

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA

Facultad de Ciencias y Tecnología

Escuela de Química



**“Elaboración de un taller para la enseñanza de simulación de procesos
en Ingeniería Química mediante DWSIM”**

Trabajo de grado presentado por:

Francarlos Ortega

José Jesús Romero Duarte

Para optar por el título de:

Ingeniero Químico

Santo Domingo, Distrito Nacional.

2022

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Francarlos Ortega

En primer lugar, a Dios por brindarme las fuerzas necesarias para alcanzar este logro. En segundo lugar a mi Madre María Margarita Ortega Polanco, por forjar en mi los valores y aptitudes que hoy en día me forman como profesional. “Usted ha sido el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quien estuvo siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio”. De igual forma a mi hermano Juan Carlos Ortega por ser ese soporte imprescindible de esta estructura, Gracias por siempre estar presente.

Asimismo, quiero agradecer a mi tío y ejemplo a seguir, Francisco Antonio Ortega Polanco, por siempre brindar su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi formación académica. A mi colega José Romero, por recorrer conmigo todo este trayecto repleto de sufrimientos y emociones, finalmente nos toca cerrar un capítulo maravilloso en nuestras vidas.

A mis amigos, Jeriel Hidalgo, Jefry Cordero, Elías Olivares, Miguel Gondres, Jose Miguel de Jesus y Luis Miguel Ureña, por su apoyo dentro y fuera de la cancha, gracias por formar parte de mi vida. A mi compañera de vida Madelin Báez, por mostrarme que la distancia no es un impedimento para estar presente en los momentos importantes de mi vida.

A mis mentores laborales, Luciana Pared y Elena Ynoa, por crear la base de conocimiento y experiencias que sostienen este proyecto en desarrollo, muchas gracias por el cariño brindado y el tiempo invertido.

Muchas gracias a todo el personal docente de la UNPHU por todo el conocimiento brindado a lo largo de estos 5 años de carrera, en especial a nuestro asesor Ing. Ramon Alonso, por todas las herramientas brindadas para poder alcanzar nuestros objetivos. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

AGRADECIMIENTOS

José Jesús Romero Duarte

A Dios por la vida, le agradezco hacerme un hombre de fe, fuerte y resiliente.

A Belkis Duarte y a José Romero, a ustedes me debo y por ustedes vivo, ustedes son el motor de todo lo que me inspira a ser un ser humano mejor y son lo que más amo de mi vida entera. Este entregable es para ustedes y este logro es nuestro.

A María Alejandra Romero Duarte por su incansable paciencia y amor genuino y puro.

A Valentina Minnett Romero Duarte por su amor tan oportuno, bonito e incondicional.

A Daniela Reyes, por amarme, apoyarme y respetarme de una forma tan sincera y pura.

A Marino del Carpio, Andrés Núñez, Diego Iglesias y Elías Salloum, por cada momento compartido, cada risa brindada y cada consejo sincero, gracias por tanto.

A Ángel del Carpio y Mercy Castillo por hacerme sentir parte de su familia, volviéndose así parte de la mía.

A mi amigo y colega Francarlos Ortega por su apoyo honesto y constante. Gracias por atreverte a vivir esta experiencia conmigo.

A nuestro profesor, mentor y asesor Ing. Ramón Alonso, por su entusiasmo y acompañamiento a lo largo de este trayecto académico. Gracias por confiar en nosotros.

Al país del eterno verano, por rodearme de gente alegre y dispuesta a hacerme sentir como en casa a pesar de la distancia.

Ser estudiante y migrante al mismo tiempo ha sido un reto personal que no hubiera sido posible sin el apoyo que he recibido en cada etapa de este proceso. Le agradezco a Dios por endulzar mi experiencia con gente increíble de la que cada día aprendo más y más. Mi agradecimiento a todos por los que hoy soy lo que soy no se mide con palabras. Gracias por tanto amor.

AMDG.

ÍNDICE

ÍNDICE

Agradecimientos.....	iii
Índice.....	vi
Introducción.....	11
Alcance.....	14
Planteamiento del problema.....	16
Justificación.....	19
Objetivos.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos.....	22
PRIMERA PARTE.....	24
Marco teórico	
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES.....	24
I.1 Antecedentes Académicos.....	24
I.1.1 Programas informáticos aplicados.....	24
I.1.2 Estudios Sociales.....	25
I.2 Antecedentes de la simulación de procesos.....	26
I.2.1 Historia de la simulación de procesos.....	26
I.2.1.1 Inicios de la ingeniería química	26
I.2.1.2 Inicios de la ingeniería de Procesos.....	26
I.2.1.3 Inicios de la simulación de procesos.....	27
I.2.1.4 Simulación de procesos en la actualidad.....	27
I.3 Simuladores de Procesos.....	28
I.4 Metodología de enseñanza.....	29
I.4.1 Entorno Personal de Aprendizaje (PLE)	29
CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL.....	31
II.1 Educación.....	31
II.2 Teorías de aprendizaje.....	32
II.2.1 Teoría conductista.....	32
II.2.2 Teoría cognitivista.....	32
II.2.3 Teoría construccionista.....	33
II.2.4 Teoría conexionista.....	33

II.2.5 Entorno Personal De Aprendizaje.....	34
II.3 Metodologías de enseñanza.....	34
II.3.1 Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)	35
II.3.2 Flipped Classroom (Aula Invertida)	36
II.3.3 Aprendizaje Cooperativo.....	36
II.3.4 GAMIFICACION.....	36
II.3.5 Design Thinking (Pensamiento de Diseño)	37
II.3.6 Aprendizaje Basado en el Pensamiento (Thinking Based Learning)	37
II.3.7 Pedagogía.....	37
II.4 Simulación de procesos.....	38
II.4.1 Tipos de simulaciones.....	39
II.4.1.1 Simulación Discreta.....	39
II.4.1.2 Simulación Continua.....	39
II.4.1.3 Simulación Combinada Discreta-Continua.....	39
II.4.1.4 Simulación Determinística y/o Estocástica.....	40
II.4.1.5 Simulación estática y dinámica.....	40
II.4.1.6 Simulación con Orientación hacia los eventos.....	40
II.4.1.7 Simulación con Orientación hacia procesos.....	40
II.5 Principales simuladores de procesos.....	41
II.5.1 Aspen HYSYS.....	41
II.5.2 Advanced System for Process Engineering	41
II.5.3 Chemcad.....	42
II.5.4 ProModel.....	43
II.5.5 DWSIM.....	43
II.6 Etapas para el desarrollo de la simulación de un proceso químico	44
II.6.1 Identificar y formular el problema.....	45
II.6.2 Definición del sistema.....	45
II.6.3 Formulación del modelo.....	45
II.6.4 Localizar los datos necesarios.....	45
II.6.5 Seleccionar el paquete de modelamiento.....	46
II.6.6 Adquirir los recursos computacionales.....	46

II.6.7 Experimentación.....	46
II.6.8 Interpretación.....	47
II.6.9 Implementación.....	47
II.6.10 Documentación.....	47
II.7 Aplicaciones de la Simulación de Procesos en Ingeniería Química.....	48
II.8 Cursos sobre simulación de procesos.....	49
II.8.1 Curso de Simulación de Procesos (E Lernova)	50
II.8.2 Tecnologías BPM, Simulación y Automatización de Procesos (Centro e-Learning UTN BA)	50
II.8.3 Simulación de Procesos Químicos mediante Aspen ® HYSYS ® (Engi-Learn Internacional)	51
SEGUNDA PARTE: MARCO METODOLOGICO.....	53
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO	
III.1 Diseño del Taller.....	56
III.1.1 Programa de módulos del taller.....	56
III.1.1.1 Módulo 1: Introducción del curso y Base Teórica del taller.....	56
III.1.1.2 Módulo 2: Navegando en el simulador.....	56
III.1.1.3 Módulo 3: Intercambiadores de Calor.....	57
III.1.1.4 Módulo 4: Modificadores de Presión.....	57
III.1.1.5 Módulo 5: Mezcladores.....	57
III.1.1.6 Módulo 6: Reactores.....	57
III.2 Incorporación de la simulación de procesos como método de enseñanza y aprendizaje en la carrera de Ingeniería Química.....	57
III.3 Simulador a utilizar en el taller.....	59
III.3.1 DWSIM.....	59
III.3.1.1 Ejecutivo del Simulador.....	61
III.3.1.2 Módulo de Serialización.....	61
III.3.1.3 La interfaz gráfica de usuario.....	61
III.3.1.4 Arquitectura del Ejecutivo del Simulador.....	62
TERCERA PARTE: PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	63
CAPITULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS	63

IV.1 Preimplementacion del taller.....	64
IV.2 Implementación del taller.....	71
IV.2.1 Módulo 1: Introducción del curso.....	72
IV.2.2 Módulo 2: Navegando en el simulador.....	73
IV.2.3 Módulo 3: Intercambiadores de Calor.....	75
IV.2.4 Módulo 4: Modificadores de Presión.....	76
IV.2.5 Módulo 5: Mezcladores.....	78
IV.2.6 Módulo 6: Reactores.....	79
IV.3 Post-implementacion del taller.....	81
CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS.....	92
V.1 Preimplementacion del taller.....	92
V.2 Implementación del taller.....	94
V.3 Post-implementacion del taller.....	97
CUARTA PARTE: CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.....	100
CAPITULO VI: CONCLUSION.....	101
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES.....	104
QUINTA PARTE: REFERENCIAS Y ANEXOS.....	105
CAPITULO VIII: REFERENCIAS.....	106

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Martínez y Alonzo (2000) definen la simulación de procesos como una técnica para evaluar en forma rápida una representación de los mismos mediante modelos matemáticos, para presentarse como alternativa a los antiguos procesos matemáticos que aún se aplican en algunas industrias. La optimización de estos se lleva a cabo por medio de programas de computadora que permiten tener un mejor conocimiento del comportamiento de los procesos industriales.

En la República Dominicana son pocos los profesionales que tienen la oportunidad de emplearse en posiciones referentes a la simulación de procesos, esto se debe a que los ingenieros químicos egresados de las universidades dominicanas no ven en sus pensum contenidos relacionados a la vinculación de softwares especializados en la ingeniería de procesos, por lo tanto los mismos desconocen en muchos casos de áreas laborales relacionadas, y por ende se limitan las oportunidades laborales. La simulación de procesos le ofrece al ingeniero la capacidad de poder crear todo el escenario de un sistema de una planta química de manera virtual y obtener resultados muy cercanos a la realidad a partir de estas creaciones. De esta forma se pueden sugerir correcciones a las plantas simuladas y estimar los impactos que tendrían las correcciones hechas a los distintos procesos en el sistema.

Al ver los programas de estudio de diferentes universidades a nivel internacional, se observa que la simulación de procesos forma una parte fundamental del aprendizaje y ejercicio integral de la ingeniería química. Los egresados de ingeniería química con conocimientos sobre la simulación de procesos de acuerdo a la Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos cuentan con más de 26,300 plazas de trabajo para 2020, encontrándose entre las 5 ingenierías mejor pagadas en todo el país. En este sentido, la ingeniería química se encuentra entre las 10 carreras mejor pagadas de la República Dominicana, además de ser una de las carreras con un mayor crecimiento estimado en su campo laboral con un aumento del 10.6% en 2021 de acuerdo a estadísticas del Banco Central de la República Dominicana.

La estructura del trabajo está dividida en cinco partes: la primera, abarca la descripción del problema, la justificación del proyecto, el alcance, objetivos, marco

teórico y marco conceptual; la segunda parte cubre el marco metodológico a implementar en el proyecto; la tercera, en la cual se establecen los resultados, La cuarta parte que incluye las conclusiones y recomendaciones. Por último, la quinta presenta las referencias y anexos de la investigación.

ALCANCE

ALCANCE

Este proyecto consiste en la elaboración de un taller de Simulación de Procesos Químicos basado en asignaturas del ciclo profesional de ingeniería química en la República Dominicana, este trabajo tiene por misión enseñar los componentes básicos de la simulación de procesos químicos mediante el programa de licencia gratuita DWSIM, permitiendo así que el perfil del egresado de ingeniería química sea más integral.

El proyecto es realizado en un periodo de un año, concluyendo en agosto de 2022. En este año se desarrollan estudios teóricos y aplicaciones prácticas en el simulador para cumplir los objetivos previamente planteados. El proyecto toma lugar en Santo Domingo, República Dominicana.

La herramienta a utilizar para las simulaciones correspondientes al componente práctico del taller es DWSIM, un programa de licencia gratuita disponible para todo el estudiantado. Dada la licencia abierta del programa a utilizar, el presupuesto para la puesta en marcha del proyecto es bajo, sin embargo, en caso de requerir un mayor apoyo económico se cuenta con el fondo de investigaciones de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

El entregable final está formado de varios componentes, empezando por un manual con todos los datos teóricos que conforman el taller, a parte de un audiovisual explicativo de cada uno de los módulos que conforman el manual. Los temas a tocar en el desarrollo del taller van desde una introducción a la simulación de procesos en DWSIM, pasando por contenidos como modificadores de presión, el uso de intercambiadores de calor, reactores químicos y mezcladores en dicho programa.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las universidades se han añadido distintas asignaturas al pensum de diversas carreras en búsqueda de la mejora continua del perfil profesional de sus egresados. Entre los enfoques adoptados por la facultad de Ciencias y Tecnología de la UNPHU en la carrera de ingeniería química se encuentra la adaptación de asignaturas referentes a química analítica dándoles un enfoque más orientado al área de ingeniería, esto con miras a seguir pluralizando el campo de ejercicio de la ingeniería química a nivel nacional e internacional.

En este sentido, con el avance de la tecnología los cálculos en la ingeniería química han cambiado con el tiempo, sustituyendo los modelos de cálculo convencionales por una amalgama de programas informáticos y conocimientos intermedio-avanzados de ingeniería. Estos avances han afectado a una gran variedad de campos de aplicación de la ingeniería química, entre los cuales se aplican la ingeniería de procesos y la ingeniería de reacciones químicas, principalmente.

Al consultar con egresados de ingeniería química de diferentes instituciones académicas locales, se ha podido detectar una relación directa entre el desarrollo de competencias en simulación de procesos químicos y las oportunidades laborales en el área. Inclusive, en ocasiones las empresas facilitan capacitaciones sobre simulación de procesos a algunos talentos, lo que indica que hay casos en los que estas competencias son poco explotadas durante las carreras universitarias de dichos estudiantes.

En la República Dominicana las empresas dedicadas a proyectos de ingeniería, capacitan en el área de procesos de forma externa a sus profesionales, importan talentos capacitados, o en la gran mayoría de los casos contratan empresas consultoras internacionales para poder llevar a cabo los proyectos propuestos. Esto afecta a los profesionales de las universidades locales gracias a la limitación de oferta laboral, sin tomar en cuenta las oportunidades que tienen estudiantes internacionales frente a los egresados locales a la hora de emprender estudios de cuarto nivel en áreas derivadas de la ingeniería de procesos, muchos de ellos en instituciones académicas extranjeras.

El presente trabajo de grado busca planificar, diseñar y ejecutar un taller de Simulación de Procesos Químicos basado en DWSIM. Al estructurar este taller, se busca dotar de nuevas herramientas a los estudiantes de ingeniería y egresados, permitiéndoles así ejercer más efectivamente su carrera y abrirse a un mundo ofertas laborales.

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de competencias es un factor fundamental para la efectividad del proceso educativo, siendo este uno de los responsables de que cada futuro profesional desarrolle las habilidades correspondientes al perfil de egreso de su carrera. En este sentido, la adaptación de la ingeniería química a las nuevas demandas productivas mundiales ha hecho necesario añadir nuevas competencias al perfil del egresado, tales como el manejo de múltiples programas informáticos que día a día tienen mayor presencia en el mundo de la ingeniería.

La automatización y control de procesos basados en simulación es cada vez más común en la industria gracias a su capacidad de aumentar la eficiencia de la producción. En este sentido, la simulación de procesos surge como un método eficiente para reducir costos de pruebas y optimizar la producción industrial dada su capacidad de contemplar posibles errores en cálculos de ingeniería y presentar datos con altos niveles de exactitud. La simulación de procesos también permite al ingeniero un ambiente seguro para realizar repeticiones de pruebas de un proceso antes de llevarlo a la realidad.

Otro de los principales sustentos de la presente investigación es una encuesta de elaboración propia como parte de la fase exploratoria realizada a 45 personas entre estudiantes y egresados de ingeniería química sobre el conocimiento y uso de la simulación de procesos. Entre los encuestados el 66% estudió en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU), mientras que el 33% estudio en la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD); todos con experiencia en diversas industrias como la farmacéutica, alimentos, petrolera, metalúrgica, materiales, energética, textil y el sector de educación.

El 84.4% de las personas que participaron en la encuesta tenían conocimiento sobre la simulación de procesos, y entre los simuladores de procesos que se encuentran en el mercado los más conocidos por los encuestados son DWSIM y Aspen HYSYS con un 33%. Aunque en su mayoría conoce de simulación de procesos, más del 50% manifestó que no tiene un buen manejo de los simuladores y que no se sentían seguros al postularse para una posición laboral en la cual se requiera la simulación de procesos. Más

del 70% de los encuestados entiende que la simulación de procesos es importante en la vida laboral del ingeniero químico y están dispuestos a capacitarse en el área.

A través de los resultados presentados, es posible entender que el conocimiento sobre simulación de procesos en el país es limitado, y que, aunque los estudiantes y egresados tengan interés en obtener conocimiento sobre el área, la falta de instituciones que impartan el conocimiento de manera local dificulta la tarea. En respuesta a estas realidades, nuestro proyecto surge como una alternativa rentable para brindar una base firme para el desarrollo académico de los ingenieros químicos en simulación de procesos.

Así, dada la escasez de mecanismos de enseñanza de ingeniería de procesos en la República Dominicana, este proyecto surge como una alternativa accesible y de calidad para todos aquellos estudiantes que quieran iniciarse en el mundo de la simulación de procesos. Espacios como los desarrollados en el presente proyecto permiten la capacitación integral de una población de cientos de ingenieros, optimizando su perfil profesional y de esta forma aumentando sus oportunidades de trabajo tanto a nivel local como a nivel internacional.

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Objetivo General:

Elaborar un taller de Simulación de Procesos Químicos en DWSIM basado en asignaturas del ciclo profesional de ingeniería química.

Objetivos específicos:

1. Determinar los componentes técnicos y didácticos necesarios para el diseño de un taller de simulación de procesos.
2. Elaborar un manual descriptivo de Simulación de Procesos Químicos que sirva como referencia para el taller a desarrollar.
3. Realizar una prueba virtual del taller con estudiantes de la carrera Ingeniería Química de la UNPHU.
4. Incentivar la adopción de la simulación de procesos químicos a la enseñanza – aprendizaje de la carrera Ingeniería Química.

PRIMERA PARTE
MARCO TEORICO

CAPITULO I ANTECEDENTES

I.1 Antecedentes académicos.

Los estudios sobre simulación de procesos en países hispanoamericanos se encuentran dando sus primeros pasos, sobre todo si se compara con el resto de los temas relacionados con la ingeniería química como áreas analíticas o científicas. Al investigar, es posible ver la gran diferencia de proporción entre los documentos sobre el área emitidos en países de habla hispana y países de habla inglesa. Sin embargo, en la actualidad la ingeniería de procesos es un área cada vez más explotada en la comunidad científica, viéndose con más frecuencia cómo instituciones académicas evalúan las consecuencias del uso de determinados paquetes de propiedades en determinados procesos productivos, principalmente.

