Learn dividido en: Introducción, Ejemplos, Simulador, Ejercicios, Glosario y Referencias.
*Se sugiere poner la vista de la pantalla menor a 100%, con esto evitará que las imágenes, títulos y contenidos se vean recortados.
**Al momento de usar el simulador teniendo todos los datos, se recomienda dar clic varias veces en el botón Guardar datos para obtener la curva de valoración completa.
- 4 Al finalizar el ejercicio de exploración diligencie el instrumento propuesto para llevar a cabo la validación teniendo en cuenta los distintos indicadores. La calificación de cada indicador estará dada por:

 - 0,0 a 4,0 - No cumple
 - 4,1 a 6,0 - Cumple medianamente
 - 6,1 a 8,5 - Cumple pero puede mejorar
 - 8,6 a 10,0 - Cumple satisfactoriamente

Esta validación se hace con el fin de identificar aquel contenido que puede mejorarse para potenciar el uso del OVA en aulas de clase. De esta manera, agradecemos la atención y colaboración prestada.

Elaborado por:
Daniel Mauricio Castellanos González - dmcastellanosg@upn.edu.co
Natalia López Velásquez - nlopezv@upn.edu.co

Nota. Elaboración propia

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**TRABAJO DE GRADO: DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE
SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE FORMACIÓN DE
QUELATOS**

*Daniel Mauricio Castellanos González
Natalia López Velásquez
Diego Alexander Blanco Martínez*

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN POR PARES ACADÉMICOS

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará servirá de contribución al desarrollo del trabajo de grado titulado: **DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE FORMACIÓN DE QUELATOS**,

para optar por el título de Licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Es importante resaltar que los datos allí consignados serán custodiados, de modo tal que al hacer referencia de dicha información se hará empleando nombres ficticios.

Datos del docente:

| | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| Nombres y Apellidos | - |
| Título(s) de pregrado en | - |
| Título(s) de posgrado en | Magíster en Docencia de la Química |
| Programa en el que labora actualmente | Licenciatura en Química |
| Correo de contacto | - |

Experiencia laboral:

| | |
|---|---------|
| Años totales de experiencia profesional | 10 años |
| Años de experiencia docente | - |
| Otro tipo de experiencia docente | - |

Nuestro trabajo de grado tiene como objetivo general evaluar los elementos teóricos y metodológicos que conviene incorporar en el diseño de un OVA fundamentado en la metodología Design – Based Research para la construcción de modelos químicos – matemáticos que describen los equilibrios implicados en las valoraciones potenciométricas para la formación de quelatos, orientado a un grupo de profesores en formación en química. Basados en lo anterior, mediante este instrumento buscamos validar nuestro objeto virtual de aprendizaje (OVA) con la finalidad de potenciar su uso en aulas de clase.

Para la construcción de este instrumento, adaptamos las categorías propuestas por (Alarcón,

Callejas& Molano, 2018) en su trabajo denominado “*Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para educación básica y media en Colombia*” donde se tienen en cuenta indicadores de tipo pedagógico, tecnológico y didáctico. A continuación, se presentan las categorías correspondientes y su relación con el OVA:



Figura 1. Categorías e indicadores para la evaluación de un OVA. Adaptado de (Alarcón, Callejas & Molano, 2018)

Con base en lo anterior, para dar validez al OVA diseñado y construido, se le solicita cordialmente, evaluar de manera general la herramienta con respecto a las categorías enlistadas empleando una escala de 1 a 10, donde 10 corresponde al cumplimiento total de estos y 1 al no cumplimiento, si también lo considera puede hacer uso de decimales. Las calificaciones de estas categorías junto con sus respectivas observaciones nos permitirán generar un reconocimiento de la herramienta para potenciarla.

| Categoría | Indicadores | Calificación | Observaciones |
|---|---|---------------------|----------------------|
| Formulación y resolución de problemas | Los problemas propuestos permiten al individuo ubicarse claramente en el contexto de interacción en el que se encuentra | 9.5 | |
| | Establece una serie de estrategias para resolver los problemas o encontrar soluciones. | 9.5 | |
| | Presenta un estudio de situaciones problema suficientemente complejo y atractivo, en los que los estudiantes mismos inventen, formulen y resuelvan problemas. | 10 | |
| | Proporciona suficiencia teórico práctica para la resolución de situaciones problema. | 9.5 | |
| Modelación de procesos y fenómenos de la realidad | Presenta procedimientos experimentales sobre un conjunto de situaciones o un cierto número de objetos reales o imaginados para facilitar su comprensión. | 9.5 | |