Para fines del correcto estudio de la enseñanza de la simulación asistida por computador, es necesario desglosar los dos pilares fundamentales de esta investigación (la educación y las ciencias computacionales) dándoles un enfoque fuertemente orientado a su aplicación en la ingeniería química. Por ende, los antecedentes académicos presentados a continuación se dividen en dos grandes grupos: los antecedentes referentes a estudios sociales y los referentes a aplicaciones de herramientas computacionales como DWSIM a procesos industriales en los que cálculos de ingeniería de procesos es requerida.

A continuación se presentan documentos de fuentes indexadas extraídos de páginas de investigación como entre las cuales destacan Scopus y Research Gate, entre otras.

I.1.1 Programas informáticos aplicados

En el 2005 un trabajo de grado nombrado “Desarrollo de módulo de simulación de procesos en Ingeniería Química” realizado en la Universidad de El Salvador (Salgado García, 2015), en este documento se presenta un ejemplo palpable del desarrollo de un taller o curso sobre la simulación de procesos, se detallan varios módulos sobre temas de Ingeniería Química que sirven de base para el manejo de la simulación de procesos.

En enero 2022 la Universiti Teknologi Mara, en Malasia, publicó un artículo llamado “Implementación del simulador DWSIM y su efectividad como software de simulación alternativo para estudiantes de ingeniería química”. Este trabajo de grado presentado por Muhammad Azri Khashim (Khashim, 2022), muestra a DWSIM como un software rentable y eficiente para implementar a nivel académico, sustituyendo aplicaciones como ASPEN HYSYS Y ASPEN PLUS debido al coste de las licencias.

Por otro lado, en 2022 la Universidad de Magallanes, Chile, publicó un trabajo de grado que lleva el nombre “Enseñanza remota de emergencia en simulación de procesos con DWSIM”. Esta tesis presentada por Navarro Pérez, D. J., Moreno Díaz, J. C., & Simeone Barrientos (Navarro Pérez, 2022), demuestra como la simulación de procesos en DWSIM se convierte en una alternativa de enseñanza para salvar el aprendizaje remoto que se presentó gracias a la pandemia mundial de Covid-19.

I.1.2 Estudios Sociales

En una conferencia sobre estrategias educativas en ingeniería, Dwivedi A.; Sawant G.; Vyas A y Karn A. (2022) hablan sobre las ventajas del uso de programas informáticos para la enseñanza de asignaturas referentes a transferencia de calor a estudiantes de ingeniería mecánica, aeroespacial, química, ambiental, petrolera y biomédica. En el mismo, ellos presentan el uso de herramientas de análisis de datos como las tablas de VBA en Excel como instrumentos permanentes en la enseñanza de la asignatura.

Dwivedi y su equipo de investigación presentan el uso del programa de Microsoft como dos instrumentos para la realización de los cálculos en dichos procesos. La primera corresponde a la determinación de la tasa de transferencia de calor y la distribución de temperatura a través de la selección de la condición límite de la aleta y su visualización en un gráfico, que puede ser empleada de manera efectiva por los instructores de ingeniería como una herramienta activa de aprendizaje. En segundo lugar, se ha desarrollado una herramienta completa a través de dicho programa que cubre la tasa de transferencia de calor y la distribución de temperatura para una amplia palestra de diferentes materiales.

A partir de estos estudios, es posible ver la influencia positiva de la inclusión de programas informáticos aplicados a la enseñanza de asignaturas en diversas ramas de la ingeniería, esto permite crear un criterio sólido sobre los posibles efectos del uso de los mismos en la población de estudio del presente trabajo.

I.2 Antecedentes de la simulación de procesos.

Román, Delgado y García-Morales (2020) plantean que “los simuladores son fundamentales para los ingenieros y científicos, en general, y para los ingenieros químicos, más específicamente, ya que permiten la optimización y el análisis de soluciones alternativas de manera eficiente en términos de tiempo y costo”, lo que ha vuelto tendencia la inclusión de los mismos en múltiples programas de estudio a nivel internacional. Al combinar las competencias específicas tradicionales de la ingeniería química convencional, con las competencias modernas caracterizadas por la implementación de múltiples softwares de ingeniería aplicados a la química industrial, se obtiene un perfil de egreso adaptado al contexto global productivo.

I.2.1 Historia de la simulación de procesos.

I.2.1.1 Inicios de la ingeniería química.

Los ingenieros químicos del siglo XX, que se ocupan del diseño y optimización de nuevos procesos industriales, previamente usaban réplicas en pequeña escala de comportamiento análogo, para diseñar el equipo y definir las condiciones de operación del proceso real. Las réplicas usadas eran modelos físicos, pequeñas plantas piloto, que en realidad constituían prototipos de las plantas de procesamiento que se construirían a escala industrial. Estos prototipos absorben meses de trabajo y por el sistema de control necesario para la medición de las variables involucradas tienen costos significativos para el inversionista. (Ocaña, 2018)

I.2.1.2 Inicios de la ingeniería de procesos.

En la década de los 60 del siglo pasado, con el desarrollo de programas de cómputo para ser manejados en los grandes equipos de cómputo de esa época, las actividades de simulación aprovecharon los modelos conceptuales de los procesos que ya habían desarrollado ingenieros químicos como William L. Luyben, aplicando métodos

numéricos de solución y propiciando un avance considerable en el control y optimización de procesos. (Ocaña, 2018)

La crisis del petróleo de los años 70 obligó a industrias como la Standard Oil Company (Davison, 2021) a enfocar sus esfuerzos en ser energéticamente más eficientes, iniciando así una etapa de desarrollo tecnológico encaminado a mejorar los procesos existentes y a diseñar otros nuevos más eficientes. Este fue el caldo necesario para motivar el desarrollo en simulación de procesos. El comienzo fue lento y se dio en forma conceptual, experimental y académica en algunas compañías y universidades en Estados Unidos, Canadá y Europa.

I.2.1.3 Inicios de la Simulación de Procesos.

Para 1975 se había generalizado el desarrollo de simuladores con algunas aplicaciones industriales reducidas. Ya para el año 1980 empezaron a surgir compañías elaboradoras de software que desarrollan paquetes de simulación para su comercialización, pero tenían la desventaja de que la entrada y la salida de la información eran muy rígidas y se presentaban en forma de listado de difícil interpretación. A finales de los años ochenta se inició el desarrollo de paquetes de simulación interactivos y su comercialización marcó el comienzo de un uso más intensivo y generalizado en la industria y en las universidades. Entre 1991 y 1995 se inicia la comercialización de paquetes de simulación dinámica y de integración de energía. (Sifuentes, Davila, & Lopez, 2000)

I.2.1.4 Simulación de procesos en la actualidad.

En los últimos años, la simulación de procesos en estado estacionario ha llegado a ser una herramienta de apoyo para el diseño de procesos químicos y además su uso se está extendiendo en las instituciones de formación de ingenieros químicos. La simulación de procesos está jugando un papel muy importante en la industria química, como una herramienta adecuada y oportuna para el diseño, caracterización, optimización y monitoreo del funcionamiento de procesos industriales. En la actualidad entre los simuladores de proceso más utilizados se encuentran DWSIM, Aspen HYSYS, Aspen Plus, Chem CAD, PRO MODEL, entre otros. (Sifuentes, Davila, & Lopez, 2000). Por

otro lado, buscadores enfocados en fuentes indexadas como Scopus y Research Gate, únicamente presentan 1647 proyectos referentes a educación en su base de datos.

I.3 Simuladores de Procesos.

Los programas de simulación de procesos empezaron a difundirse a partir de la cuarta generación de computadoras, que se caracterizó por la sustitución de las memorias de ferrita por circuitos integrados, cuando la velocidad de procesamiento alcanzada y los costos empezaron a ser atractivos para las industrias debido a su factibilidad de eficiencia y económicos, principalmente por la industria petroquímica.

En 1950 se inician las primeras aplicaciones de la programación lineal a la industria petroquímica en la creación de modelos que simulan la mezcla de gasolinas y de aceites. Los primeros programas fueron escritos inicialmente para grandes ordenadores VAX, IBM, etc. y gradualmente para ordenadores personales tipo IBM-PC o compatibles, reduciéndose su precio, (Solé, 1989).

La teoría de sistemas nos muestra que diversos principios físicos tienen asociados modelos matemáticos equivalentes o isomórficos. Por ejemplo, ciertos circuitos eléctricos, circuitos hidráulicos, procesos de transferencia tanto de materia como energía y cantidad de movimiento, son descritos por el mismo conjunto de ecuaciones diferenciales. Consecuentemente, podría resultar conveniente analizar (simular analógicamente) el comportamiento de un sistema (proceso químico) observando la evolución de las variables "equivalentes" en un circuito eléctrico (cuyo modelo sea equivalente al proceso estudiado), ya que son fácilmente cuantificables. (Scenna J. N., 1999).

Posteriormente, a partir del uso masivo de la computadora digital, y de la revolución que implica la informática en todos los campos de la ingeniería, se evolucionó lentamente de la simulación analógica a la digital, habiendo prácticamente desaparecido la simulación digital en muchas aplicaciones.

Con la aparición de los microprocesadores a partir de la década de los setenta, cuya consecuencia inmediata resultó ser la masificación de las computadoras, al

introducirse comercialmente en los ochenta las computadoras personales (PC's), se produce una revolución "informática", en el sentido de tener acceso prácticamente a bajo costo; tanto los profesionales como los estudiantes y docentes, a una computadora relativamente eficiente, hecho que anteriormente solo estaba permitido a pocas personas con acceso a centros de cómputos, cuyo costo de mantenimiento era elevado. En la actualidad los sistemas multimedia, las supercomputadoras y las "autopistas informáticas" representan el avance logrado (Scenna N. J., 1999).

Como consecuencia de estos sucesos, se comienza a cubrir la brecha entre los métodos pre-computadora y los algoritmos numéricos programados aplicados a la ingeniería química. En el año 1974 aparece el primer simulador de procesos químicos, el FLOWTRAN, (Scenna, 1999).

Existe actualmente una gran variedad de simuladores de procesos comerciales, de las cuales son poderosas herramientas de cálculo en procesos industriales, con enormes bases de datos y un fuerte respaldo de bibliotecas para cálculos de equipos y bibliotecas de modelos para cálculos termodinámicos, que le dan al simulador la ventaja de una gran versatilidad.

Ejemplos de estos simuladores de procesos de propósitos generales son: Aspen Plus y Speedup (de Aspen Technology, USA), Pro II (de Simulations Sciences, USA), Hysys (de Hyprotech, Canada), Chemcad (de Chemstations, USA), etc. Aspen Plus, Pro II y Chemcad son simuladores de procesos en estado estable, Speedup es un simulador de procesos dinámico y Hysys es útil para los dos tipos de simulación, (Martínez Sifuentes., 2000).

I.4 Metodología de enseñanza

I.4.1 Entorno Personal de Aprendizaje (PLE).

El PLE tiene su origen en 2001 en Gran Bretaña en un artículo de Olivier y Liber (Torres-Gordillo & Herrero-Vásquez, 2016), que plantea la necesidad de ambientes de aprendizaje personal portable para desarrollar el lifelong learning (Severance, 2008). El concepto como tal apareció a finales de 2004 como título de una sesión de la JISC (Joint Informations Systems Committee) Interoperability Conference celebrada en Oxford,

Reino Unido (CETIS, 2007). En esta primera aproximación del CETIS (Centre for Educational Technology & Interoperability Standards) se define el PLE como la implementación de un prototipo de software libre, con el resultado de un servidor, denominado PLEW, y su aplicación de escritorio, conocida como PLEX.

El PLE surge asociado al concepto de web 2.0. Este comienza a emplearse en una sesión de brainstorming en un congreso en 2004 entre O'Reilly y MediaLive International (O Reily, 2005). Hace referencia a una nueva generación de aplicaciones y herramientas web como Delicious, Youtube, Wiki, Blog, etc, donde todos los usuarios pueden publicar, bajo la creación de un entorno virtual en el que los jóvenes viven y, potencialmente, aprenden (Brown, 2010). Muchas de estas herramientas se basan en el software social, término que reúne a las aplicaciones que permiten a las personas encontrarse, conectar o colaborar en la red Internet (Attwell, 2007). El primer principio del que parte la web 2.0 es el de la web como plataforma (O Reily, 2005).

CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL

Para el cumplimiento de los objetivos del presente proyecto, la simulación de procesos requiere en gran parte de un componente pedagógico, el cual facilita la fijación de los conocimientos de simulación a impartir en el taller. Este capítulo presenta más a fondo las estrategias pedagógicas y de simulación que componen al presente taller, con el fin de volverlo una alternativa de calidad para la enseñanza de la simulación de procesos, así como una revisión de la bibliografía relativa previa al proyecto.

II. 1 Educación

Según Alejandro de León en el libro *Pedagogía y Formación Docente* el término "educación" tiene un doble origen etimológico, el cual puede ser entendido como complementario o antinómico, según la perspectiva que se adopte al respecto. Su procedencia latina se atribuye a los términos *educere* y *educare*. (Bustamante, Cruz, & Mendoza, 2002)

Como el verbo latino *educere* significa "conducir fuera de", "extraer de dentro hacia fuera", desde esta posición, la educación se entiende como el desarrollo de las potencialidades del sujeto basado en la capacidad que tiene para desarrollarse. Más que la reproducción social, este enfoque plantea la configuración de un sujeto individual y único.

El término *educare* se identifica con los significados de "criar", "alimentar" y se vincula con las influencias educativas o acciones que desde el exterior se llevan a cabo para formar, criar, instruir o guiar al individuo. Se refiere por tanto a las relaciones que se establecen con el ambiente que son capaces de potenciar las posibilidades educativas del sujeto. (Bustamante, Cruz, & Mendoza, 2002)

Con la evolución del concepto de educación, se considera que ésta es una construcción social, es decir, producida por el hombre y vinculada con un contexto determinado, pues el ser humano es el único en la naturaleza capaz de pensar, sentir y actuar responsablemente, para lo cual se plantea retos que le permiten resolver situaciones y dificultades en beneficio de su desarrollo personal y social.

II. 2 Teorías de aprendizaje

De acuerdo a recopilaciones de la Universidad de Nebrija (2016), las teorías de aprendizaje se dividen en conductismo, cognitivismo, construccionismo y conexionismo; cuatro grandes corrientes que presentan diferentes posturas con respecto a los factores y estrategias que vuelven eficiente al proceso de asimilación del conocimiento. (Nebrija, 2016)

II.2.1 Teoría conductista

El principal objetivo educativo planteado por la teoría conductista es la memoria por repetición (hardwriting). De acuerdo a esta corriente la memoria es el establecimiento de experiencias repetidas, donde la recompensa y el castigo son altamente influyentes. En esta la interacción docente-alumno es fundamentalmente vertical y jerárquica.

Las principales características que diferencian a esta ideología de las demás son que:

- El aprendizaje es concebido como modificación de conductas.
- El enfoque positivista basado en el comportamiento observable.
- La asociación entre estímulos, o entre estímulos y respuestas mediante refuerzos.
- La implementación del atomismo, conocida como la división de la conducta en unidades cada vez más pequeñas.

II.2.2 Teoría cognitivista

Esta prioriza experiencias previas, esquemas existentes, codificación de conocimientos, el almacenamiento y la recuperación como principales mecanismos de aprendizaje. La teoría cognitivista defiende que la memoria almacena y recupera. En esta la interacción docente-alumno es responsable de conducir el aprendizaje estableciendo diálogos con los estudiantes para conocer sus conocimientos previos.

Las principales características que diferencian a esta ideología de las demás son que:

- El conocimiento es estructurado y computacional.
- El conocimiento no es algo directo, fijo, inmediato, sino que se negocia a través de la experiencia previa y juicios lógicos.

II.2.3 Teoría construccionista

Esta es una teoría de aprendizaje principalmente social desde el sentido de construcción, también promueve la creación de conocimiento y el proceso es distinto para cada estudiante, la exploración autodirigida, el aprendizaje por descubrimientos y la construcción de conceptos, esquemas y modelos mentales.

La teoría construccionista posee una interacción docente-alumno distinta a las presentadas con anterioridad, ya que en esta el docente cede su protagonismo al estudiante, pues se convierte en facilitador para que el alumno desarrolle su propio proceso formativo. Aquí el docente es moderador, coordinador, facilitador y participante; y supone un clima afectivo, armónico, de mutua confianza, ayudando a que los estudiantes se vinculen positivamente con el conocimiento y con su proceso de adquisición.

Las principales características que diferencian a esta ideología de las demás son que:

- Es una teoría social, en el sentido de construcción.
- Promueve la creación de conocimiento y el proceso es distinto para cada estudiante.
- La exploración es autodirigida.
- El aprendizaje se da por descubrimiento.
- Prioriza la construcción de conceptos, esquemas y modelos mentales.

II.2.4. Teoría conexionista

Esta busca dos grandes objetivos educativos: la identificación, selección y conexión de nodos de conocimiento; y la implementación de patrones adaptativos, representativos del estado actual y existente en las redes. La teoría conexionista se

caracteriza por la interacción docente-alumno horizontal, en la que el docente facilita la conexión de conocimiento.

Las principales características que diferencian a esta ideología de las demás son que:

- El aprendizaje distribuido en una red, ampliado tecnológicamente.
- El reconocimiento e interpretación de patrones.

Por otra parte se encuentra lo que se conoce como entrono personal de aprendizaje que viene a cubrir este deseo de controlar nuestro propio ambiente de enseñanza y aprendizaje. Ha sido tan influyente el tema de los PLE en estos pocos años que se han venido celebrando conferencias anuales internacionales –The PLE Conference– desde 2010.

II.2.5 Entorno Personal De Aprendizaje

Adell y Castañeda en su artículo “Los entornos personales de aprendizaje PLES” entienden el PLE como el - conjunto de herramientas, fuentes de información, conexiones y actividades que cada persona utiliza de forma asidua para aprender- (Adell, 2010). Anderson (2006) indicaba que este conjunto de herramientas es distribuido y, probablemente, sindicado, integrando los intereses personales y profesionales de cada persona, desde el aprendizaje formal al informal. El PLE apoya tanto los esfuerzos y trayectorias de aprendizaje personal e individualizado a lo largo de la vida, como el aprendizaje dentro de contextos educativos más estructurados donde hay actividades organizadas, como, por ejemplo, son las asignaturas en la Universidad (Severance, 2008).

De este modo, y a pesar de sus inicios, algo en lo que hay acuerdo hoy en día es que el PLE no es una aplicación software (Adell, 2010), sino más bien un enfoque sobre cómo usar la tecnología para aprender (Attwell, 2007).

II. 3 Metodologías de enseñanza

Según Neuner (1981) el método de enseñanza es “un sistema de acciones del maestro encaminado a organizar la actividad práctica y cognoscitiva del estudiante con el

objetivo de que asimile sólidamente los contenidos de la educación”. Por otra parte, González (2012) expresó “Un método de enseñanza es el conjunto de técnicas y actividades que un profesor utiliza con el fin de lograr uno o varios objetivos educativos, que tiene sentido como un todo y que responde a una denominación conocida y compartida por la comunidad científica”.

A partir de estas definiciones es posible comprender que los métodos de enseñanza buscan la asimilación de conocimientos de los estudiantes a través de técnicas y actividades prácticas y cognoscitivas, las cuales van orientadas siempre al cumplimiento de uno o varios objetivos educativos.