| | | | |
|----------------------------|--|-----|--|
| | Presenta representaciones que simplifican la situación problémica gráficamente o por medio de símbolos para poder formular y resolver los problemas. | 10 | |
| | Permite al estudiante buscar distintos caminos de solución, estimar una solución aproximada a las situaciones problema formuladas. | 9.5 | |
| Comunicación y lingüística | Presenta contenido con significado contextual de las palabras, frases, gráficos y símbolos. | 9.0 | |
| | Representa un contenido temático de diferentes formas favoreciendo los registros semióticos. | 9.0 | |
| | Propicia el reconocimiento de las posibilidades significativas que le ofrece el lenguaje, por medio de sus distintas manifestaciones. | 9.5 | |
| Expresión y estética | Las gráficas, formas y colores guardan un equilibrio estético. | 10 | |
| | Las gráficas, formas y colores permiten la creación de una representación conceptual de la realidad. | 10 | |
| | Las expresiones empleadas en el contenido generan motivación para la búsqueda de soluciones | 9.5 | |
| | Genera experiencias y vivencias que fortalecen el componente creativo, crítico y reflexivo. | 9.5 | |
| Análisis y razonamiento | Permite comprobaciones e interpretaciones a partir de modelos, materiales, dibujos y otros artefactos. | 9.5 | |
| | Propone ejercicios de razonamiento apoyado en el uso de gráficas, dibujos o esquemas. | 10 | |
| | Relaciona las técnicas y las estrategias para representar conceptos y para transformar dichas representaciones; con las habilidades y destrezas para elaborar, comparar y ejercitar algoritmos y para argumentar convincentemente. | 10 | |
| | Compromete a los estudiantes en la construcción y ejecución segura de procedimiento o mecanismos de solución de problemas. | 10 | |
| Manejo de la información | El diseño de la herramienta identifica y selecciona fuentes de información confiables para la presentación de los contenidos. | 10 | |

| | | | |
|--|---|-----|--|
| | La información presentada respeta normas para citar fuentes y respetar derechos de autor. | 8.9 | |
| | Utiliza esquemas de síntesis de información como mapas mentales o conceptuales. | 10 | |
| | La herramienta vincula recursos o documentos en algún repositorio de recursos educativos. | 9.3 | |

| Categoría | Indicadores | Calificación | |
|-------------------------|---|---------------------|--|
| Diseño pedagógico | Los objetivos son coherentes con el nivel educativo y con los estándares de aprendizaje de la disciplina. | 10 | |
| | Las actividades abordan los contenidos temáticos que se persigue aprender. | 10 | |
| | Se proponen diferentes actividades que favorecen el aprendizaje de los contenidos propuestos. | 9.0 | |
| Didáctica y evaluación | Presenta contenidos acordes con los saberes previos del estudiante. | 7 | |
| | Las actividades propuestas presentan ejemplos concretos que favorecen el aprendizaje de los contenidos. | 10 | |
| | Las actividades de evaluación pensadas son coherentes con los procesos de pensamiento propuestos en los objetivos de aprendizaje. | 9.5 | |
| | El recurso cuenta con un glosario para facilitar la comprensión del estudiante | 10 | |
| Tecnología y usabilidad | El diseño y la interfaz de usuario favorecen la motivación y el interés del estudiante frente a los contenidos planteados. | 9.5 | |
| | La navegación por el objeto es fácil, intuitiva y ágil. | 9.5 | |
| | El recurso permite interacción entre el estudiante y la herramienta. | 9.5 | |
| | El usuario tiene acceso a la totalidad de los recursos necesarios para cumplir con los objetivos de aprendizaje. | 10 | |
| | El recurso es de libre acceso. | 9.8 | |

Por último, teniendo en cuenta el rol colaborador, es importante para nosotros conocer comentarios adicionales de su parte que pudieron surgir durante el uso de la herramienta e incluso, el diligenciamiento del presente instrumento.

| | | | |
|-------------------------|--|--------|--|
| Nombre del evaluador: | | Firma: | |
| Comentarios adicionales | | | |

Anexo 3. Validación par académico 2

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**TRABAJO DE GRADO: DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE
SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE FORMACIÓN DE QUELATOS**

*Daniel Mauricio Castellanos González
Natalia López Velásquez
Diego Alexander Blanco Martínez*

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN POR PARES ACADÉMICOS

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará servirá de contribución al desarrollo del trabajo de grado titulado: **DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE FORMACIÓN DE QUELATOS**,

para optar por el título de Licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Es importante resaltar que los datos allí consignados serán custodiados, de modo tal que al hacer referencia de dicha información se hará empleando nombres ficticios.

Datos del docente:

| | |
|---------------------------------------|--|
| Nombres y Apellidos | |
| Título(s) de pregrado en | Licenciatura en Química Bachelor of Science in Chemistry and The Teaching Thereof Bachelor of Arts in Theology |
| Título(s) de posgrado en | Maestría en Docencia de la Química |
| Programa en el que labora actualmente | Licenciatura en Química |
| Correo de contacto | |

Experiencia laboral:

| | |
|---|--|
| Años totales de experiencia profesional | 23 años |
| Años de experiencia docente | 19 años |
| Otro tipo de experiencia docente | Docente de Química en pregrado y maestría Docente de International Leadership Institute and Biblical Institute of Church of God |

Nuestro trabajo de grado tiene como objetivo general evaluar los elementos teóricos y metodológicos que conviene incorporar en el diseño de un OVA fundamentado en la metodología Design – Based Research para la construcción de modelos químicos – matemáticos que describen los equilibrios implicados en las valoraciones potenciométricas para la formación de quelatos, orientado a un grupo de profesores en formación en química. Basados en lo anterior, mediante este instrumento buscamos validar nuestro objeto virtual de aprendizaje (OVA) con la finalidad de potenciar su uso en aulas de clase.

Para la construcción de este instrumento, adaptamos las categorías propuestas por (Alarcón, Callejas & Molano, 2018) en su trabajo denominado “*Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para educación básica y media en Colombia*” donde se tienen en cuenta indicadores de tipo pedagógico, tecnológico y didáctico. A continuación, se presentan las categorías correspondientes y su relación con el OVA:



Figura 1. Categorías e indicadores para la evaluación de un OVA. Adaptado de (Alarcón, Callejas & Molano, 2018)

Con base en lo anterior, para dar validez al OVA diseñado y construido, se le solicita cordialmente, evaluar de manera general la herramienta con respecto a las categorías enlistadas empleando una escala de 1 a 10, donde 10 corresponde al cumplimiento total de estos y 1 al no cumplimiento, si también lo considera puede hacer uso de decimales. Las calificaciones de estas categorías junto con sus respectivas observaciones nos permitirán generar un reconocimiento de la herramienta para potenciarla.

| Categoría | Indicadores | Calificación | Observaciones |
|---------------------------------------|---|---------------------|--|
| Formulación y resolución de problemas | Los problemas propuestos permiten al individuo ubicarse claramente en el contexto de interacción en el que se encuentra | 10 | Los ejercicios propuestos son relacionados con variables analíticas dentro de un sistema de equilibrio de formación de complejos con ligando polidentado. Específicamente se verifican los equilibrios presentes, los balances de masa, los balances para el ligando, el ion metálico, para el quelon y lo quelatos, para culminar con la determinación de los factores FHY, FLM, FMY y la constante condicional de la estabilidad. Los cálculos son requeridos y apropiados para el sistema propuesto por un catión metálico y el EDTA. De igual manera es apropiado para |
| | Establece una serie de estrategias para resolver los problemas o encontrar soluciones. | 10 | |
| | Presenta un estudio de situaciones problema suficientemente complejo y atractivo, en los que los estudiantes mismos inventen, formulen y resuelvan problemas. | 10 | |
| | Proporciona suficiencia teórico práctica para la resolución de situaciones problema. | 10 | |

| | | | |
|---|--|----|---|
| | | | <p>dos cationes. El tratamiento explicado mediante videos es apropiado y relevante, y si se tienen los prerrequisitos adecuados es bastante entendible. No obstante, para que no se pierda la continuidad en cada video, se podría colocar un cuadro fijo, puede ser al lado del video, donde los valores de pH, concentración y constantes queden fijos para que se puedan visualizar durante toda la explicación en los diferentes videos y no estar devolviéndose para ver la redacción del ejercicio, si lo consideran apropiado. El poder tener el archivo de la explicación descargado permite el estudio del tema aparte de la herramienta. Dado que la temática tiene un alto grado de complejidad, es un gran acierto.</p> |
| Modelación de procesos y fenómenos de la realidad | Presenta procedimientos experimentales sobre un conjunto de situaciones o un cierto número de objetos reales o imaginados para facilitar su comprensión. | 10 | <p>El OVA no desarrolla en si habilidades procedimentales, pero si desarrolla el manejo de variables, sistematización de datos y el tratamiento de los mismos, relacionados con una titulación complexométrica para la obtención de datos como pH en la equivalencia, volumen de titulación y los FHY, FLM, FHMY, entre otros.</p> |
| | Presenta representaciones que simplifican la situación problémica gráficamente o por medio de símbolos para poder formular y resolver los problemas. | 10 | |
| | Permite al estudiante buscar distintos caminos de solución, estimar una solución aproximada a las situaciones problema formuladas. | 10 | |
| Comunicación y lingüística | Presenta contenido con significado contextual de las palabras, frases, gráficos y símbolos. | 8 | <p>El texto introductorio, sección quienes somos, aparece cortado, comienza con</p> <p><i>los diversos equilibrios presentes dentro de una reacción y su estrecha relación con las valoraciones</i></p> |
| | Representa un contenido temático de diferentes formas favoreciendo los registros semióticos. | 10 | |