Las metodologías educativas se dividen en seis en función de las estrategias usadas para la asimilación sólida de conocimientos por parte de los estudiantes:

II.3.1 Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

Según Larmer y Mergendoller (2010), el aprendizaje basado en proyectos es un método de enseñanza sistemático que permite a los alumnos adquirir conocimientos y habilidades a través de un proceso de investigación estructurado a través de cuestiones complejas y auténticas que se plasman en tareas y productos

Kokotsaki, Menzies y Wiggins (2016) definen el Aprendizaje Basado en Proyectos como una metodología centrada en el aprendizaje activo del alumno, que se caracteriza por la autonomía del alumno, investigaciones constructivas, consecución de objetivos, colaboraciones, comunicación y reflexión mediante prácticas relacionadas con el mundo real.

El Aprendizaje Basado en Proyectos se diferencia del Aprendizaje Basado en Problemas ya que el segundo es un enfoque educativo orientado al aprendizaje y a la instrucción en el que las y los estudiantes abordan problemas reales o hipotéticos en grupos pequeños y bajo la supervisión de un tutor. Es consistente con las bases filosóficas del constructivismo. Esta corriente del pensamiento asume que el conocimiento no es algo absoluto, sino que es construido por el alumno basado en su conocimiento previo y en las visiones globales del mundo. (Andreasen, 2022).

II.3.2 Flipped Classroom (Aula Invertida).

“El aula invertida o flipped classroom es un método de enseñanza cuyo principal objetivo es que el alumno/a asuma un rol mucho más activo en su proceso de aprendizaje que el que venía ocupando tradicionalmente” (Berenguer, 2016). En definitiva, supone una inversión con el método anterior (Wasserman, 2015), donde los alumnos y alumnas estudiarán por sí mismos los conceptos teóricos que el docente les facilite y el tiempo de clase será aprovechado para resolver dudas, realizar prácticas e iniciar debates relevantes con el contenido.

Una reflexión relevante sería la de la autora (Esteve, 2016), que cita: “En cualquier oficio, si uno va trabajando y analizando lo que hace bien, lo que hace mal y va limpiando, irá mejorando. Si sólo trabaja y no hace balance de lo que ha hecho, seguirá siempre igual por muchos años que pasen. Pero esto no es distinto de otras profesiones” Además, Flipped Classroom puede ser aplicado en todas las áreas curriculares; educación primaria, educación secundaria, educación superior e, incluso, educación para adultos (Blasco, Lorenzo y Sarsa 2016)

II.3.3 Aprendizaje Cooperativo

Según Abellán et al, “el aprendizaje cooperativo es un enfoque pedagógico donde los estudiantes trabajan en pequeños grupos heterogéneos para conseguir una meta común” (Abellán, 2018).

Una metodología que los maestros usan para agrupar a los estudiantes e impactar de forma positiva. Quienes utilizan este método aseguran que hacerlo permite que los estudiantes mejoren la atención y la adquisición de conocimientos. El objetivo de esta metodología es que cada miembro de un grupo establecido realice con éxito sus tareas apoyándose en el trabajo de los demás.

II.3.4 Gamificación

La gamificación es una herramienta que puede convertir el aprendizaje en una actividad inmersiva. Perrotta y otros autores (2013) señalan que el hecho de aprender mediante disfrute y diversión puede ser un medio para introducir a los alumnos en un

estado de Flow. Este estado, traducido al español como flujo, refiere a la sensación de inmersión completa en una tarea.

Se trata de la integración de mecánicas y dinámicas de juego y videojuegos en entornos no lúdicos, con el fin de potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo, la fidelización y otros valores positivos comunes a todos los juegos. La integración de dinámicas de juego en dichos entornos no es un fenómeno nuevo, pero el crecimiento exponencial del uso de videojuegos en los últimos años ha despertado el interés de muchos expertos del ámbito educativo (Ortiz-Colón, Jordán, & Agreda, 2018).

II.3.5 Design Thinking (Pensamiento de Diseño)

El Pensamiento de Diseño nace de la práctica de los diseñadores y su método para resolver problemas y satisfacer a sus clientes. Aplicado a la educación, este modelo permite identificar con mayor exactitud los problemas individuales de cada alumno, generar ideas, resolver problemas creativamente y ampliar el horizonte en términos de soluciones.

II.3.6 Aprendizaje Basado en el Pensamiento (Thinking Based Learning)

Enseñarles a contextualizar, analizar, relacionar, argumentar, convertir información en conocimiento y desarrollar destrezas del pensamiento más allá de la memorización. Ese es el objetivo del thinking-based learning o aprendizaje basado en el pensamiento (TBL por sus siglas en inglés).

II.3.7 Pedagogía.

Según Lemus en un artículo universitario en 1997, pedagogo es la persona que instruye a los niños y niñas, también quiere decir pedante, erudito, pesado, en un principio se refirió a la educación de las y los infantes, hoy se aplica también a la atención de los adultos (Lemus, 1997).

En ese sentido Hernández dice que Durkheim en 1938 afirmaba que la pedagogía era referida más bien a “la acción del adulto sobre el niño” en la actualidad se entiende por tal el arte, la ciencia de la educación cuyo propósito esencial no es otra cosa que explicar el hecho educativo (Hernández, 2003).

Este planteamiento resulta interesante de mencionar ya que nos acerca al estudio de la pedagogía y de esta forma es como se sitúa y analiza. En ese sentido Lemus señala que “la pedagogía es el estudio intencionado, sistemático y científico de la educación lacónicamente se define como la ciencia de la educación, es decir, la disciplina que tiene por objeto el planteo, estudio y solución del problema educativo” (Lemus, 1997).

Según Javier Augusto Nicoletti en un artículo llamado Fundamento y construcción del acto educativo dice que existen varios criterios a través de los cuales se puede categorizar la pedagogía (Nicoletti, 2009):

- Pedagogía General: Es la temática que se refiere a las cuestiones universales y globales de la investigación y de la acción sobre la educación.
- Pedagogía específica: Que a lo largo de los años han sistematizado un diferente cuerpo del conocimiento, en función de las realidades históricas experimentadas.

Tipos de pedagogías según el propósito que plantean:

- Pedagogías tradicionales.
- Pedagógicas Contemporáneas.

II. 4 Simulación de procesos.

El Diccionario de la Real Academia Española define al verbo simular cómo “representar algo, fingiendo o imitando lo que no es”. De forma análoga la definición de Pegden (1990) que dice “la simulación es un proceso de proyectar un modelo computacional de un sistema real y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender su comportamiento y evaluar estrategias para su operación” (Ocaña, 2018).

Entonces, a partir estos conceptos es posible entender que, en el campo de la ingeniería, la simulación es una técnica, con muchas ventajas, usada para obtener información del comportamiento de un proceso real de un proceso, a través del análisis

de una réplica o modelo que debe tener un comportamiento análogo al objeto que representa. Además, si se toman más definiciones presentadas en el Diccionario de la Real Academia Española sobre la palabra proceso (“conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial”), es posible formular una definición más amplia del término que nos ocupa en este texto.

En este sentido, es posible deducir que la simulación de procesos es una técnica que permite representar, a través de un modelo o réplica, las operaciones sucesivas e interrelacionadas de cualquier proceso real, ya sea de carácter natural o artificial, para conocer el comportamiento del sistema ante el cambio de las variables del proceso.

La simulación puede complementarse con otros sistemas de planificación y programación para validar y confirmar las planificaciones previstas y ejecutar las operaciones con la máxima eficiencia.

II.4.1 Tipos de simulaciones

En un Documento publicado por TECNM (Tecnológico Nacional de México) llamado Simulación de Procesos en el 2018, Jorge Ciro Jiménez Ocaña describe 7 tipos distintos de simuladores (Ocaña, 2018):

II.4.1.1 Simulación Discreta

Modelaje de un sistema por medio de una representación en la cual el estado de las variables cambia instantáneamente en un instante de tiempo separados. (En términos matemáticos el sistema solo puede cambiar en un instante de tiempo contable).

II.4.1.2 Simulación Continua

Modelaje de un sistema por medio de una representación en la cual las variables de estado cambian continuamente en el tiempo. Típicamente, los modelos de simulación continua involucran ecuaciones diferenciales que determinan las relaciones de las tasas de cambios de las variables de estado en el tiempo.

II.4.1.3 Simulación Combinada Discreta-Continua

Modelaje de un sistema por medio de una representación en la cual unas variables de estado cambian continuamente con respecto al tiempo y otras cambian

instantáneamente en un instante de tiempo separados. Es una simulación en la cual interactúan variables de estado discretas y continuas.

Existen tres tipos de interacciones entre las variables de estado de este tipo de simulaciones:

- Un evento discreto puede causar un cambio discreto en el valor de una variable de estado continua.
- Un evento discreto puede causar que la relación que gobierna una variable de estado continua cambie en un instante de tiempo en particular.
- Una variable de estado continua de punto de partida puede causar que un evento discreto ocurra, o sea, programado.

II.4.1.4 Simulación Determinística y/o Estocástica

Una simulación determinística es aquella que utiliza únicamente datos de entrada determinísticos, no utiliza ningún dato de entrada azaroso. En cambio un modelo de simulación estocástico incorpora algunos datos de entrada azarosos al utilizar distribuciones de probabilidad.

II.4.1.5 Simulación estática y dinámica

La simulación estática es aquella en la cual el tiempo no juega un papel importante, en contraste con la dinámica en la cual si es muy importante.

II.4.1.6 Simulación con Orientación hacia los eventos

Modelaje con un enfoque hacia los eventos, en el cual la lógica del modelo gira alrededor de los eventos que ocurren instante a instante, registrando el estado de todos los eventos, entidades, atributos y variables del modelo en todo momento.

II.4.1.7 Simulación con Orientación hacia procesos

Este es un tipo de modelaje con un enfoque de procesos, en el cual la lógica del modelo gira alrededor de los procesos que deben seguir las entidades. De cierta forma, es un modelo basado en un esquema de flujo grama de procesos, el cual se hace es un seguimiento a la entidad a través de la secuencia de procesos que debe seguir.

La simulación de procesos químicos a través de programas computacionales se basa mayormente en la simulación estática y dinámica, estudiando así procesos químicos en los cuales el tiempo es constante a lo largo de toda la simulación o en los cuales las propiedades del proceso sí varían en el tiempo, respectivamente.

II.5 Principales simuladores de procesos

En función de lo descrito en la primera sección del capítulo anterior, los principales programas de simulación de procesos en ingeniería química son:

II.5.1 Aspen HYSYS

HYSYS es un programa interactivo enfocado a la ingeniería de procesos y la simulación, que se puede utilizar para solucionar toda clase de problemas relacionados con procesos químicos. Este simulador cuenta con una interfaz muy amigable para el usuario, además de permitir el empleo de operadores lógicos y herramientas que facilitan la simulación de diversos procesos (Henao & Vélez, 2002).

Fue adquirido por AspenTech en el 2004 por lo que es desarrollado en la actualidad por Aspen Technology. Es un simulador bidireccional, ya que el flujo de información va hacia delante y hacia atrás. De esta forma, puede calcular las condiciones de una corriente de entrada a una operación a partir de las correspondientes a la corriente de salida sin necesidad de cálculos iterativos. Posee un entorno de simulación similar tanto para estado estacionario como para régimen dinámico. Es un software para la simulación de plantas petroquímicas y afines (Henao & Vélez, 2002).

II.5.2. Advanced System for Process Engineering (Aspen Plus)

El Sistema Avanzado para Ingeniería de Procesos (ASPEN por sus siglas en inglés) es un mercado líder en herramientas de modelado de proceso de diseño conceptual, optimización y monitoreo de desempeño para la industria química, polímeros, especialidades químicas, metales y minerales. (Henao & Vélez, 2002).

Desarrollado en la década de 1970 por investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT) y comercializado desde 1980 por una compañía denominada

AspenTech. Aspen Plus es un simulador estacionario, secuencial modular (en las últimas versiones permite la estrategia orientada a ecuaciones).

Actualmente es posible que sea el más extendido en la industria. Se ha utilizado para modelar procesos en industrias: química y petroquímica, refino de petróleo, procesamientos de gas y aceites, generación de energía, metales y minerales, industrias del papel y la pulpa y otros. Aspen Plus tiene la base de datos más amplia entre los simuladores de procesos comerciales, e incluye comportamiento de iones y de electrolitos. (Henaó & Vélez, 2002).

Además modela y simula cualquier tipo de proceso para el cual hay un flujo continuo de materiales y energía de una unidad de proceso a otra. Posee herramientas para cálculos de costes y optimizaciones del proceso, generación de resultados en forma gráfica y en tablas y otros.

II.5.3 Chemcad

CHEMCAD nace en 1984 cuando un profesor universitario formó un equipo para desarrollar un simulador de procesos para computadoras personales PC. El simulador fue vendido a la sección de software de la editorial McGraw Hill (COADE) y luego siguió siendo desarrollado y distribuido por Chemstations Inc. (Pachecho, 2006)

CHEMCAD ha venido evolucionando durante estos años para convertirse en un paquete de módulos que abarca cálculo y diseño de intercambiadores de calor (CC-THERM), simulación de destilaciones dinámicas (CC-DCOLUMN), simulación de reactores por lotes (CC-ReACS), simulación de destilaciones por lotes (CC-BATCH), simulación de redes de tuberías (CC-SAFETY NET).

Recientemente ha sido puesta a la venta la versión 6 de CHEMCAD con una nueva interfaz de usuario y otras propiedades adicionales. Este sistema es muy usado en todo el mundo, para el diseño, operación y mantenimiento de procesos químicos en una gran variedad de industrias incluyendo la exploración de petróleo y gas; y naturalmente en procesos químicos, farmacéuticos, biocombustibles y procesos de fábricas industriales. (Pachecho, 2006)

De forma general este software, como una herramienta de productividad tiene muchas ventajas, entre las cuales destacan:

- Incrementar la productividad por el uso de información obtenida a partir de la simulación diaria de cálculos relacionados con las condiciones de operación.
- Maximizar la rentabilidad de las operaciones por el diseño más eficiente de nuevos procesos y equipos.
- Reducir costos e inversiones de capital por la optimización y solución de los cuellos de botella existentes en los procesos y en los equipos.

II.5.4 ProModel

ProModel es un programa de simulación de procesos industriales, permite simular cualquier tipo de proceso de manufactura, además de procesos logísticos, procesos de manejos de materiales y contiene excelentes simulaciones de talleres, grúas viajeras, bandas de transporte entre otros. (Henaó & Vélez, 2002).

En teoría, cualquier sistema de procesos puede ser modelado en computadora, solo se necesita de esfuerzo e ingenio, además de las herramientas que nos permitan plasmar nuestro pensamiento en un modelo computarizado, una de esas herramientas es ProModel, en el cual se puede crear un modelo computarizado de todo proceso de manufactura y una vez realizado el modelado, se podrá simular sobre él una gran cantidad de situaciones como Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar y Jalar (Push-Pull systems), Logística y muchas otras más.

ProModel es un paquete de simulación que no realiza solamente el simulado, sino también optimiza los modelos ingresados. Corre bajo el sistema operativo Windows y sus requerimientos mínimos son un procesador 486, 32 MB de RAM, 2 MB de espacio en Disco Duro.

II.5.5 DWSIM

DWSIM es un simulador de procesos, de código abierto y descarga libre, lo que permite a cualquier usuario acceder al código fuente de la aplicación, adaptarlo a sus necesidades, o corregir errores de forma gratuita. DWSIM fue desarrollado originalmente

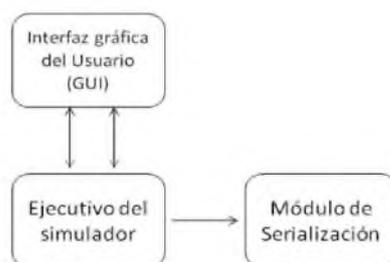
por Daniel Medeiros, un ingeniero de procesos brasileño, en 2006, al que luego se le sumó Gregor Reichert. (Madeiros, 2022)

Este simulador está programado en conformidad con el estándar de ingeniería de procesos CAPE-OPEN, el cual promueve la interoperabilidad de las soluciones de simulación, permitiendo combinar interfaces de componentes de modelamiento de diferentes softwares entre sí. Este estándar fue desarrollado por compañías operadoras, firmas de tecnología, grupos académicos, y grandes simuladores comerciales (como Aspen Plus o Aspen Hysys, que también se adhieren a este estándar). DW-SIM ha recibido reconocimientos por ser la primera implementación de código abierto del estándar CAPE-OPEN.

DW-SIM tiene una interfaz gráfica intuitiva y fácil de usar, con muchas de las funciones presentes en simuladores comerciales. Este permite usar una lista completa de operaciones unitarias, modelos termodinámicos avanzados, soporte para sistemas reactivos, y herramientas de caracterización de crudos. (Madeiros, 2022)

Una vista general de la arquitectura del simulador se presenta en la siguiente figura, La aplicación consta de 3 elementos principales, Ejecutivo del Simulador, Módulo de Serialización y La Interfaz Gráfica de Usuario (GUI).

Figura #1: Arquitectura General de DWSIM



Fuente: Madeiros, D. W. *Open bsource chemical process simulator - user guide*,: DWSIM.

II.6 Etapas para el desarrollo de la simulación de un proceso químico

En un trabajo de grado elaborado por Marvin Cirilo Ramírez Avelar, (Avelar, 2005) menciona que la preparación de la simulación de un proceso químico existe ciertos

pasos importantes a seguir en pequeña o gran escala. Los cuales son: Identificación y formulación del problema; definición del sistema; formulación del modelo; localizar los datos necesarios; seleccionar el paquete de software adecuado; adquirir los recursos computacionales adecuados; experimentación, interpretación, implementación y documentación para el uso apropiado de las herramientas seleccionadas (Avelar, 2005).

II.6.1 Identificar y formular el problema

En este paso debe quedar perfectamente establecido el objeto de la simulación. El alcance del problema a solucionar puede ser obvio en su análisis, pero identificarlo en las primeras etapas de un proyecto de simulación no es a menudo tan fácil. Habrá entonces que escoger algo que hará la diferencia en términos de ganar nuevas percepciones o de ofrecer mejoras importantes en el fondo del problema (Avelar, 2005).

II.6.2. Definición del sistema

El sistema a simular debe estar perfectamente definido, identificando dónde estará la frontera del sistema a estudiar y las interacciones con el exterior que serán consideradas (Avelar, 2005).

II.6.3 Formulación del modelo

Comienza con el desarrollo de un modelo simple que captura los aspectos relevantes del sistema real, en los que éstos dependen de la formulación del problema. El arte de modelar consiste en la habilidad para analizar un problema, resumir sus características esenciales, seleccionar y modificar las suposiciones básicas que caracterizan al sistema, y luego enriquecer y elaborar el modelo hasta obtener una aproximación útil (Avelar, 2005).

II.6.4 Localizar los datos necesarios

El diseño y simulación de procesos químicos necesita de datos de propiedades físicas, termodinámicas, cinéticas y de transporte, los cuales se calculan a partir de modelos de propiedades con base teórica o empírica (Avelar, 2005).

La representación precisa de las propiedades es fundamental para la simulación de procesos. El usuario debe seleccionar un modelo para representar las propiedades, el uso de un modelo inadecuado puede cambiar los resultados de la simulación y perder

validez. Los errores en la simulación por una mala selección del modelo de propiedades físicas no se pueden detectar o prevenir fácilmente, los resultados parecen correctos, pero son erróneos.

Los resultados de la simulación son más sensibles para ciertas variables que otras. En este sentido, es necesario justar algunos de los parámetros desconocidos y considerar la importancia que representan para el proceso. Este paso se denomina análisis sensorial.

II.6.5 Seleccionar el paquete de modelaje

El modelo es implementado utilizando algún lenguaje de computación. Existen lenguajes específicos de simulación que facilitan esta tarea; también, existen programas que ya cuentan con modelos implementados para casos especiales (Avelar, 2005).