| | | | |
|-------------------------|--|----|--|
| | Propicia el reconocimiento de las posibilidades significativas que le ofrece el lenguaje, por medio de sus distintas manifestaciones. | | <i>potenciométricas. Parece que falta la idea inicial del párrafo.</i> Algunos títulos aparecen cortados El OVA tiene en general buena redacción y presentación. |
| Expresión y estética | Las gráficas, formas y colores guardan un equilibrio estético. | 10 | El OVA presenta un buen diseño gráfico El video final donde se presenta el simulador: <ul style="list-style-type: none"> • Se hace muy pequeño para su observación, toca verlo desde vimeo • No tiene un volumen alto, casi no se puede escuchar Las gráficas son coherentes con una curva de titulación potenciométrica. Lastimosamente en mi caso los dos ensayos que realicé, la gráfica se corta en los puntos de inflexión, por lo que no dibuja la vertical y no presenta el punto de equivalencia. Abajo anexo foto de cómo me aparece a mí la gráfica. No sé si se deba a la versión de excel que se maneja |
| | Las gráficas, formas y colores permiten la creación de una representación conceptual de la realidad. | 5 | |
| | Las expresiones empleadas en el contenido generan motivación para la búsqueda de soluciones | 10 | |
| | Genera experiencias y vivencias que fortalecen el componente creativo, crítico y reflexivo. | 10 | |
| Análisis y razonamiento | Permite comprobaciones e interpretaciones a partir de modelos, materiales, dibujos y otros artefactos. | 10 | La herramienta permite que el estudiante relacione las variables del sistema complexométrico en equilibrio. Propone una serie de ejercicios suficientes para poder analizar el comportamiento con diferentes posibilidades de formación de complejos con iones metálicos y EDTA, lo cual puede ser usado para retar a los estudiantes en un aula de clase |
| | Propone ejercicios de razonamiento apoyado en el uso de gráficas, dibujos o esquemas. | 10 | |
| | Relaciona las técnicas y las estrategias para representar conceptos y para transformar dichas representaciones; con las habilidades y destrezas para elaborar, comparar y ejercitar algoritmos y para argumentar convincentemente. | 10 | |
| | Compromete a los estudiantes en la construcción y ejecución segura de procedimientos o mecanismos de solución de problemas. | 10 | |

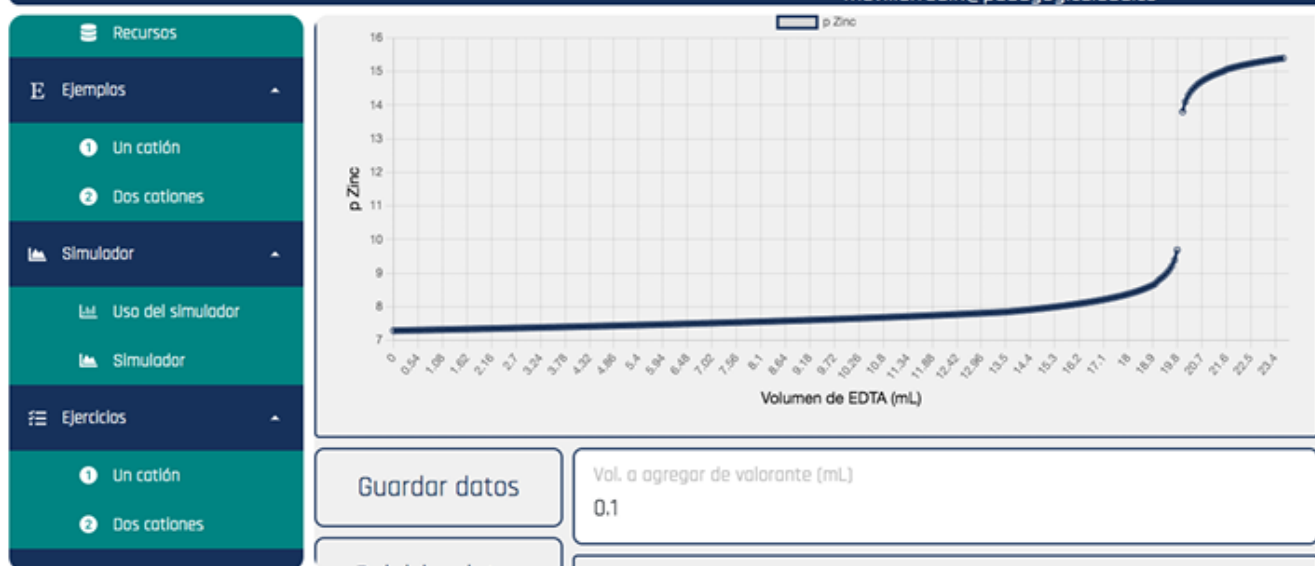
| | | | |
|--------------------------|---|----|---|
| Manejo de la información | El diseño de la herramienta identifica y selecciona fuentes de información confiables para la presentación de los contenidos. | 10 | Las tablas y bases de datos utilizadas son de alta confiabilidad y provienen de fuentes académicas respetables. |
| | La información presentada respeta normas para citar fuentes y respetar derechos de autor. | 10 | |
| | Utiliza esquemas de síntesis de información como mapas mentales o conceptuales. | 10 | |
| | La herramienta vincula recursos o documentos en algún repositorio de recursos educativos. | 10 | |

| Categoría | Indicadores | Calificación | Observaciones |
|-------------------------|---|---------------------|--|
| Diseño pedagógico | Los objetivos son coherentes con el nivel educativo y con los estándares de aprendizaje de la disciplina. | 10 | En cuanto al diseño pedagógico, se observa una concepción de problemas más tradicional, de tipo cerrado, que parecen más ejercicios de lápiz y papel. En el instrumento no aclaran cual es la concepción de problema que se tiene y en la herramienta tratan un ejercicio con el mismo estatus de un problema. |
| | Las actividades abordan los contenidos temáticos que se persigue aprender. | 10 | |
| | Se proponen diferentes actividades que favorecen el aprendizaje de los contenidos propuestos. | 10 | |
| Didáctica y evaluación | Presenta contenidos acordes con los saberes previos del estudiante. | 7 | El mapa conceptual se ve demasiado pequeño, no se si sea posible ponerle un zoom, para que las relaciones conceptuales se aprecien mejor y los usuarios puedan verificar los prerrequisitos que requieren para enfrentarse al OVA |
| | Las actividades propuestas presentan ejemplos concretos que favorecen el aprendizaje de los contenidos. | 10 | |
| | Las actividades de evaluación pensadas son coherentes con los procesos de pensamiento propuestos en los objetivos de aprendizaje. | 10 | |
| | El recurso cuenta con un glosario para facilitar la comprensión del estudiante | 10 | |
| Tecnología y usabilidad | El diseño y la interfaz de usuario favorecen la motivación y el interés del estudiante frente a los contenidos planteados. | 10 | El recurso requiere registro con el correo institucional de la UPN. No se si sirva con cualquier tipo de correo. También la |

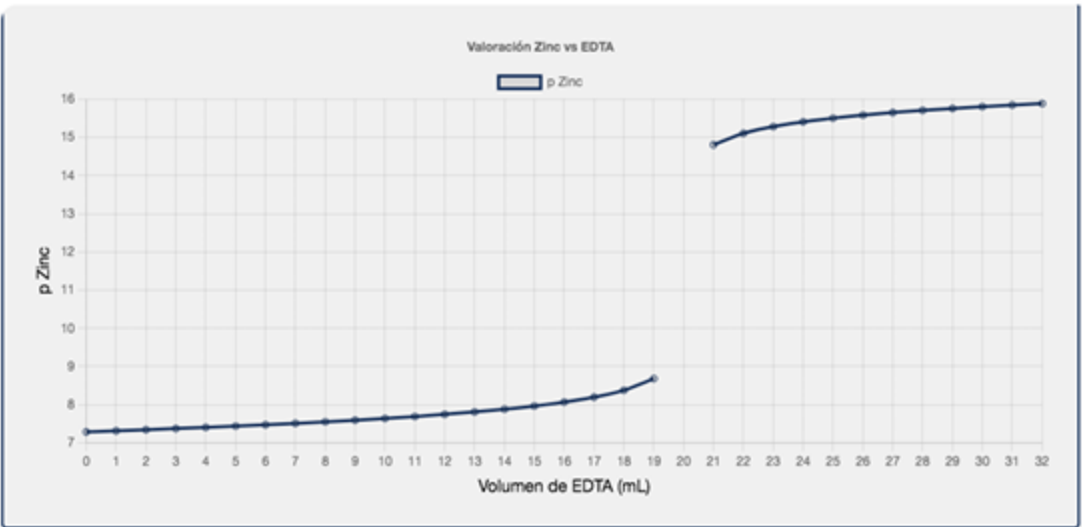
| | | | |
|--|--|----|--|
| | La navegación por el objeto es fácil, intuitiva y ágil. | 10 | accesabilidad presenta un poco de dificultad, ya que hay que hacer click al botón de acceder varias veces. |
| | El recurso permite interacción entre el estudiante y la herramienta. | 10 | |
| | El usuario tiene acceso a la totalidad de los recursos necesarios para cumplir con los objetivos de aprendizaje. | 10 | |
| | El recurso es de libre acceso. | 5 | |

Por último, teniendo en cuenta el rol colaborador, es importante para nosotros conocer comentarios adicionales de su parte que pudieron surgir durante el uso de la herramienta e incluso, el diligenciamiento del presente instrumento.

| | | | |
|-------------------------|---|--------|--|
| Nombre del evaluador: | | Firma: | |
| Comentarios adicionales | <p>Es una excelente herramienta para las titulaciones complejométricas y una serie de casos que pueden ser estudiados de manera rápida y ágil. Sin duda un gran aporte. Considero que se revise el aspecto técnico del video que muestra el simulador, ya que no se oye y la verificación del por qué la gráfica de titulación no se muestra completa. Anexo foto de cómo aparece la gráfica de titulación.</p> <p>Una sugerencia para el instrumento es que este se encuentra basado en problemas. Da la idea que la concepción de problema que se tiene es de ejercicios por cómo se usa en la herramienta. Sería bueno colocar la concepción que se tiene de problema o de ejercicio pues estos tienen connotaciones diferentes. Así como está, da la idea que un ejercicio es lo mismo que un problema.</p> | | |



- 🏠 Introducción
- E Ejemplos
- 🏠 Simulador
- 📄 Uso del simulador
- 🏠 Simulador
- ☰ Ejercicios
- 📖 Glosario
- 📄 Referencias



Guardar datos

Vol. a agregar de valorante (mL)

1

Reiniciar datos

Adicionar

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

TRABAJO DE GRADO: DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE FORMACIÓN DE QUELATOS

Daniel Mauricio Castellanos González
Natalia López Velásquez
Diego Alexander Blanco Martínez

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN POR PARES ACADÉMICOS

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará servirá de contribución al desarrollo del trabajo de grado titulado: **DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE FORMACIÓN DE QUELATOS**,

para optar por el título de Licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Es importante resaltar que los datos allí consignados serán custodiados, de modo tal que al hacer referencia de dicha información se hará empleando nombres ficticios.