Los simuladores de procesos en estado estacionario presentan una fácil incorporación de los puntos básicos de las operaciones unitarias, así como también reactores químicos. Además contienen paquetes termodinámicos capaces de representar un amplio rango de sistemas de procesamiento.

II.6.6 Adquirir los recursos computacionales

El paquete de modelaje seleccionado en la etapa anterior determinará los recursos computacionales, o en ciertos casos requerimientos de sistema en relación a software y hardware seleccionados. Algunos paquetes requerirán una amplia gama de recursos, tales como estaciones de trabajo complejas, mientras que otros tan solo requerirán de una computadora personal (Avelar, 2005).

El recurso informático seleccionado para el desarrollo de los módulos de simulación de procesos en este trabajo es el lenguaje de alto nivel DWSIM, el cual posee una extensa librería matemática y herramientas de aplicación en ingeniería, lo facilita la incorporación de los modelos de simulación y su representación e interfaz gráfica con el usuario.

II.6.7 Experimentación

En esta etapa se realizan las simulaciones de acuerdo al diseño previo. Los resultados obtenidos son debidamente recolectados y procesados (Avelar, 2005).

II.6.8 Interpretación

Se analiza la sensibilidad que tiene el modelo con respecto a los parámetros que tienen asociados la mayor incertidumbre. El modelo será sensible a determinados parámetros si para pequeños cambios en los valores de los mismos las respuestas varían notablemente. Si es así, se deberán recolectar datos adicionales para refinar la estimación de parámetros críticos (Avelar, 2005).

II.6.9 Implementación

El manejo de los simuladores desarrollados debe ser lo más amigablemente posible, que permita una implementación para un uso adecuado, un aprendizaje y reconocimiento de las señales de error cuando las cosas no andan bien, ya que se corre el peligro debido al desconocimiento de las limitaciones y alcances del simulador utilizado evitando sobrepasar los límites para los cuales ha sido diseñado. Para los paquetes comerciales el entrenamiento de implementación es impartido mediante un curso desarrollado por la compañía que lo ha vendido, acompañado por un manual de usuario, tutoriales, soporte técnico y actualizaciones de algunas aplicaciones (Avelar, 2005).

II.6.10 Documentación

Incluye la elaboración de la documentación técnica y manuales de uso. La documentación técnica debe contener una descripción detallada del modelo y de los datos; también se debe incluir la evolución histórica de las etapas del desarrollo. Esta documentación será también de una utilidad posterior para futuros perfeccionamientos (Avelar, 2005).

Para la simulación de procesos existe una clasificación de distintas técnicas acorde a ciertos criterios generales y particularidades del sistema en estudio, las cuales se presentan en el siguiente apartado.

Al diseñar un nuevo proceso o modificar uno existente es posible además recolectar los mejores datos disponibles para las variables sensoriales, o diseñar un proceso para acomodar las posibles variaciones en los datos.

Si los compuestos son importantes y los datos no están disponibles, pueden ser estimadas directamente las propiedades físicas necesarias haciendo uso de correlaciones teóricas o empíricas, ecuaciones de estado, modelos experimentales, modelos de actividad, entre otros.

II.7 Aplicaciones de la Simulación de Procesos en Ingeniería Química.

Actualmente en la industria de procesamiento químico, cuyo desarrollo inició en la industria petroquímica, se desarrollaron paquetes de simulación de procesos, tanto generales como específicos para cada industria o proceso químico, mediante los cuales es posible (Avelar, 2005):

- Detección de cuellos de botella en la producción.
- Predicción de los efectos de cambios en las condiciones de operación y capacidad de la planta.
- Optimización del proceso cuando cambian las características de los insumos y/o las condiciones económicas del mercado.
- Evaluación de alternativas de proceso para reducir el consumo de energía.
- Análisis de condiciones críticas de operación.
- Transformación de un proceso para desarrollar otras materias primas.
- Análisis de factibilidad y viabilidad de nuevos procesos.
- Optimización del proceso para minimizar la producción de desechos y contaminantes.
- Entrenamiento de operadores e ingenieros de proceso.
- Investigación de la factibilidad de automatización de un proceso.

La variedad de aplicaciones de los simuladores de procesos es muy grande. En el pasado sólo era usado en el diseño de procesos, ahora se manejan simuladores en ingeniería ambiental, ingeniería de procesos, investigaciones científicas y tecnológicas.

En las diferentes etapas de un proyecto, puede haber necesidad de realizar simulaciones con diferentes niveles de sofisticación, tal como se describe a continuación en la tabla:

Figura #2: Aplicaciones de la simulación de procesos en las diversas etapas de un proyecto

Etapas del proyecto	Aplicaciones de la simulación
Investigación y desarrollo	Prueba de factibilidad técnica y económica del proyecto.
Etapa crítica en la toma de decisiones	Evaluación de diferentes alternativas de proceso y condiciones de operación y se toman decisiones.
Planta piloto	Obtener mejores estimaciones de las condiciones de operación a escala industrial
Diseño	Proporciona a todos los datos de proceso requeridos para el diseño detallado de los diferentes equipos.
Simulación de plantas existentes	Cuando es necesario cambiar las condiciones de operación, o cuando se quieren sustituir materias primas.

Fuente: Elaboración propia.

II.8 Cursos sobre simulación de procesos

En la República Dominicana la impartición de simulación de procesos es escasa, ya sea a nivel básico o avanzado, en los pensum universitarios la simulación no hace presencia, por tales motivos los interesados optan por cursos virtuales impartidos en otros países por compañías especializadas en el área (E-Lernova, 2022).

Con el fin de guiar a los futuros Ingenieros Químicos, a continuación, se presentan un listado de cursos sobre simulación de procesos que pueden ser de utilidad para los estudiantes que buscan obtener o reforzar sus conocimientos en el área.

II.8.1- Curso de Simulación de Procesos (E Lernova)

En la página oficial de E-lernova se presenta que su curso provee al estudiante las competencias y habilidades necesarias para realizar la simulación de procesos químicos industriales relacionados con el sector de crudo y gas. El estudiante conocerá el software, sus funciones, herramientas básicas y las principales operaciones que éste permite simular.

Este curso se imparte de manera virtual, el estudiante que consigue este diploma disfrutará de un nivel intermedio de conocimiento que les servirá para trabajar en el área de simulación de procesos, la duración del curso es de 6 semanas y cuenta con un costo total de 731 euros.

El contenido impartido en este curso ser el siguiente:

- Presentación del software y novedades en ASPEN HYSYS® V8.
- Modelos Termodinámicos: Criterios para la selección del modelo termodinámico.
- Entorno de simulación (Flowsheet).
- Elementos de mecánica de fluidos: Tubería, Bombas, Ventiladores y Compresores.
- Equipos de transferencia de calor: Intercambiadores y Enfriadores.
- Equipos de transferencia de masa: Separadores, Absorbedores y Columnas de separación

II.8.2 Tecnologías BPM, Simulación y Automatización de Procesos (Centro e-Learning UTN BA)

Investigando en la página oficial de utnba.centrodelearning.com podemos ver que Este curso representa uno de los ciclos de la Diplomatura de Gestión por Procesos de Negocio (BPM- Business Process Management o Gestión por Procesos de Negocio)

que contempla 4 ciclos de aprendizaje (módulos) que permiten agilizar la asimilación de conocimientos en la temática y pueden ser cursados en forma independiente, ajustándose a las necesidades de capacitación de diversos perfiles dentro de la organización, pertenecientes tanto a áreas de negocio (de línea) y de soporte a la gestión, como de tecnología. Quien apruebe los cuatro módulos recibirá el certificado de diplomado (UTNBA, 2022).

Este es un curso online, el estudiante que consigue este diploma disfrutará de un nivel intermedio de conocimiento, la duración del curso es de 4 semanas y cuenta con un costo total de 226 dólares.

El temario se desarrolla en un aproximado de 30 horas y está conformado por un módulo que se divide en 4 unidades, a continuación se presentan cada una de estas.

- Unidad 1: herramientas y componentes de la suite BPMS.
- Unidad 2: tecnologías complementarias a la suite BPMS.
- Unidad 3: automatización de procesos.
- Unidad 4: simulación de procesos y práctica de automatización.

II.8.3 Simulación de Procesos Químicos mediante Aspen ® HYSYS ® (Engi-Learn Internacional)

En la página oficial de Lectiva (Lectiva.com) se encuentra toda la información relacionada a este curso, en resumidas cuentas, En este curso los asistentes aprenderán los fundamentos básicos de la simulación de procesos en estado estacionario mediante Aspen HYSYS, definir corrientes de procesos, paquetes termodinámicos, los principales equipos y lazos de control (Lectiva, 2022).

El objetivo principal del curso es Realizar simulaciones de baja y mediana complejidad, empleando el Software de Simulación de Procesos Aspen HYSYS, y va

dirigido a profesionales y estudiantes de ingeniería, interesados en el manejo del Simulador de Procesos Aspen HYSYS. Los egresados obtienen un nivel avanzado sobre simulaciones de procesos, tiene una duración de 3 meses y un precio de 222 euros.

A continuación veremos con detalles el temario que será llevado a cabo en este curso:

- Capítulo I, Conceptos Básicos
- Capítulo II, Simulación de Procesos
- Capítulo III, Entorno Aspen HYSYS
- Capítulo IV, Construcción de Flowsheet
- Capítulo V, Casos Simples
- Capítulo VI, Casos Intermedios
- Capítulo VII, Herramientas

SEGUNDA PARTE
MARCO METODOLOGICO

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

En la actualidad la ingeniería de procesos se imparte a nivel de pregrado, complementando la formación profesional de los estudiantes de ingeniería química; a nivel extra curricular para aquellos estudiantes que no cuenten con formación en materia de procesos en su pensum y/o deseen ampliar sus conocimientos en el área; y a nivel de posgrado de una forma más desarrollada del segundo caso descrito. En la gran mayoría de los casos los contenidos se imparten de la mano con simuladores de procesos químicos.

Una de las principales características de internet es el conjunto de herramientas que ofrece para crear, compartir y organizar información en línea, así como su potencial para hacerlo a través del intercambio social y la comunicación bidireccional, cualidades que han impactado los procesos de educación en internet incidiendo en el interés, autonomía y aprendizaje de los estudiantes. Internet ha cambiado las formas de aprender y concebir proceso educativo, volviéndolo dinámico, bidireccional y social, lo cual ha propiciado además el surgimiento de propuestas novedosas para sacar provecho de las características de la red, una de ellas es el concepto de Entorno Personal de Aprendizaje (PLE). Al hablar de un Entorno Personal de Aprendizaje (PLE) nos referimos al «conjunto de herramientas, fuentes de información, conexiones y actividades que cada persona utiliza de forma asidua para aprender» (Adell, 2010).

La educación a distancia mediada por las nuevas tecnologías de información y comunicación está ganando cada vez mayor espacio a nivel mundial, sobre todo en el ámbito universitario. Este es un fenómeno que tuvo sus inicios desde finales del siglo XX y principios del XXI. Actualmente, millones de estudiantes en el mundo cursan programas formativos de grado y posgrado en modalidad virtual. Las universidades que tradicionalmente eran presenciales, se están abriendo a la oferta de cursos, carreras o programas académicos que se imparten a través de Internet. Las universidades a distancia que utilizaban medios como los libros de texto, guías didácticas impresas, televisión o radio, están migrando al uso de plataformas virtuales como medio de comunicación. (Salgado García, 2015)

En este trabajo de grado se desarrollan prácticas basadas en la simulación de procesos en Ingeniería Química, con la finalidad de ser usados como herramientas en las

áreas de estudio, se ha aplicado una modalidad de estudio virtual basado en la metodología Entorno Personal de Aprendizaje (PLE) en la cual se busca llevar el conocimiento al alumno de la manera más cómoda posible, con la finalidad de que el participante maneje su tiempo de aprendizaje y tome la iniciativa de organizar sus horarios de forma que sea más fácil adquirir el conocimiento. En esta metodología las clases son grabadas en secciones, a las cuales el participante puede acceder en cualquier momento, además de obtener un manual explicativo que sirve como apoyo, en el caso de inquietud o duda los profesores se encuentran a disposición de contactar con el aprendiz y brindar soporte.

Tomando en cuenta que este taller es impartido en horas, no en semanas, y que el conocimiento que obtendrán los alumnos será una base sobre simulación de procesos, la finalidad de este taller es incentivar a los estudiantes a inclinarse por las especialidades en ingeniería de procesos, es importante que el estudiante se sienta motivado y cómodo en el transcurso del curso, por lo tanto se entiende que medir el conocimiento obtenido por los alumnos mediante exámenes no es lo más adecuado, debido a que solo genera un estrés en los estudiantes que cambia su mentalidad frente al taller, ya que esa metodología prioriza las calificaciones finales y no el conocimiento adquirido.

Partiendo de lo previamente mencionado la manera ideal de evaluar este taller es mediante autoevaluaciones de los mismos estudiantes sobre el conocimiento obtenido, además de evaluar la metodología de enseñanza de los impartidores, todo esto impacta positivamente a todas las partes involucradas, el estudiante reconoce sus debilidades y fortalezas frente al contenido recibido, por otro lado, el taller se mantiene en mejora continua gracias a los aportes de los alumnos.

Tomando en cuenta que este proyecto busca evaluar un método de enseñanza aplicado a conocimientos avanzados de ingeniería y que su evaluación es medida principalmente a partir de las aptitudes y percepciones finales de los participantes del taller, el tipo de investigación es de tipo cualitativa con un enfoque experimental.

III.1 Diseño del taller

El taller se lleva a cabo en módulos interactivos, en los cuales aumenta la intensidad según avanzan las capacitaciones. La primera parte del taller corresponde a una introducción a la simulación de procesos, se verá toda la teoría con respecto al tema con la finalidad de crear una base de conocimiento en los participantes que no manejan el tema.

En la segunda parte se imparte una introducción al simulador (DWSIM), que es el aliado número uno a lo largo del taller, aquí se explica a los participantes cómo se maneja el simulador y cada una de sus funciones básicas. Un recorrido visual por cada una de las herramientas que conforman DWSIM, además de la descripción del entorno gráfico de la plataforma.

Finalmente se presentan algunas de las operaciones unitarias presentes en DWSIM, se ve la teoría más importante de cada una de ellas aparte de ecuaciones matemáticas que refrescaran la mente del alumno, culminando los módulos se presenta un ejercicio de simulación de proceso explicado detalladamente en DWSIM.

III.1.1. Programa de módulos del taller.

- **III.1.1.1- Módulo 1:** Introducción del curso y base teórica del taller.

Presentación del curso, fundamentos, objetivos, alcances y limitaciones, cronograma de trabajo, plan de evaluación, material de apoyo y horas de consulta (conceptos básicos del simulador y factores teóricos).

- **III.1.1.2 Módulo 2:** Navegando en el simulador.

Tutorial de uso, características generales, representación gráfica de diagramas de flujo, bases de datos de componentes, elección y especificación de sistemas de unidades, especificación de corrientes de procesos, selección de modelos termodinámicos, especificación de operaciones unitarias, corrientes de corte, visualización de resultados, informes y representaciones gráficas, análisis de sensibilidad, módulos adicionales.

- **III.1.1.3 Módulo 3:** Intercambiadores de calor.
 - Material teórico.
 - Ecuaciones básicas.
 - Ejercicio.

- **III.1.1.4 Módulo 4:** Modificadores de presión.
 - Material teórico.
 - Ecuaciones básicas.
 - Ejercicio.

- **III.1.1.5 Módulo 5:** Mezcladores.
 - Material teórico.
 - Ecuaciones básicas.
 - Ejercicio.

- **III.1.1.6 Módulo 6:** Reactores.
 - Material teórico.
 - Ecuaciones básicas.
 - Ejercicios.

III.2 Incorporación de la simulación de procesos como método de enseñanza y aprendizaje en la carrera de Ingeniería Química.

Es de suma importancia antes que desarrollar el taller de simulación de procesos, hacer una evaluación tanto de los modelos de enseñanza- aprendizaje y la simulación como herramientas potenciales para apoyar los programas de estudio de las distintas asignaturas de la carrera de Ingeniería Química.

Los modelos de enseñanza tradicionales forman estudiantes que comúnmente se encuentran desmotivados con una forma de aprendizaje repetitiva, memorizando un sin fin de información, muchas de las cuales se vuelve irrelevante en su futuro mundo laboral, lo que provoca que los alumnos se olviden de mucho de lo aprendido en poco tiempo y

gran parte de lo que logran recordar no puede ser aplicado a los problemas y tareas que se presentan en el momento de afrontar la realidad. (Avelar, 2005)

Una educación pasiva y centrada en la memoria, para muchos alumnos provoca incluso dificultad para razonar de manera eficaz, y en muchos casos, presentan dificultades para asumir las responsabilidades correspondientes a la especialidad de sus estudios y al puesto que ocupan. De igual forma se puede observar en ellos la dificultad para realizar tareas trabajando de manera cooperativa. En la mayor parte de los casos, los alumnos ven a la educación convencional como algo obligatorio y con poca relevancia en el mundo real o bien, se plantean el ir a sus estudios como un mero requisito social y están imposibilitados para ver la trascendencia de su propio proceso educativo. (Avelar, 2005)

En una asignatura que se centra sólo en el contenido, el alumno es un sujeto pasivo del grupo que sólo recibe la información por medio de lecturas y de la exposición del profesor y en algunos casos de sus compañeros, y el docente como un emisor que transmite la información a sus alumnos desarrollando un contenido acorde al programa de estudios de la asignatura.

Una nueva visión o rediseño de estos modelos tradicionales es destacar el papel del estudiante como un constructor activo que descubre y transforma su propio conocimiento asumiendo la responsabilidad y cooperando dentro del núcleo de estudiantes e interrelaciones con el profesor, también, como responsabilidad del profesor se encuentra desarrollar las habilidades y capacidades profesionales de los estudiantes, identificando aptitudes especiales que los diferencie de los demás estudiantes en su futura vida laboral.

Bajo el modelo en que el alumno es quien busca el aprendizaje considerando que es necesario para resolver los problemas que se le plantean, basado en un constructivismo propio, se desarrolla la metodología de estrategia de aprendizaje conocida como Entorno Personal de Aprendizaje (PLE), el cual puede ser utilizado en un proyecto de investigación, un caso de estudio, un proyecto de diseño, resolución de un problema, un proyecto industrial, o el aprendizaje auto dirigido. La metodología Entorno Personal de Aprendizaje (PLE), es la que consideramos adecuada para introducir este taller como una estrategia de enseñanza y aprendizaje en la carrera de Ingeniería Química ya que le otorga

al estudiante el conocimiento adecuado y la facilidad de estudiarlo en el tiempo adecuado, además de permitirle a los estudiantes conservar el material y revisarlo en cualquier momento de su vida laboral en caso de necesitar refrescar los datos.

III.3 Simulador a utilizar en el taller

El simulador a utilizar a lo largo del taller es DWSIM, un programa fácil de manejar y con las funciones adecuadas para desarrollar cualquier problema de ingeniería. A continuación se presenta una descripción de la interfaz del programa y de las funciones.

III.3.1 DWSIM

DW-SIM tiene una interfaz gráfica intuitiva y fácil de usar, este cuenta con muchas de las funciones de simuladores comerciales. Permite usar una lista completa de operaciones unitarias, modelos termodinámicos avanzados, soporte para sistemas reactivos, y herramientas de caracterización de crudos. (Madeiros, 2022)

Entre las principales operaciones unitarias incluidas en DW-SIM están:

- Mezcladores, splitters, separadores, bombas, compresores, expansores, calentadores-enfriadores, válvulas, segmentos de cañería, columnas de destilación (método shortcut), intercambiadores de calor, reactores, placas orificio, columnas de destilación/absorción, separadores de sólidos, filtros, entre otros.