Datos del docente:

| | |
|---------------------------------------|--|
| Nombres y Apellidos | |
| Título(s) de pregrado en | Licenciada en Química |
| Título(s) de posgrado en | Maestría en Biología Computacional (actualmente) |
| Programa en el que labora actualmente | Analista I+D en productos para la industria del cuero, textiles y agro |
| Correo de contacto | |

Experiencia laboral:

| | |
|---|---------|
| Años totales de experiencia profesional | 3 años |
| Años de experiencia docente | 15 años |
| Otro tipo de experiencia docente | - |

Nuestro trabajo de grado tiene como objetivo general evaluar los elementos teóricos y metodológicos que conviene incorporar en el diseño de un OVA fundamentado en la metodología Design – Based Research para la construcción de modelos químicos – matemáticos que describen los equilibrios implicados en las valoraciones potenciométricas para la formación de quelatos, orientado a un grupo de profesores en formación en química. Basados en lo anterior, mediante este instrumento buscamos validar nuestro objeto virtual de aprendizaje (OVA) con la finalidad de potenciar su uso en aulas de clase.

Para la construcción de este instrumento, adaptamos las categorías propuestas por (Alarcón, Callejas& Molano, 2018) en su trabajo denominado “*Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para educación básica y media en Colombia*” donde se tienen en cuenta

indicadores de tipo pedagógico, tecnológico y didáctico. A continuación, se presentan las categorías correspondientes y su relación con el OVA:



Figura 1. Categorías e indicadores para la evaluación de un OVA. Adaptado de (Alarcón, Callejas & Molano, 2018)

Con base en lo anterior, para dar validez al OVA diseñado y construido, se le solicita cordialmente, evaluar de manera general la herramienta con respecto a las categorías enlistadas empleando una escala de 1 a 10, donde 10 corresponde al cumplimiento total de estos y 1 al no cumplimiento, si también lo considera puede hacer uso de decimales. Las calificaciones de estas categorías junto con sus respectivas observaciones nos permitirán generar un reconocimiento de la herramienta para potenciarla.

| Categoría | Indicadores | Calificación | Observaciones |
|---|---|---------------------|---|
| Formulación y resolución de problemas | Los problemas propuestos permiten al individuo ubicarse claramente en el contexto de interacción en el que se encuentra | 9 | Debido a la complejidad del tema tratado, considero que aún debe aumentar el abordaje del tema mediante la inclusión de más problemas con diferentes metodologías de resolución y aplicaciones en contextos reales. |
| | Establece una serie de estrategias para resolver los problemas o encontrar soluciones. | 10 | |
| | Presenta un estudio de situaciones problema suficientemente complejo y atractivo, en los que los estudiantes mismos inventen, formulen y resuelvan problemas. | 9 | |
| | Proporciona suficiencia teórico práctica para la resolución de situaciones problema. | 10 | |
| Modelación de procesos y fenómenos de la realidad | Presenta procedimientos experimentales sobre un conjunto de situaciones o un cierto número de objetos reales o imaginados para facilitar su comprensión. | 9 | Se evidencia el esfuerzo por modelar procesos y fenómenos coherentes con la realidad en la creación de los problemas. |

| | | | |
|----------------------------|--|----|---|
| | Presenta representaciones que simplifican la situación problemática gráficamente o por medio de símbolos para poder formular y resolver los problemas. | 10 | |
| | Permite al estudiante buscar distintos caminos de solución, estimar una solución aproximada a las situaciones problema formuladas. | 9 | |
| Comunicación y lingüística | Presenta contenido con significado contextual de las palabras, frases, gráficos y símbolos. | 9 | En el OVA el lenguaje empleado es claro, pero considero que atendiendo a los cambios en la difusión de la información entre comunidades académicas, debe darse espacio a la flexibilidad y uso de más elementos lingüísticos que den lugar a un mayor abordaje y comprensión de los temas tratados, esto teniendo como referente el público al cual va dirigido el instrumento. |
| | Representa un contenido temático de diferentes formas favoreciendo los registros semióticos. | 9 | |
| | Propicia el reconocimiento de las posibilidades significativas que le ofrece el lenguaje, por medio de sus distintas manifestaciones. | 9 | |
| Expresión y estética | Las gráficas, formas y colores guardan un equilibrio estético. | 9 | La expresión estética del OVA es adecuada, pero personalmente para este tipo de instrumentos prefiero el uso de más elementos gráficos y la combinación de una gama más amplia de colores. |
| | Las gráficas, formas y colores permiten la creación de una representación conceptual de la realidad. | 9 | |
| | Las expresiones empleadas en el contenido generan motivación para la búsqueda de soluciones | 8 | |
| | Genera experiencias y vivencias que fortalecen el componente creativo, crítico y reflexivo. | 8 | |
| Análisis y razonamiento | Permite comprobaciones e interpretaciones a partir de modelos, materiales, dibujos y otros artefactos. | 10 | Un aspecto que resalta del OVA es la posibilidad de retroalimentar, ya que, en la mayoría de estos instrumentos, se dejan los ejercicios, pero no es posible corroborar la solución de los mismos. |
| | Propone ejercicios de razonamiento apoyado en el uso de gráficas, dibujos o esquemas. | 9 | |
| | Relaciona las técnicas y las estrategias para representar conceptos y para transformar dichas representaciones; con las habilidades y destrezas para elaborar, comparar y ejercitar algoritmos y para argumentar | 9 | |