Los modelos termodinámicos incluidos son:

- Peng-Robinson, Soave-Redlich-Kwong, Lee-Kesler, Lee-Kesler-Plöcker, UNIFAC, UNIFAC modificado (Dortmund), UNIQUAC y UNIQUAC extendido, NRTL, COSMO-SAC, LIQUAC, PC-SAFT, FPROPS, CoolProp, Chao-Seader, Grayson-Streed, Ley de Raoult, Tablas de vapor IAPWS-IF97, Agua marina IAPWS-08.

DWSIM es un simulador químico gratuito que dispone de opciones avanzadas que solo se encuentran en plataformas comerciales. Con el entorno es posible crear modelos termodinámicos, unidades de operaciones y herramientas, entre otras tantas funciones. El programa también cuenta con:

- Certificaciones de CAPE-OPEN, con respecto al funcionamiento de la unidad y los paquetes térmicos.
- Soporta la carga de diagramas de flujos (carga y guarda dibujos).
- Apoyo a múltiples reacciones químicas y reactores.
- Cálculos de equilibrio de líquidos de vapor (VLE), usa el modelo Chao-Seader.
- Implementa paquetes CAPE-OPEN Thermodynamic Equilibrium y Property Calculators property packages.
- Clasifica productos derivados del petróleo (TBP y ASTM).
- Realiza procedimientos de regresión de datos binarios (VEG).
- Podrás ampliar sus prestaciones mediante componentes y plug-ins.
- En su interfaz predominan, un menú superior, el área de trabajo y un muelle de herramientas que flota en el centro de la interfaz.

Desde el menú es posible cambiar el idioma al español (inglés, alemán y portugués), agregar las bases de datos de los usuarios y seleccionar opciones de preexistencia para CAPE-OPEN.

Otro punto interesante es la posibilidad de escribir y ejecutar Scripts en el propio programa. La escritura es posible realizarla con los lenguajes; IronRuby, IronPython, JScript y VBScript. Este servicio funciona gracias a dos características. La primera, se encuentra íntegramente desarrollada con Visual Basic, y la segunda, su código es Open Source.

Una vista arquitectónica representa un aspecto parcial de una arquitectura de software, que muestra propiedades específicas del sistema. Así, se puede definir a una vista arquitectónica como una descripción simplificada o abstracción de un sistema desde una perspectiva específica, que cubre intereses particulares y omite entidades no relevantes a esta perspectiva. En este sentido, se puede representar DWSIM en una vista arquitectónica general, sobre la cual es posible identificar los elementos principales del simulador de procesos y una vista arquitectónica más específica donde se identifican las clases y objetos relevantes involucrados en la simulación del proceso de destilación.

III.3.1.1 Ejecutivo del Simulador

Su función es gestionar tanto las tareas de cálculo y de intercambio de datos, como por ejemplo las secuencia de cálculo, la recuperación de los parámetros de propiedades físicas y termodinámicas, rutinas para las operaciones unitarias, seguimiento para la convergencia y gestión del sistema de archivos de datos, así como las bibliotecas de clases de componentes que implementan la funcionalidad especificada para las interfaces CAPE-OPEN.

III.3.1.2 Módulo de Serialización

Forma una unidad lógica o biblioteca que permite controlar cómo los objetos y estructuras de datos se traducen en un formato específico legible para el usuario que puede ser almacenado en memoria o transmitido por una conexión, proceso que se conoce como serialización (marshalling en inglés). La serialización es un mecanismo usado en gran medida para transportar objetos a través de una red, para hacer persistente un objeto en un archivo o base de datos, o para distribuir objetos a varias aplicaciones o localizaciones (McMonnies, 2004).

III.3.1.3 La Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)

Su función principal consiste en proporcionar el entorno visual para permitir la comunicación del usuario con el simulador. DWSIM por seguir una estrategia de solución modular secuencial, su GUI, se encarga de ayudar a dibujar el diagrama de flujo de proceso, proveer al usuario mediante un conjunto de imágenes y objetos gráfico, las distintas ventanas para introducir las especificaciones para las operaciones unitarias, así como la configuración de paquetes de cálculos termodinámicos y rutinas de cálculo para la simulación

III.3.2 Arquitectura del ejecutivo del simulador

Dentro del ejecutivo del simulador de DWSIM se encuentran los bloques de código que conforman las partes principales de la aplicación. A nivel de POO, estos bloques pueden ser representados como módulos o un conjunto de funciones relacionadas denominados objetos. Las tecnologías orientadas a objetos se han convertido en uno de los motores clave de la industria del software. El desarrollo de programas orientados a objetos es un enfoque diferente del mundo informático que supera y amplía conceptos antiguos de la programación estructurada tradicional, en la que los datos y los procedimientos están separados y sin relación. Implica la creación de modelos del mundo real y la construcción de programas informáticos basados en esos modelos.

En este sentido, el ejecutivo de simulación de DWSIM se divide en objetos auto-contenidos que representan una parte diferente de la aplicación. Sin embargo en la POO, desde el punto de vista técnico se habla de clases y no de objetos, dado que las clases equivalen a modelos o plantillas que describen cómo se construyen dichos objetos. Cada vez que se construye un objeto a partir de una clase se está creando lo que se denomina una instancia de esa clase (McMillan, 2004). Por consiguiente, los objetos no son más que instancias de una clase. En un contexto del mundo real, se puede pensar en "Columna" como una clase y una columna concreta con determinadas dimensiones, número de etapas y determinadas especificaciones como una instancia de esta clase "Columna".

Por otra parte DWSIM cuenta con los elementos necesarios para simular columnas de destilación rigurosa exhibiendo las ventajas reconocidas del software libre. Esto permite a los usuarios ver cómo se realizan realmente los cálculos durante una simulación del proceso de destilación mediante el estudio de su código fuente, lo que brinda una mejor comprensión y lleva a cabo adaptaciones con base a requerimientos propios o mejoras mediante su modificación. DWSIM por otra parte es compatible con los estándares CAPEOPEN lo que habilita la posibilidad de desarrollar, incorporar y utilizar componentes de simulación externos compatibles con el estándar.

TERCERA PARTE

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

CAPITULO IV PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta toda la información relativa al taller de simulación de procesos. Para ello, los resultados se encuentran divididos en tres grupos: los resultados previos a la implementación de las capacitaciones, los resultados de rendimiento de los participantes del taller, y por último los resultados de la percepción del taller por parte de los participantes.

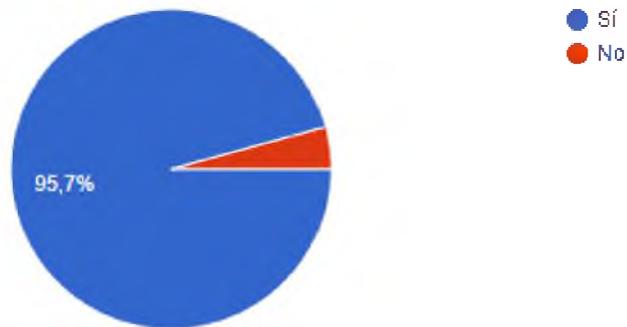
Así mismo, también se presenta el diseño del taller de simulación de procesos y la puesta en práctica de las jornadas de capacitación a interesados en el área de ingeniería. Primero, se presenta el esquema por módulo del taller, incluyendo una breve descripción de los contenidos impartidos en cada uno; más adelante es posible ver las rúbricas utilizadas para la evaluación cualitativa de la implementación de las capacitaciones; por último, se presentan los resultados obtenidos en el proceso de implementación incluyendo evidencias de las jornadas de capacitación.

IV.1 PRE-IMPLEMENTACION DEL TALLER

En la primera etapa de este proyecto se realiza un diagnóstico de la realidad actual con respecto a simulación de procesos mediante el uso de encuestas en las cuales participaron alrededor de 50 pertenecientes a la comunidad académica de ingeniería química. Los encuestados poseen entre 1 y 11 años de experiencia en múltiples industrias, entre las cuales destacan la petrolera, la minera, farmacéutica y de alimentos.

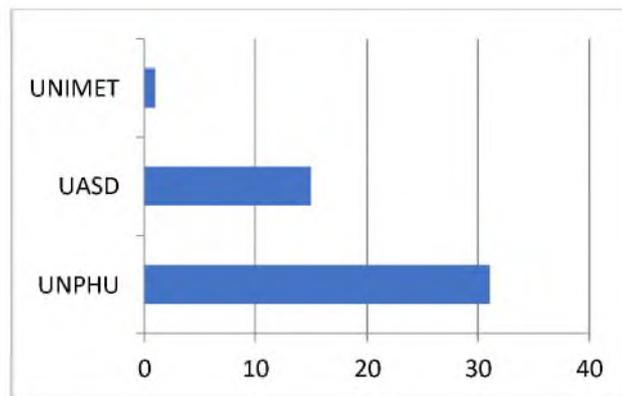
IV.1.1 Primera sección: Introducción.

Figura # 3: ¿Es usted estudiante o egresado de Ingeniería química?



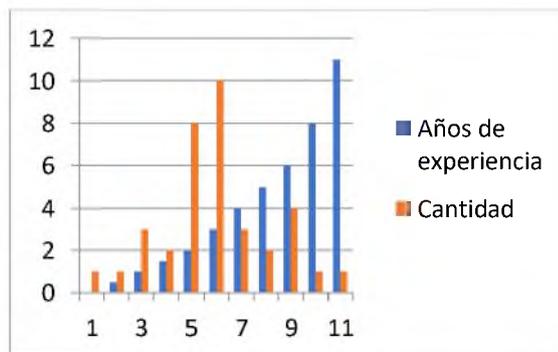
Fuente: Elaboración propia

Figura # 4: ¿En qué institución estudió?



Fuente: Elaboración propia

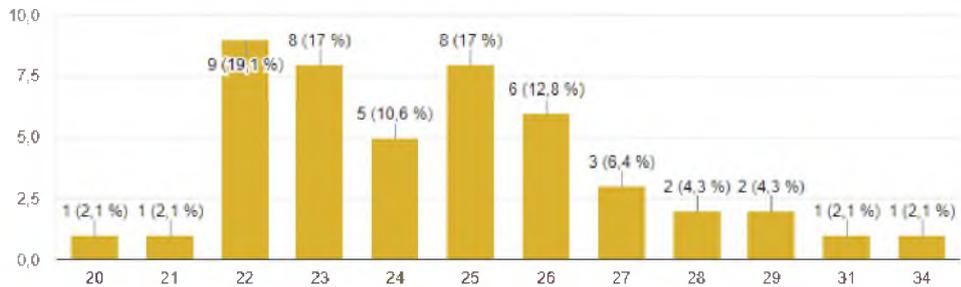
Figura # 5: En caso de trabajar, ¿Cuántos años de experiencia tiene?



Fuente: Elaboración propia

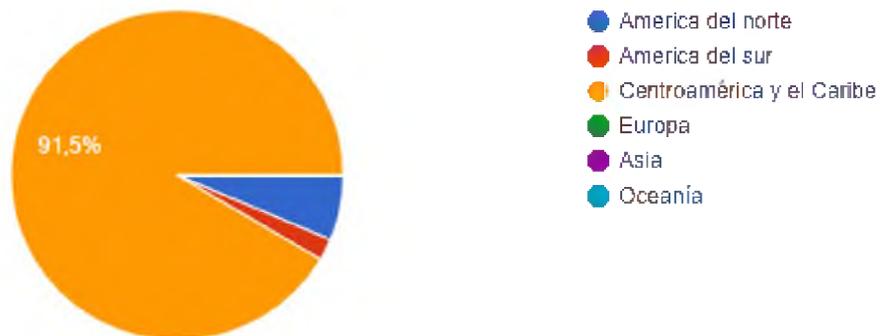
IV.1.2 Segunda sección: Información personal.

Figura # 6: ¿Cuántos años tiene?



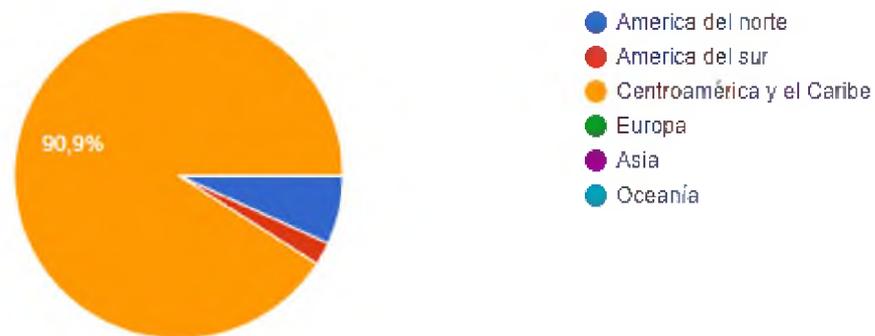
Fuente: Elaboración propia

Figura # 6: ¿En qué región vive?



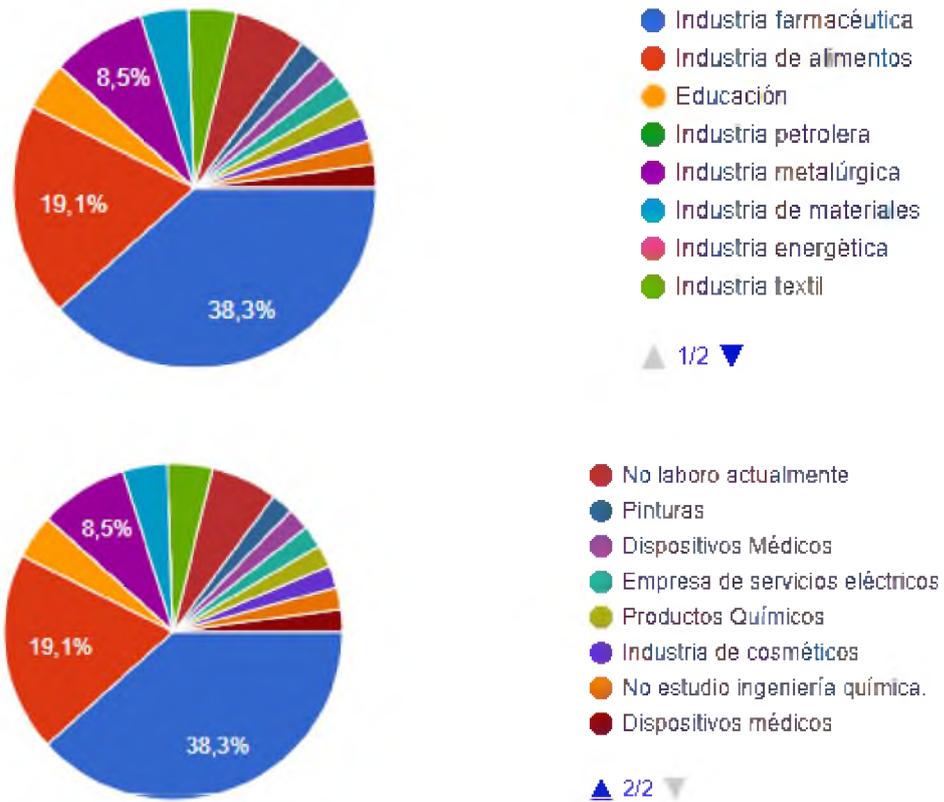
Fuente: Elaboración propia

Figura # 7: ¿En qué región ejerce la ingeniería química?



Fuente: Elaboración propia

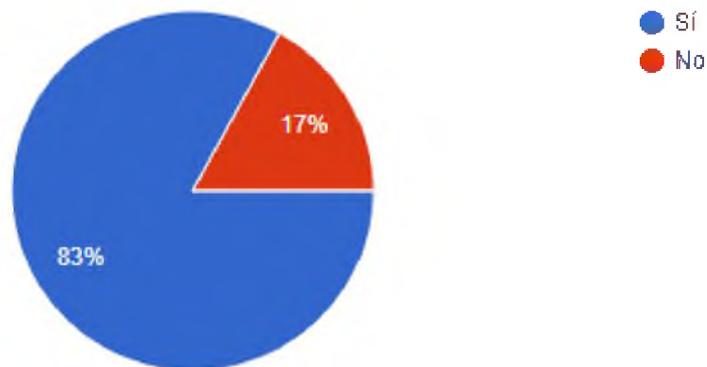
Figura # 8: ¿En qué industria trabaja actualmente?



Fuente: Elaboración propia

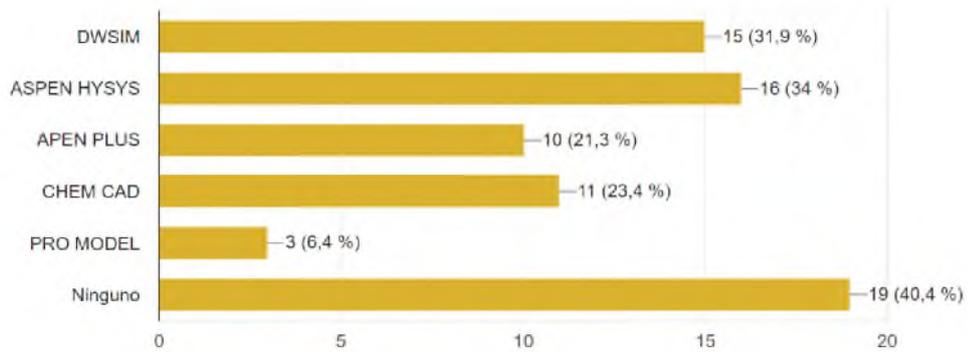
IV.1.3 Tercera sección: Simulación de Procesos

Figura # 9: ¿Sabe usted que es la simulación de procesos en ingeniería química?



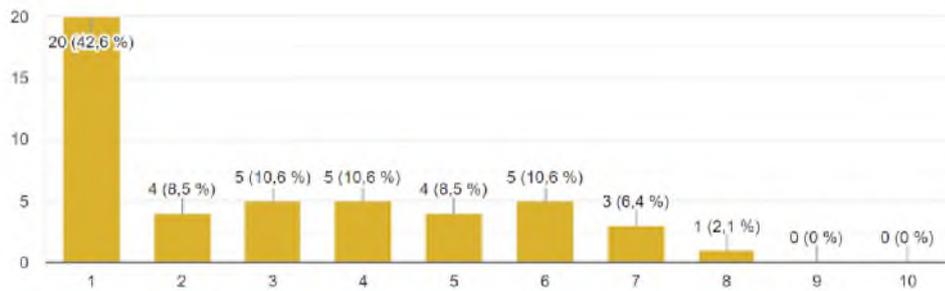
Fuente: Elaboración propia

Figura # 10: ¿Cuáles de los siguientes simuladores de procesos conoce?



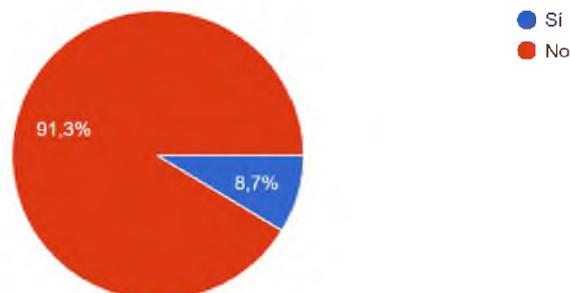
Fuente: Elaboración propia

Figura # 11: ¿Siendo 1 muy bajo y 10 muy alto, del 1 al 10 ¿cuál es su nivel de dominio de el/los programa(s) seleccionado(s) en la pregunta anterior?