| | | | |
|--------------------------|---|----|---|
| | convincentemente. | | |
| | Compromete a los estudiantes en la construcción y ejecución segura de procedimiento o mecanismos de solución de problemas. | 8 | |
| Manejo de la información | El diseño de la herramienta identifica y selecciona fuentes de información confiables para la presentación de los contenidos. | 10 | El mapa conceptual presentado es muy extenso para dar lugar a la comprensión, en principio también los desarrollaba así, con el tiempo y la experiencia me di cuenta de que, de ser necesario, es más pertinente realizar varios mapas con máximo 4 niveles de estructuración, atendiendo al público y su nivel de abstracción. |
| | La información presentada respeta normas para citar fuentes y respetar derechos de autor. | 10 | |
| | Utiliza esquemas de síntesis de información como mapas mentales o conceptuales. | 9 | |
| | La herramienta vincula recursos o documentos en algún repositorio de recursos educativos. | 9 | |

| Categoría | Indicadores | Calificación | Observaciones |
|------------------------|---|---------------------|---|
| Diseño pedagógico | Los objetivos son coherentes con el nivel educativo y con los estándares de aprendizaje de la disciplina. | 9 | Los objetivos planteados son coherentes con la propuesta, pero hay que seguir trabajando en el manejo de lenguaje y recursos visuales para cumplir con las metas de aprendizaje |
| | Las actividades abordan los contenidos temáticos que se persigue aprender. | 9 | |
| | Se proponen diferentes actividades que favorecen el aprendizaje de los contenidos propuestos. | 9 | |
| Didáctica y evaluación | Presenta contenidos acordes con los saberes previos del estudiante. | 10 | Las actividades de evaluación son coherentes a las actividades empleadas para abordar el tema, personalmente pude emplear el OVA para comprender un equilibrio que estaba proponiendo en mi contexto laboral, empleé el instrumento como medio de abordaje del tema en un comité técnico. |
| | Las actividades propuestas presentan ejemplos concretos que favorecen el aprendizaje de los contenidos. | 9 | |
| | Las actividades de evaluación pensadas son coherentes con los procesos de pensamiento propuestos en los objetivos de aprendizaje. | 10 | |
| | El recurso cuenta con un glosario para facilitar la comprensión del estudiante | 9 | |

| | | | |
|-------------------------|--|----|---|
| Tecnología y usabilidad | El diseño y la interfaz de usuario favorecen la motivación y el interés del estudiante frente a los contenidos planteados. | 9 | La relación entre el usuario y la interfaz son positivos, pero como lo mencioné anteriormente prefiero el uso de más elementos visuales en un instrumento como este, pero esa es una apreciación subjetiva desde mi interacción con otros OVA. Con la instrucción de los estudiantes es fácil navegar, ya que de entrada no es tan intuitiva. |
| | La navegación por el objeto es fácil, intuitiva y ágil. | 9 | |
| | El recurso permite interacción entre el estudiante y la herramienta. | 9 | |
| | El usuario tiene acceso a la totalidad de los recursos necesarios para cumplir con los objetivos de aprendizaje. | 10 | |
| | El recurso es de libre acceso. | 10 | |

Por último, teniendo en cuenta el rol colaborador, es importante para nosotros conocer comentarios adicionales de su parte que pudieron surgir durante el uso de la herramienta e incluso, el diligenciamiento del presente instrumento.

| | | | |
|-------------------------|--|--------|--|
| Nombre del evaluador: | | Firma: | |
| Comentarios adicionales | Felicito a los estudiantes por el instrumento que diseñaron buscando contribuir a la comprensión de un tema que es primordial dentro de la construcción del saber químico, cuya comprensión no es fácil, pero es primordial en la academia y en investigación. | | |

Anexo 5. Consentimiento informado

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN

Apreciados estudiantes, en aras de aprovechar el espacio académico Métodos de Análisis Químico I y el núcleo problémico denominado *Análisis volumétrico de precipitación y de formación de complejos*, con toda atención nos permitimos invitarlos a participar en la investigación que se adelanta en el trabajo de grado titulado “DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE SOPORTADO EN LAS VALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS DE FORMACIÓN DE COMPLEJOS QUELOMÉTRICOS” realizado por Daniel Mauricio Castellanos González y Natalia López Velásquez bajo la responsabilidad de la dirección del profesor Diego Alexander Blanco Martínez.