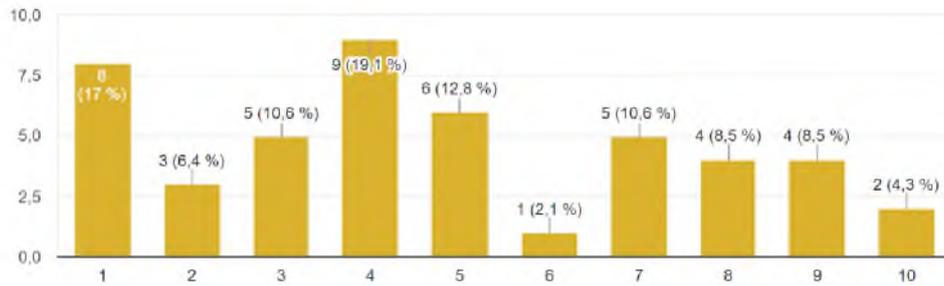
Fuente: Elaboración propia

Figura # 12 : ¿Ha utilizado usted la simulación de procesos en su vida laboral como Ingeniero Químico?



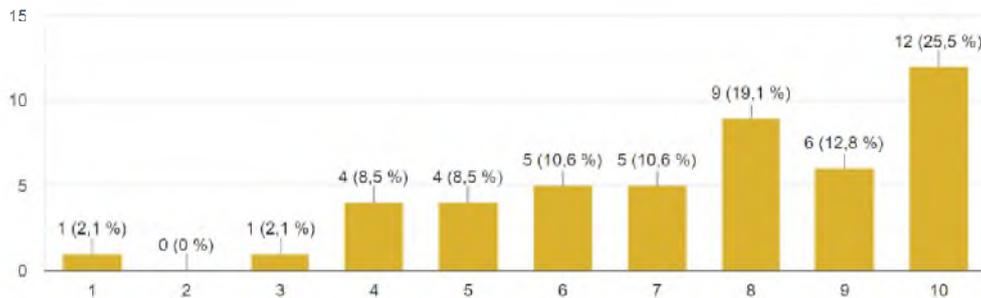
Fuente: Elaboración propia

Figura # 13: Siendo 1 muy bajo y 10 muy alto, del 1 al 10 ¿Cuál es su nivel de seguridad al postularse a empleos en el área de ingeniería de procesos?



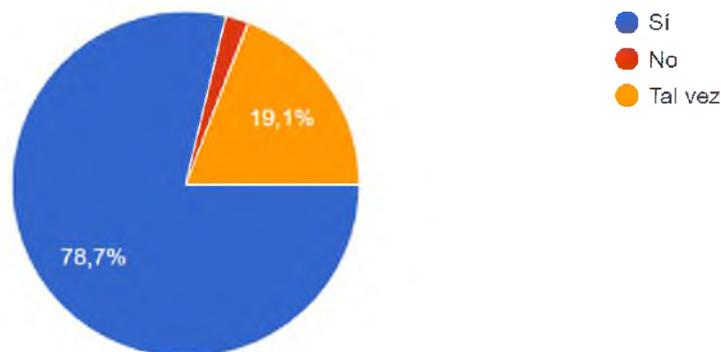
Fuente: Elaboración propia

Figura # 14: Siendo 1 poco importante y 10 muy importante, del 1 al 10 para usted ¿Qué tan importante es la simulación de procesos en la vida laboral de los ingenieros químicos?



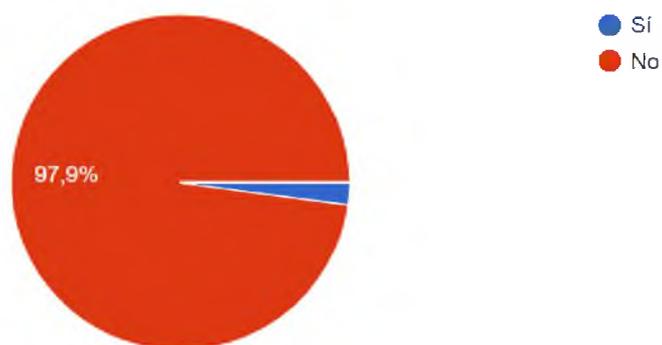
Fuente: Elaboración propia

Figura # 15: ¿Está usted interesado en capacitarse en el área de simulación de procesos?



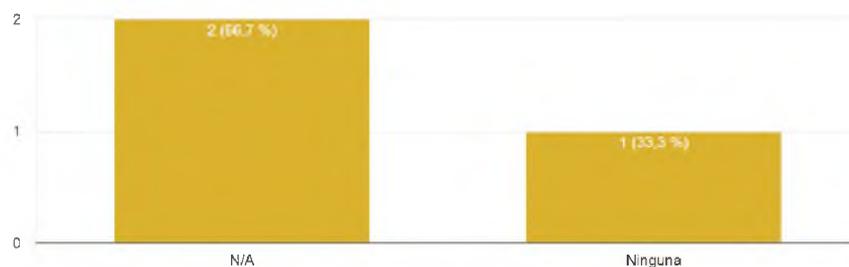
Fuente: Elaboración propia

Figura # 16: ¿Conoce usted de instituciones que den capacitaciones en el área de simulación de procesos en la República Dominicana?



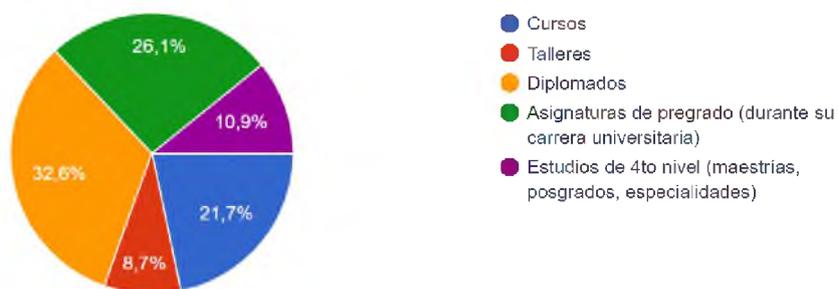
Fuente: Elaboración propia

Figura # 17: En caso de conocer instituciones que den capacitaciones en el área de simulación de procesos a nivel internacional, por favor menciónela(s) a continuación:



Fuente: Elaboración propia

Figura # 18: De estar interesado/a, ¿En qué formato le gustaría que se implementaran estas capacitaciones?



Fuente: Elaboración propia

IV.2 IMPLEMENTACION DEL TALLER

El contenido de este taller es impartido por facilitadores capacitados en el área de simulación de procesos con DWSIM. Para ello, los mismos se apoyarán del manual del taller, el cual explica de forma detallada el contenido a impartir desde la introducción a la simulación de procesos vista en el primer módulo, hasta el modelaje de reactores de tipo CSTR y PFR vistos en el sexto y último módulo. Para la puesta en marcha de este proyecto, los facilitadores deben capacitarse previamente con el manual de trabajo con el fin de garantizar el dominio de los contenidos previo al inicio del curso en el aula. Una vez culminado el taller, los participantes evaluarán el desempeño de los facilitadores a través de una encuesta multicomponente que evalúa el contenido impartido en las capacitaciones, la calidad del material didáctico, el dominio del contenido por parte de los facilitadores, la atención de dudas durante las capacitaciones y, para concluir la encuesta, las probabilidades de que el encuestado recomiende el taller a un compañero o colega. Esta información será detallada a profundidad en la evaluación de resultados.

Durante cada uno de los módulos, el facilitador que no esté explicando contenidos debe tomar las siguientes notas con el fin de realizar el reporte final del curso.

Figura # 19: Rubrica de evaluación cualitativa promedio para el taller

	Muy Alto	Alta	Intermedio	Bajo	Muy Bajo
Atención prestada por parte de los participantes					
Participación en las actividades de fin de módulo					
Participación en clase					
Capacidad de hacer las actividades de fin de módulo					

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se anexa un resumen de lo impartido en cada uno de los módulos junto a imágenes de las jornadas de capacitación a estudiantes de último año de ingeniería química.

IV.2.1 MÓDULO 1: INTRODUCCIÓN AL CURSO

La primera sección del taller inicia con una breve presentación de los facilitadores, su curriculum vitae y experiencia en el área, la justificación del taller; luego sigue una presentación de los participantes, dando su nombre, año de carrera, años de experiencia laboral, motivación para ver el taller y expectativas del mismo. Una vez culminada esta actividad inicial se dará una breve introducción al taller, presentación de objetivos del taller, dinámica de evaluación y presentación de conceptos importantes para el entendimiento del taller; se explica cómo descargar el simulador y algunos ejemplos de aplicaciones de la simulación de procesos en ingeniería química.

A lo largo de la primera sesión de capacitaciones, los participantes se mostraron motivados por el taller, mostrando una alta tasa de participación oral y escrita (vía chat de la conferencia). Los participantes se mostraron abiertos a dialogar sobre sus expectativas del curso, experiencia académica y laboral.

Durante este primer módulo fue posible obtener los siguientes resultados, correspondientes a un corto tiempo de respuesta a las dudas planteadas, una alta tasa de participación, y el planteamiento de preguntas relativas a lo explicado de forma acertada.

Imagen # 1: Jornadas de capacitación del primer módulo.



Fuente: Elaboración propia

Figura # 20: Evaluación cualitativa promedio del primer módulo.

	Muy Alto	Alta	Intermedio	Bajo	Muy Bajo
Atención prestada por parte de los participantes	X				
Participación en las actividades de fin de módulo		X			
Participación en clase		X			
Capacidad de hacer las actividades de fin de módulo	X				

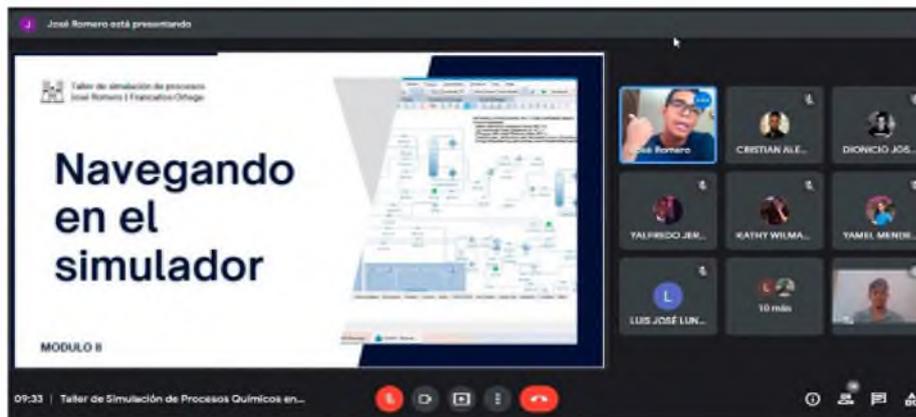
Fuente: Elaboración propia

IV.2.2 MÓDULO 2: NAVEGANDO EN EL SIMULADOR

El contenido que hace referencia directa a la simulación de procesos inicia en el segundo módulo del curso, iniciando esta sección con una introducción al entorno de DWSIM, viendo distintos paquetes de propiedades (incluyendo una guía para seleccionar el paquete de propiedades), sistemas de unidades, diagramas de flujo para el modelado de procesos, cómo insertar objetos en el diagrama de flujos, cómo conectar objetos, cómo manejar datos en el proceso de simulación y cómo ver los resultados de una simulación.

Durante la explicación de este módulo los participantes se mantuvieron muy concentrados y atentos, se entendió que esta sección era de mucha importancia para poder entender la simulación en DWSIM, realizaron varias preguntas con respecto a la selección del paquete de propiedades.

Imagen # 2: Jornadas de capacitación del segundo módulo.



Fuente: Elaboración propia

Durante este módulo fue posible obtener los siguientes resultados:

Figura # 21: Evaluación cualitativa promedio del Módulo 2

	Muy Alto	Alta	Intermedio	Bajo	Muy Bajo
Atención prestada por parte de los participantes	X				
Participación en las actividades de fin de módulo		X			
Participación en clase			X		
Capacidad de hacer las actividades de fin de módulo		X			

Fuente: Elaboración propia

IV.2.3 MÓDULO 3: INTERCAMBIADORES DE CALOR

Desde el tercer hasta el sexto módulo se imparte el contenido del taller referente a operaciones unitarias e ingeniería de reacciones. La primera de estas cuatro capacitaciones prácticas comprende los intercambiadores de calor, desde la teoría referente a ellos hasta el modelaje de ejercicios de intercambiadores de calor en DWSIM. El módulo inicia con aplicaciones comunes de los intercambiadores de calor, detalla los tipos de intercambiadores de calor según su construcción, refresca algunas relaciones importantes y culmina con un ejercicio sobre intercambiadores de calores en DWSIM.

En esta tercera sesión de capacitaciones, el nivel de atención en los participantes se mantuvo elevado, probablemente producto de que es la primera sesión práctica de las capacitaciones. Los participantes participaron de forma activa y acertada, plantearon sus dudas e intervinieron de forma colaborativa durante la resolución del problema final del taller. Específicamente en el cierre de esta unidad, hubo un alto nivel de seguimiento durante la elaboración de las actividades, ya que los participantes comunicaron los resultados de sus propias simulaciones.

Imagen # 3: Jornadas de capacitación del tercer módulo.



Fuente: Elaboración propia

A partir del rendimiento académico durante estas capacitaciones, los resultados cualitativos fueron:

Figura # 22: Evaluación cualitativa promedio del Modulo 3:

	Muy Alto	Alta	Intermedio	Bajo	Muy Bajo
Atención prestada por parte de los participantes	X				
Participación en las actividades de fin de módulo	X				
Participación en clase		X			
Capacidad de hacer las actividades de fin de módulo	X				

Fuente: Elaboración propia

IV.2.4 MÓDULO 4: MODIFICADORES DE PRESIÓN

La segunda de estas cuatro capacitaciones prácticas aborda lo referente a equipos modificadores de presión. Estas inician con los principios básicos de la medición de presión, luego se comenta sobre la potencia mecánica, rendimientos, compresores (definición y clasificación) y por último trabaja un ejercicio sobre compresores en DWSIM.

Este módulo es de los más cortos en cuanto a su fundamento teórico se refiere, lo que dio como resultado llegar más rápido a la sección del ejercicio, Aquí los participantes prestaron buena atención ya que todo fue muy balanceado, no hubo exceso de teoría, ni exceso de problemas matemáticos. La participación también fue buena y no se presentó ningún inconveniente al momento de desarrollar del ejercicio.

Imagen # 4: Jornadas de capacitación del cuarto módulo.



Fuente: Elaboración propia

A partir del rendimiento académico durante esta capacitación, los resultados cualitativos fueron:

Figura # 23: Evaluación cualitativa promedio del Módulo 4

	Muy Alto	Alta	Intermedio	Bajo	Muy Bajo
Atención prestada por parte de los participantes		X			
Participación en las actividades de fin de módulo		X			
Participación en clase		X			
Capacidad de hacer las actividades de fin de módulo	X				

Fuente: Elaboración propia

IV.2.5 MÓDULO 5: MEZCLADORES

La penúltima capacitación comprende el manejo de mezcladores en DWSIM. Esta sección inicia con la definición y clasificación de las mezclas y mezcladores, posteriormente el manejo de las ecuaciones para los cálculos de propiedades de mezclas y por último un ejercicio de equipos de mezcla en DWSIM.

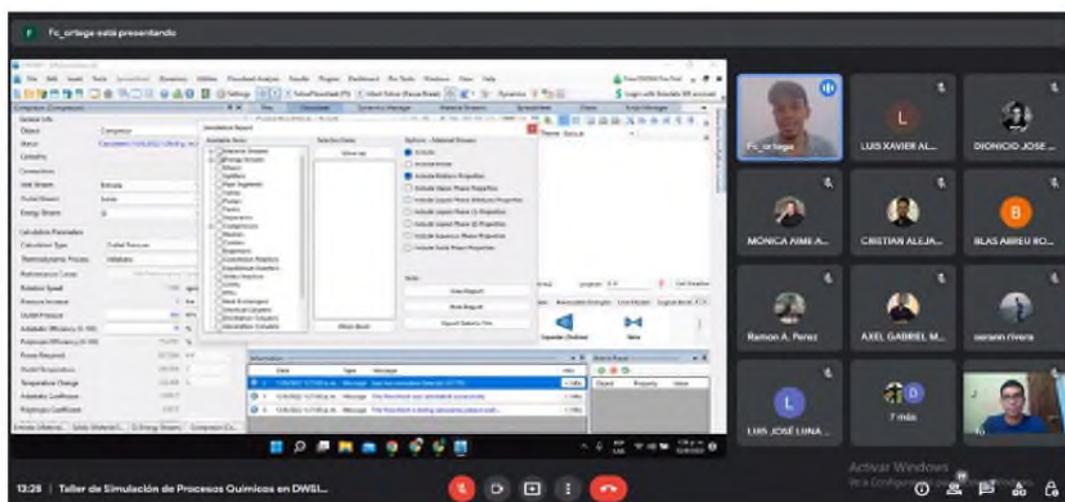
En mezcladores se presenta un caso similar a los intercambiadores de presión, la teoría es corta, pero precisa, el mayor enfoque se encuentra en el desarrollo del ejercicio y mostrar a los participantes cómo desenvolverse en DWSIM, gracias a los factores previamente mencionados se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura # 24: Evaluación cualitativa promedio del Módulo 5

	Muy Alto	Alta	Intermedio	Bajo	Muy Bajo
Atención prestada por parte de los participantes		X			
Participación en las actividades de fin de módulo		X			
Participación en clase			X		
Capacidad de hacer las actividades de fin de módulo	X				

Fuente: Elaboración propia

Imagen # 5: Jornadas de capacitación del quinto módulo.



Fuente: Elaboración propia

IV.2.6 MÓDULO 6: REACTORES

El último módulo del taller de simulación de procesos hace referencia a reactores químicos en DWSIM, el mismo da una introducción a los reactores químicos, presenta los principios para el diseño de un reactor, los factores determinantes para la selección de un reactor y por último presenta la clasificación de los reactores, lo que abre paso a los ejercicios de reactores en DWSIM.

Dada la necesidad de la ingeniería de reacciones de tener ejercicios detallados para la correcta enseñanza del manejo de reactores en DWSIM, el sexto módulo del taller posee tres ejercicios de simulación, el primero referente a reactores de conversión con reacción simple, el segundo referente a reactores de tipo CSTR, y el tercero referente a reactores de tipo PFR.

Durante la última sesión de capacitaciones, a diferencia de los módulos anteriores, el nivel de atención de los participantes decayó de forma significativa, probablemente producto del agotamiento por el tiempo dedicado a las capacitaciones, la reducción de tiempos de descanso y la complejidad teórico-práctica del contenido impartido. Esto de evidenciado en los largos tiempos de respuesta al plantear dudas a los participantes, el poco planteamiento de dudas e inquietudes durante la capacitación y en la relativamente baja tasa de participación en la resolución de ejercicios finales en la unidad.

Imagen # 6: Jornadas de capacitación del sexto módulo.



Fuente: Elaboración propia

El desempeño anteriormente descrito permitió obtener la siguiente evaluación cualitativa:

Figura # 25: Evaluación cualitativa promedio del Módulo 6

	Muy Alto	Alta	Intermedio	Bajo	Muy Bajo
Atención prestada por parte de los participantes		X			
Participación en las actividades de fin de módulo			X		
Participación en clase		X			
Capacidad de hacer las actividades de fin de módulo			X		

Fuente: Elaboración propia

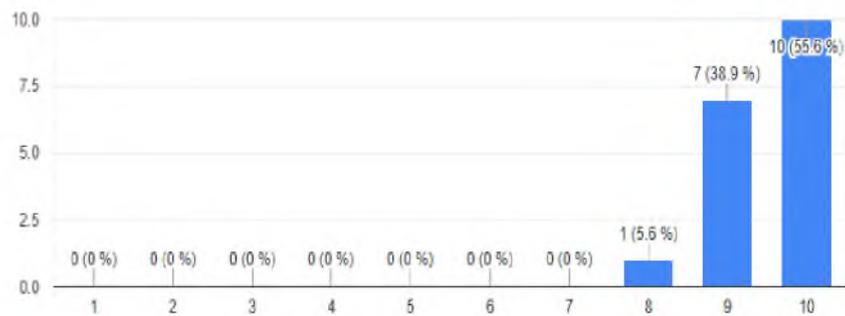
IV.3 POST-IMPLEMENTACION DEL TALLER

Dado el carácter secuencial de los contenidos de las capacitaciones, la forma más oportuna de evaluar la eficiencia del taller y el desenvolvimiento de los participantes después de cursar el mismo es una vez terminada las capacitaciones. Los estudiantes evaluaron el desempeño de los facilitadores a través de una encuesta multicomponente de elaboración propia que contempló los siguientes puntos:

IV.3.1 Primera sección: Contenido del curso:

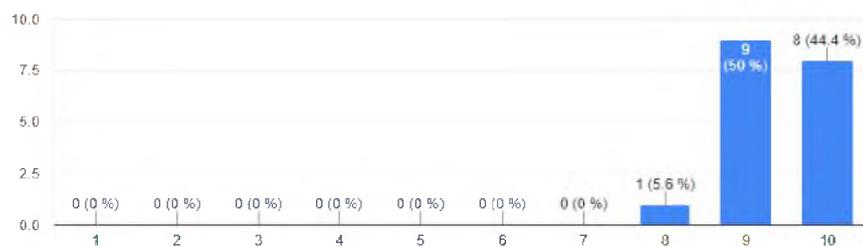
En esta se le pide al encuestado comentar sobre su percepción de los contenidos trabajados durante las clases. Para esto, se le pide que puntúe del uno al diez (siendo 1 total desacuerdo y 10 total acuerdo) su percepción sobre los enunciados planteados en cada pregunta.

Figura # 26: El contenido impartido cubre de manera integral temas básicos de ingeniería de procesos.



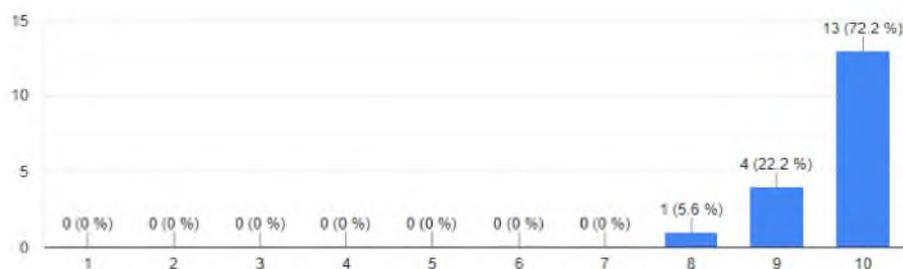
Fuente: Elaboración propia

Figura # 27: El contenido impartido fue de fácil entendimiento.



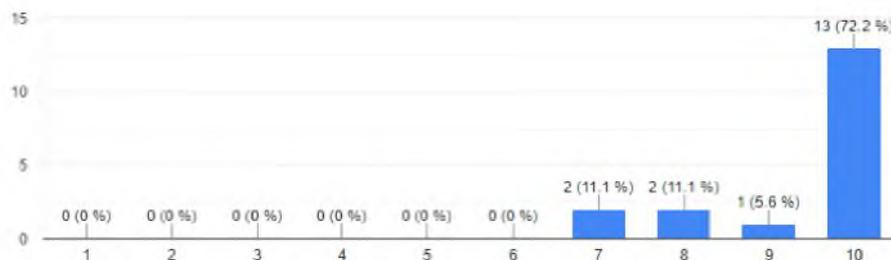
Fuente: Elaboración propia

Figura # 28: El contenido aborda los temas del curso de forma puntual.



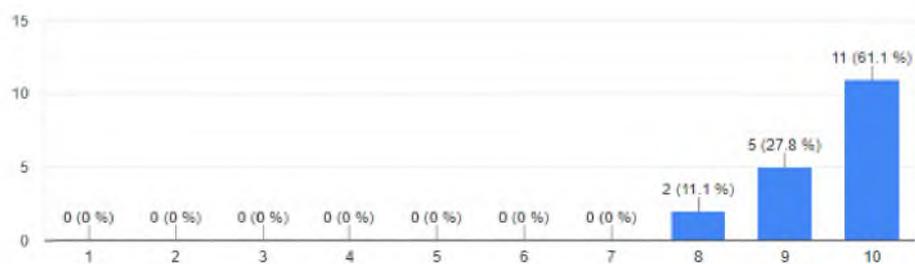
Fuente: Elaboración propia

Figura # 29: El contenido del curso fue desglosado de una forma integral.



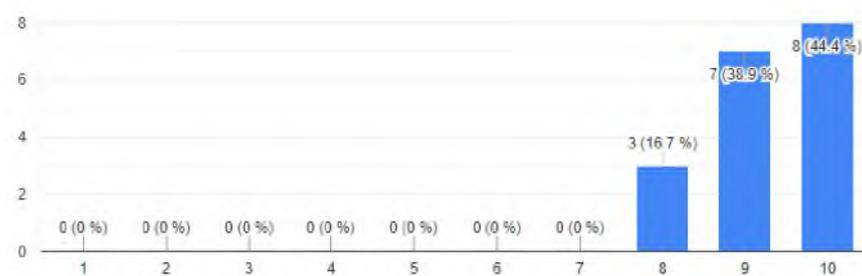
Fuente: Elaboración propia

Figura # 30: Los ejemplos desarrollados por unidad fueron sencillos y prácticos.



Fuente: Elaboración propia

Figura # 31: Los ejemplos desarrollados por unidad fueron fáciles de entender.

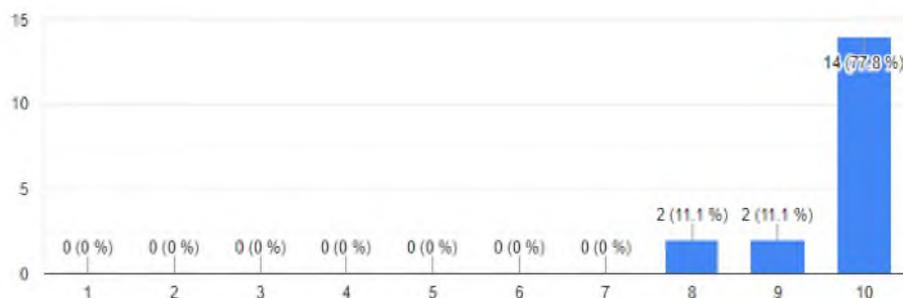


Fuente: Elaboración propia

IV.3.2 Segunda sección: Material didáctico:

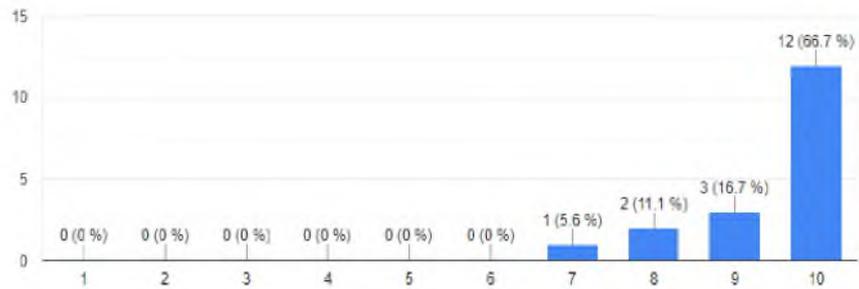
En esta se le pide al encuestado comentar sobre su percepción del material de apoyo utilizado durante las clases. Para esto, se le pide que puntúe del uno al diez (siendo 1 total desacuerdo y 10 total acuerdo) su percepción sobre los enunciados planteados en cada pregunta.

Figura # 32: Los conceptos introductorios presentados por unidad fueron fáciles de entender.



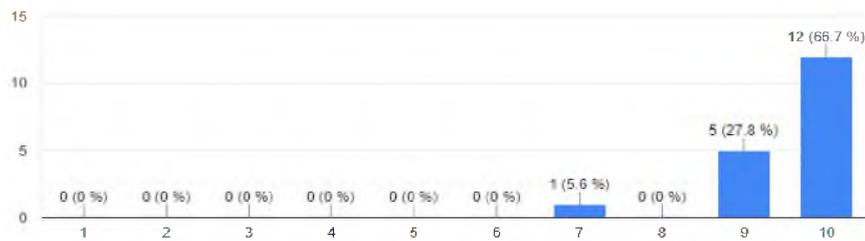
Fuente: Elaboración propia

Figura # 33: Los conceptos introductorios presentados por unidad fueron desglosados de una manera apropiada



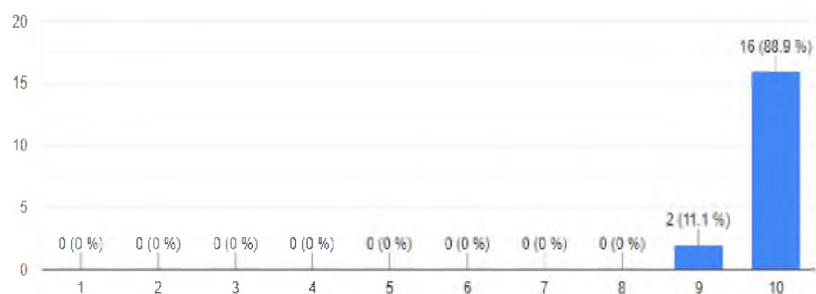
Fuente: Elaboración propia

Figura # 34: La apariencia del material didáctico fue visualmente estético.



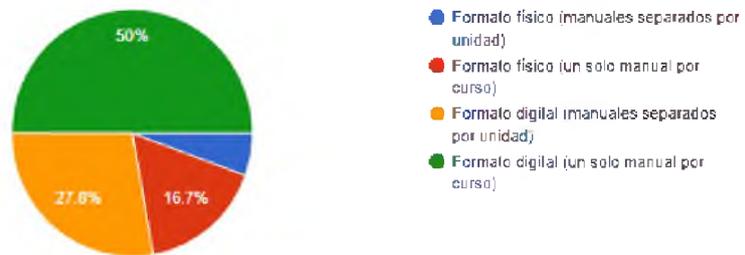
Fuente: Elaboración propia

Figura # 35: El contenido gráfico del material didáctico fue de utilidad para el entendimiento de la teoría.



Fuente: Elaboración propia

Figura # 36: De tener la posibilidad de elegir, preferiría que la presentación del material didáctico fuera:

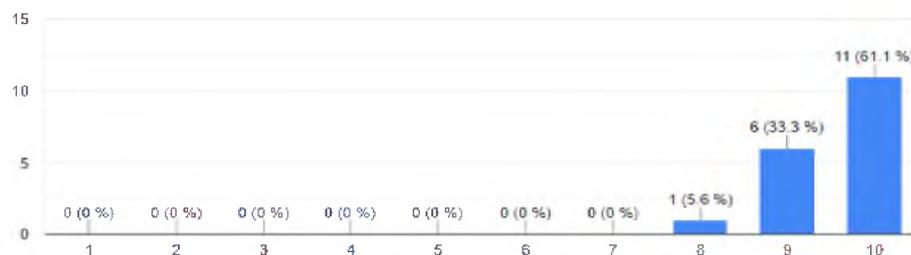


Fuente: Elaboración propia

IV.3.3 Tercera sección: Dominio del contenido:

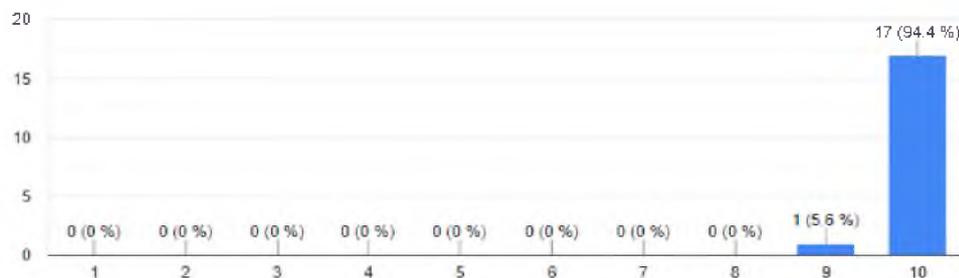
En esta se le pide al encuestado comentar sobre su percepción del dominio de los temas impartidos por parte de los facilitadores. Para esto, se le pide que puntúe del uno al diez (siendo 1 total desacuerdo y 10 total acuerdo) su percepción sobre los enunciados planteados en cada pregunta.

Figura # 36: Los facilitadores desglosaron el contenido del curso de una manera clara y comprensible.



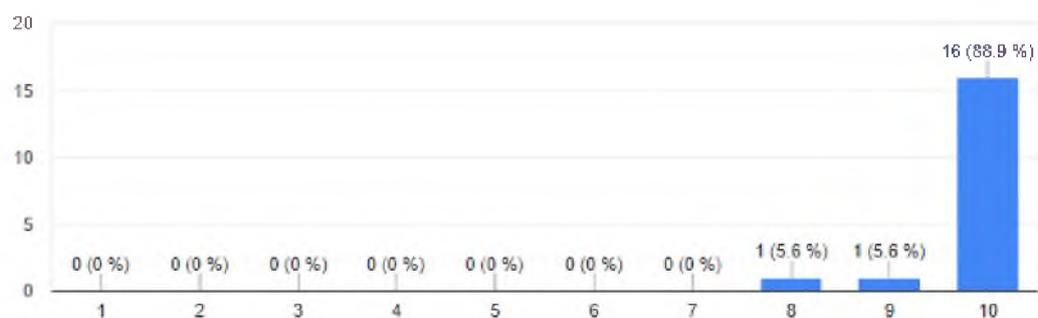
Fuente: Elaboración propia

Figura # 37: Los facilitadores mostraron vinculación con el contenido impartido a lo largo de las capacitaciones.



Fuente: Elaboración propia

Figura # 38: Los facilitadores supieron explicar los conceptos clave del curso.

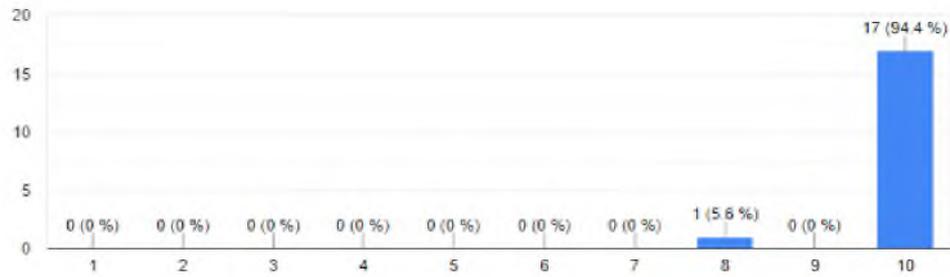


Fuente: Elaboración propia

IV.3.4 Cuarta sección: Atención de dudas:

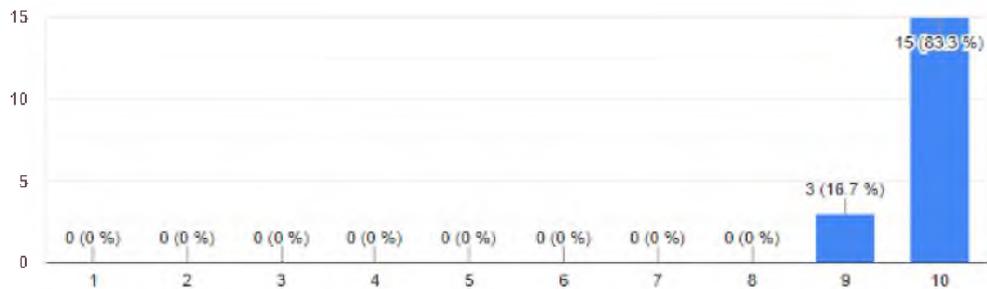
En esta se le pide al encuestado comentar sobre su percepción de los espacios para solventar dudas durante las clases. Para esto, se le pide que puntúe del uno al diez (siendo 1 total desacuerdo y 10 total acuerdo) su percepción sobre los enunciados planteados en cada pregunta.

Figura # 39: Los facilitadores se mostraron abiertos a la atención de inquietudes a lo largo de las capacitaciones.



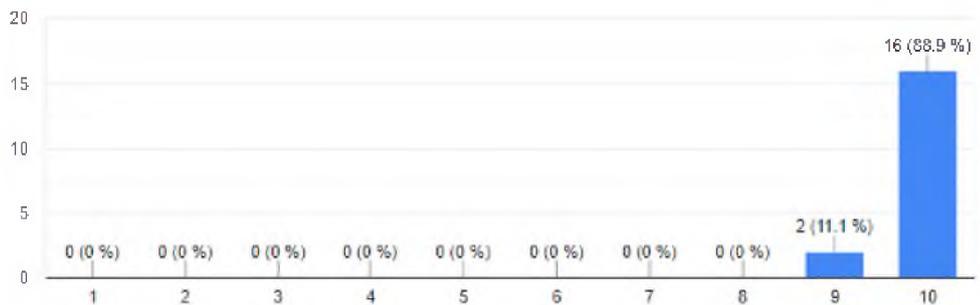
Fuente: Elaboración propia

Figura # 40: Todas mis dudas fueron aclaradas durante las capacitaciones.



Fuente: Elaboración propia

Figura # 41: Los facilitadores dieron seguimiento a las dudas planteadas durante las capacitaciones.

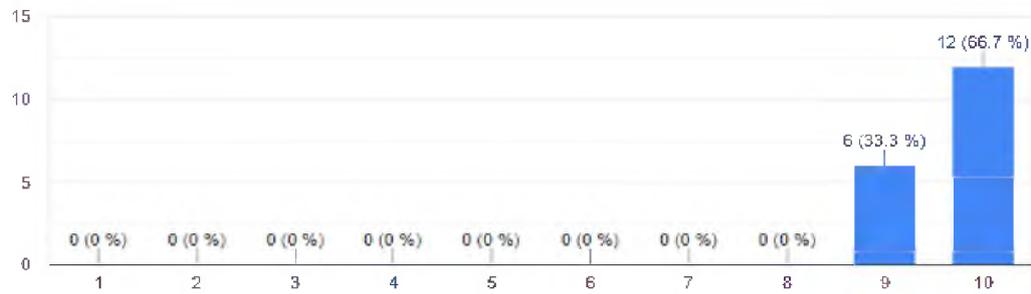


Fuente: Elaboración propia

IV.3.5 Quinta sección: Percepción de la simulación de procesos y DWSIM:

En esta se le pide al encuestado comentar sobre su percepción de la simulación de procesos y el simulador utilizado. Para esto, se le pide que puntúe del uno al diez (siendo 1 total desacuerdo y 10 total acuerdo) su percepción sobre los enunciados planteados en cada pregunta.

Figura # 42: El contenido adquirido en este taller será de utilidad en mi vida profesional.



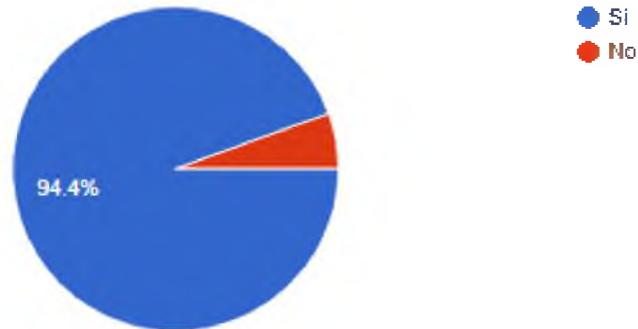
Fuente: Elaboración propia

Figura # 43: ¿Entiende usted que se deben replicar más contenido como este sobre simulación de procesos en República Dominicana?