ACLARACIONES

- Su decisión de participar en el desarrollo de esta Intervención Educativa es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el desarrollo de esta Intervención Educativa puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando los responsables de la intervención educativa no se lo soliciten, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el trabajo a desarrollar.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del desarrollo de la Intervención Educativa usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo a los responsables de la investigación.
- Los datos personales del participante y la institución serán manejados con absoluta confidencialidad.

En el contexto anterior, indique si desea o no participar en esta investigación. SI _____, NO _____.

Si su respuesta es afirmativa, le solicitamos diligenciar el siguiente instrumento. Es pertinente recordar que, la información recolectada en este instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por tal motivo esta no tendrá incidencia en la evaluación de algún espacio académico que usted curse. En caso de ser menor de edad, favor notificar a sus padres o acudientes de la participación en esta investigación.

Yo, _____, identificado con _____, No. _____ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el desarrollo de la Intervención Educativa pueden ser publicados o difundidos con fines académicos una vez que sea finalizada la Propuesta, de Intervención Educativa.

Nombre de Padre o acudiente en caso de ser menor de edad: _____

Anexo 6. Problemas formulados en el OVA EDTA Learn

PROBLEMA 1

Se toma una alícuota de 50mL de una solución que contiene Cu^{2+} a concentración 0,0100M, la cual es tratada con un buffer de NH_3 y NH_4Cl (cuya concentración corregida resulta en 0,100M) para mantener el pH en 11,00. Finalmente se valora con una solución estandarizada de EDTA 0,0100M. Calcule:

- a. El volumen del buffer agregado cuando la concentración inicial es de 1,05M
- b. Los pCu^{2+} en los siguientes puntos de valoración:
 - i. 0mL
 - ii. 1mL
 - iii. 45mL
 - iv. 50mL
 - v. 55mL

Al obtener todos los datos necesarios simule la curva de valoración

PROBLEMA 2

Se proyecta determinar 25mL de una solución de ion Zinc (II) de concentración 0,0840M, con una solución de Titriplex III 0,100M frente a un indicador metalocrómico, H_2Ind , previa adición de 4mL de solución amortiguadora de pH 10, que contiene NH_3 1,0M. Indique la concentración y el potencial de ion libre en el punto de equivalencia. Nota: Corrobore sus datos con ayuda del simulador.

PROBLEMA 3

Se disuelven 302mg de MnSO_4 en 100mL de agua desionizada. Posteriormente, se toma una alícuota de 25mL la cual se tampona a un pH de 8,00 y se valora con EDTA a 0,0100M. Determine la concentración del Mn^{2+} y pMn cuando se agreguen los siguientes volúmenes de EDTA y dibuje la curva de valoración.

1. 10mL
2. 30mL
3. 49mL
4. 50mL
5. 50,5mL
6. 60mL

PROBLEMA 4

Determine la concentración inicial de una solución de Pb^{2+} cuando 30mL de esta se tratan con 10mL de agua desmineralizada, 5 gotas de indicador metalocrómico al 2% y 5mL de solución amortiguadora de NH_3 y NH_4Cl a 1,5M para ajustar el pH en 10. Se sabe que el volumen de EDTA 0,250M gastado es de 19mL y que el pPb^{2+} obtenido después del punto de equivalencia es de 16,35. Una vez se obtenga la concentración inicial del ion metálico, simule la curva de valoración.

PROBLEMA 5

En un plan de senderismo, un grupo de estudiantes deciden tomar una muestra de suelo donde se encuentran altos niveles de níquel. Dicha muestra de suelo se lleva a un laboratorio donde se pesan 673mg y se disuelven en 250mL de agua, posteriormente se recoge un filtrado de 25mL. Esta solución es tratada con 2mL de buffer ácido acético y acetato de sodio 2M para ajustar el pH en 5,00, adicionalmente se agregan 25mL de agua desionizada, y se valora con EDTA al 0,05M. Determine la

concentración del ion metálico libre en el punto de equivalencia y su pNi^{2+} . Presente la curva de valoración a diferentes volúmenes gastados del valorante.

PROBLEMA 6

El sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ es usado como mordiente para fijar los colores en los productos textiles. De esta manera, se tiene una solución de $Al_2(SO_4)_3$ al 0,0769M donde se toma una alícuota de 10mL y se transfiere a un Erlenmeyer, se añaden 20 mL de agua, 10 mL de disolución buffer ácido acético-acetato de amonio ($pH = 4,62$) 3M. Se valora con EDTA 0,5M. Es importante identificar el indicador más viable para esta valoración y con él efectuar los cálculos correspondientes para determinar el pAl^{3+} en los siguientes puntos:

1. 1mL
2. Volumen de equivalencia
3. 2,0mL