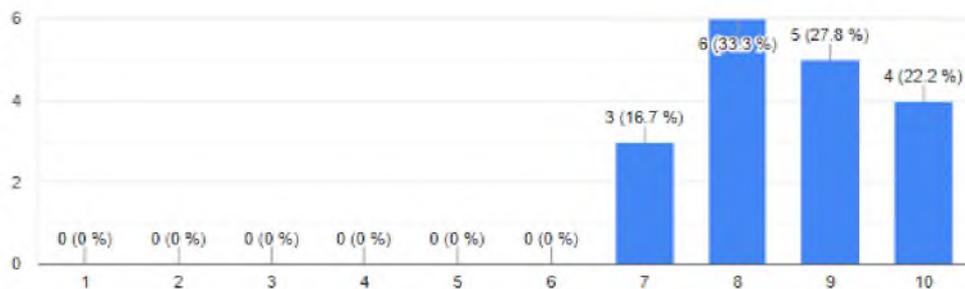
Fuente: Elaboración propia

Figura # 44: ¿Se debería agregar la simulación de procesos al pensum de Ingeniería Química?



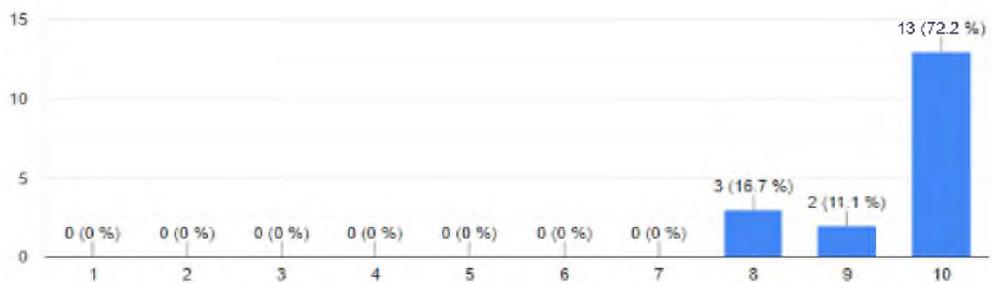
Fuente: Elaboración propia

Figura#45: ¿Qué posibilidades existen de que sigas estudiando/investigando sobre simulación de procesos?



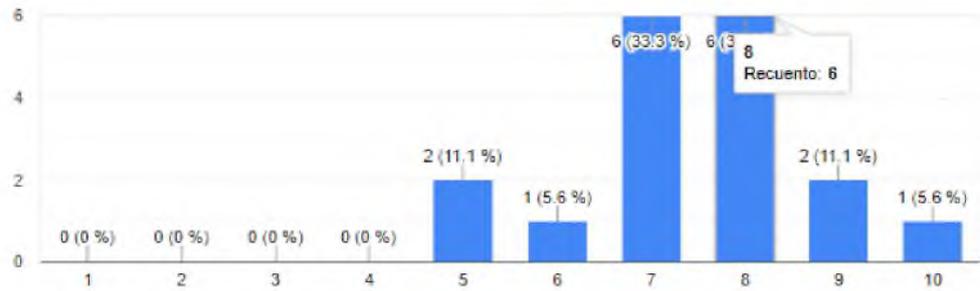
Fuente: Elaboración propia

Figura # 46 : ¿Qué tan útil te pareció DWSIM?



Fuente: Elaboración propia

Figura # 47: Luego de culminar el taller, ¿cuál es tu nivel en DWSIM?



Fuente: Elaboración propia

Figura # 48: ¿Te sientes con las capacidades necesarias para resolver ejercicios básicos en DWSIM?

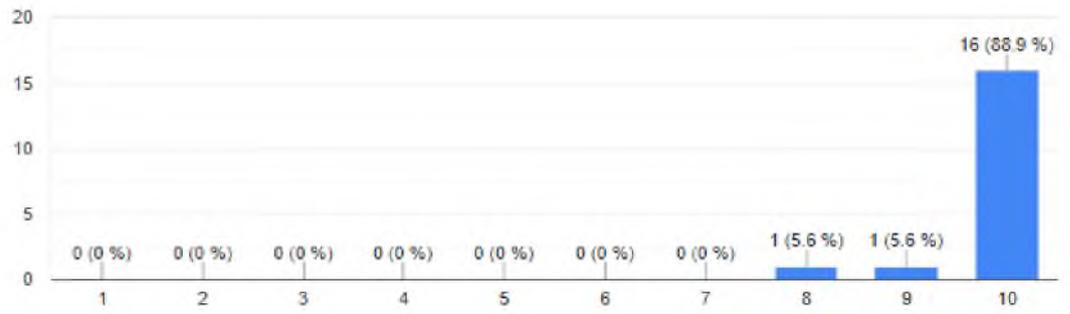


Fuente: Elaboración propia

IV.3.6 Sexta sección: Conclusión:

En esta se le pide al encuestado hablar sobre su percepción general del curso comentando la probabilidad de que recomiende estas capacitaciones a algún compañero de trabajo o de clases. Para esto, se le pide que puntúe del uno al diez (siendo 1 total desacuerdo y 10 total acuerdo) su percepción sobre los enunciados planteados en cada pregunta.

Figura # 49: Recomendaría esta capacitación a compañeros y/o colegas.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se analizan todos los resultados obtenidos en el capítulo anterior, entre los cuales destaca información relacionada a la situación actual de simulación de procesos en República Dominicana, el desenvolvimiento de las estrategias para mejorar esta situación, y la percepción de las estrategias utilizadas por parte de un sector de la comunidad académica. Este capítulo se divide en tres partes: el análisis de resultados obtenidos previos a la implementación, análisis de resultados obtenidos durante la implementación y el análisis de resultados obtenidos una vez culminada la implementación.

V.1 Análisis pre - implementación

Luego de evaluar los resultados obtenidos en la encuesta inicial, es posible observar que:

V.1.1 La ingeniería de procesos es un área esencial en la formación del Ingeniero Químico.

En los resultados de la encuesta sobre oportunidades laborales en ingeniería de procesos, un 57.4% de los encuestados consideran que la simulación de procesos es un componente esencial en la formación del ingeniero químico, donde el 25.5% de todos los encuestados (alrededor de un 44.43% de este sub-grupo) se encuentran totalmente de acuerdo con que la simulación de procesos es importante en la vida laboral de los ingenieros químicos, puntuando este enunciado con 10 de 10 puntos (la calificación más alta).

Tras revisar la bibliografía correspondiente, comparar diversos programas de asignaturas de ingeniería química alrededor del mundo, y confirmar lo anteriormente visto con los resultados citados en el párrafo precedente, es posible concluir que la

comunidad académica percibe a la simulación de procesos como un área esencial de la ingeniería química.

V.1.2 República Dominicana tiene oportunidades de fortalecimiento en el área de ingeniería de procesos.

Basándonos en los datos obtenidos en la encuesta sobre oportunidades laborales en ingeniería de procesos, podemos notar que el 78.8% de los encuestados está interesado en capacitarse en el área de simulación, lo que nos indica que existe una población interesada en desarrollarse profesionalmente en ingeniería de procesos, pero por otro lado podemos ver que el 97.9% de los encuestado no conoce de instituciones que brinden capacitaciones sobre simulación de procesos en el país. A todo esto se puede concluir que en República Dominicana no se explota este nicho de mercado, lo que deja percibir que existen oportunidades de mejorar y fortalecer esta área.

V.1.3 La ingeniería de procesos es un área de interés para los estudiantes de ingeniería química.

El interés de los estudiantes en el área de ingeniería de procesos pudo ser evidenciado en tres momentos diferentes del proyecto: en la encuesta sobre oportunidades laborales en ingeniería química, en la participación de los estudiantes durante el taller de simulación, y en la encuesta final de evaluación del curso.

En la primera encuesta, un 78.8% de los encuestados establecieron que se encuentran interesados en capacitarse en simulación de procesos, mientras que un 19.1% establecieron que tal vez se capacitarán en dicha área.

V.1.4 El taller propuesto tiene altos niveles de aceptación en la comunidad académica.

La población consultada en esta primera encuesta se compone en un 95.7 % de estudiantes y egresados de ingeniería química. Al preguntarle a la población sobre su

nivel de seguridad en el área de simulación, más del 90% indicó que tiene un bajo nivel de manejo de programas de simulación. Sin embargo, más adelante en la encuesta se puede percibir el interés que presentan los encuestados en capacitarse en el área de procesos, viendo que más del 78% indica estar interesado en capacitarse en simulación de procesos, ya sea en talleres, cursos, estudios de grados o postgrados; también el 75% de la población encuestada indica que la simulación de procesos es muy importante para el desarrollo laboral del ingeniero químico. A partir de estos datos podemos concluir que el taller propuesto tiene un alto nivel de aceptación en la comunidad académica.

V.1.5 DWSIM es uno de los simuladores de procesos más conocidos en la comunidad académica.

De acuerdo a la encuesta inicial, DWSIM es uno de los simuladores de procesos más conocidos en la comunidad académica. Según la información arrojada el 31.9 % de los encuestados conoce DWSIM, solamente superado por ASPEN HYSYS con un 34%, Tomando en cuenta que el paquete desarrollado por ASPEN son los pioneros en el mercado de programas sobre simulación de procesos, la diferencia de porcentaje nos indica que DWSIM es una plataforma muy conocida por la comunidad académica, lo que hace más fácil de manipular por parte los participantes del taller.

V.2 Análisis durante la implementación

Luego de registrar los resultados obtenidos mediante la rúbrica de evaluación durante la fase de implementación del taller de simulación, se organizaron los datos, se tabularon y graficaron, con el fin de que sean más fácil de evaluar y sacar conclusiones de la práctica realizada.

Se separó en tres grupos importantes (atención prestada, Participación en el taller, capacidad de hacer ejercicios), y los renglones cualitativos que se evaluaron a lo largo del curso, se le colocaron valores numéricos como se muestra en la siguiente tabla.

Figura # 50: Ponderación de la rubrica

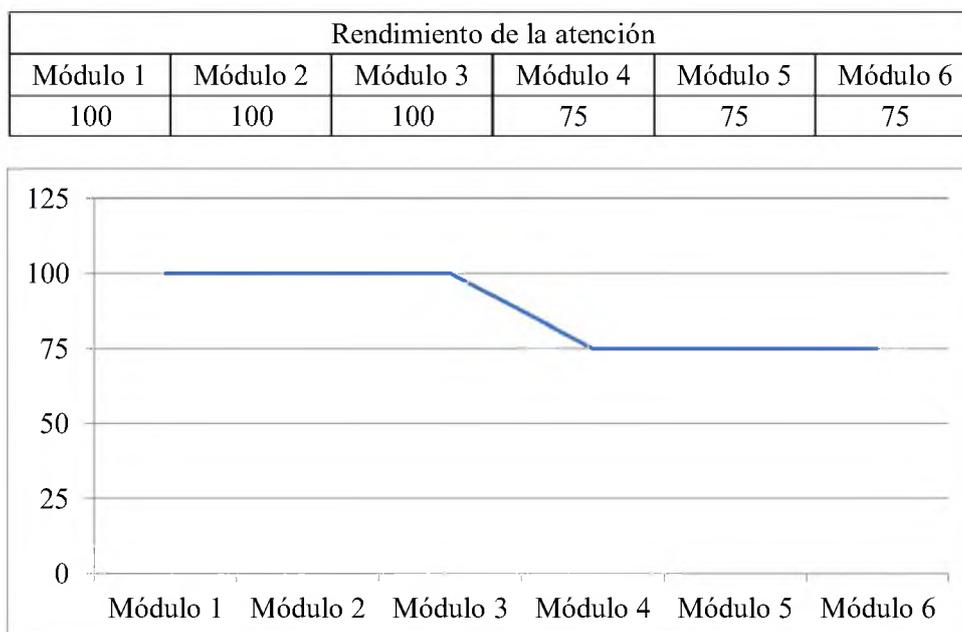
Ponderación de la rúbrica				
Muy alto	Alto	Intermedio	Bajo	Muy bajo
100	75	50	25	0

Fuente: Elaboración propia

V.2.1 El material presentado en el taller resultó de interés para los participantes.

Basándonos en la rúbrica de evaluación, es posible notar variaciones a lo largo del taller, ya que la sección de atención prestada por parte de los participantes inició en los 3 primeros módulos en muy alta y alta, luego bajó a “alta” en los módulos 4, 5 y 6. Tomando en cuenta que las capacitaciones se impartieron en modalidad virtual, la cual se caracteriza por la presencia de factores distractores, ver que los niveles de atención permanecieron relativamente altos a pesar de las distracciones permite concluir que el taller resultó de interés para los participantes.

Figura # 51: Tabla y grafico Rendimiento de la atención



Fuente: Elaboración propia

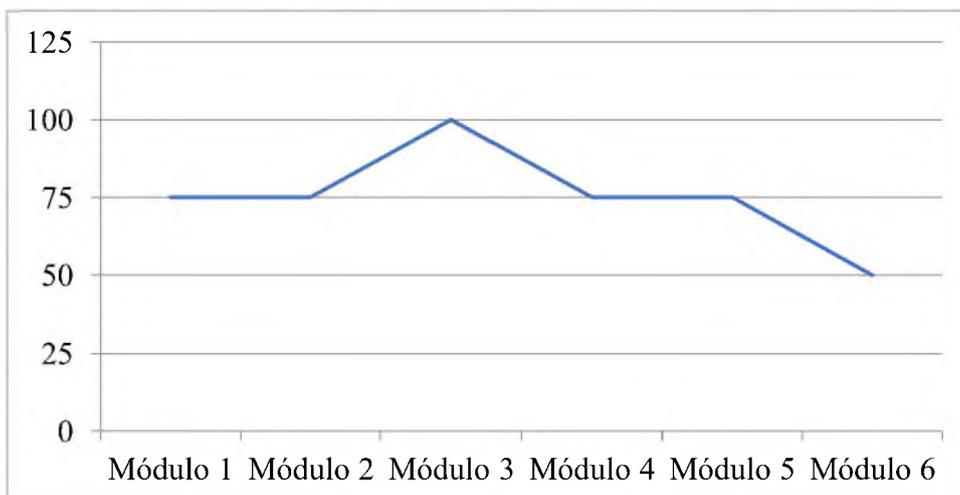
V.2.2 Los participantes se sintieron cómodos y en confianza con la metodología del taller.

Esto se mide con la rúbrica de evaluación, por lo general cuando un participante de un taller o capacitación no muestra iniciativa para participar, se debe a una falta de

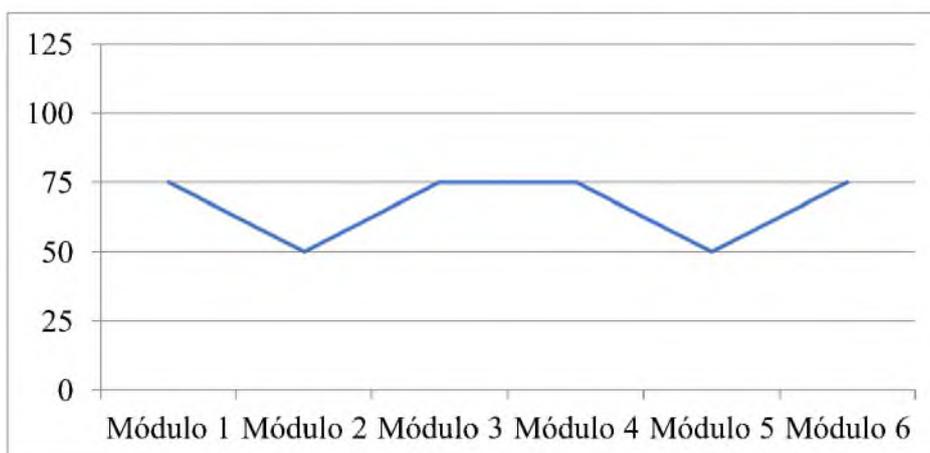
comodidad con el ambiente o con la metodología de enseñanza utilizada, ya que un buen taller busca la manera de involucrar a los participantes con la finalidad de generar buenas interacciones que traen como resultados un ambiente confortable, en este taller la participación se mantuvo en un nivel Intermedio - Alto, lo cual es muy aceptable para una capacitación implementada de manera virtual. Esto nos lleva a la conclusión de que los participantes se sintieron cómodos con la metodología.

Figura # 52: Tabla y grafico participación

Participación en las actividades de fin de módulo					
Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5	Módulo 6
75	75	100	75	75	50



Participación en clase					
Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5	Módulo 6
75	50	75	75	50	75

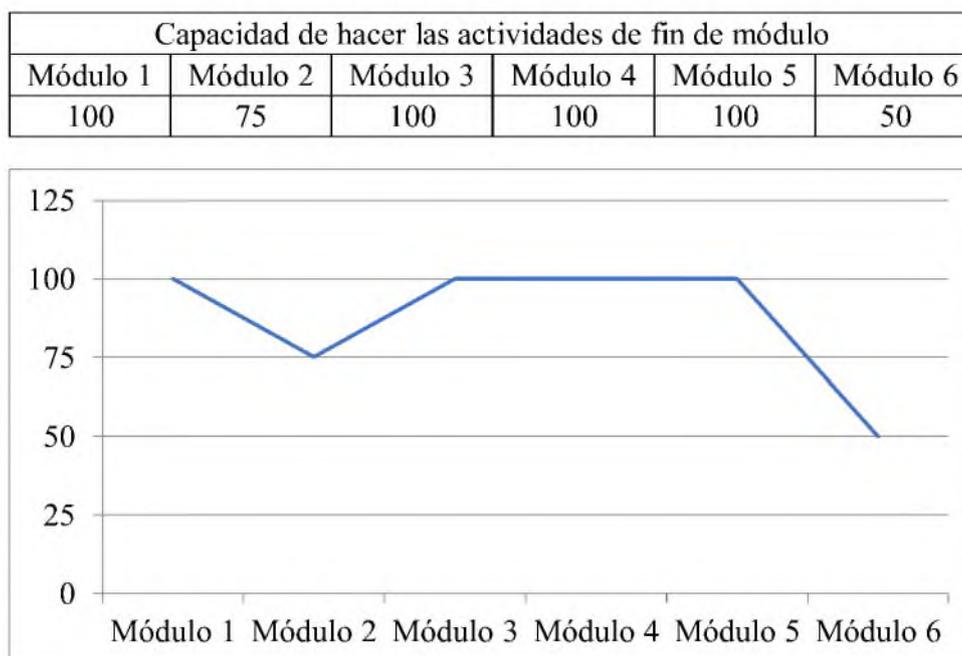


Fuente: Elaboración propia

V.2.3 Los participantes se capacitaron con la información brindada.

El medidor más confiable para saber si un grupo determinado obtuvo o adquirió un conocimiento brindado es evaluar su capacidad para desarrollar o replicar lo previamente aprendido, en este caso se pudo comprobar viendo cómo desarrollaban las actividades de fin de módulo, en las cuales tomando como guía los datos colocados en la rúbrica de evaluación, el desempeño del grupo fue alto, esto indica que realmente se cumplió uno de los objetivos del taller, el cual dice que los participantes dotarán las capacidades requeridas para llevar a cabo ejercicios sobre simulación de procesos.

Figura # 53: Tabla y grafico Capacidad para realizar actividades



Fuente: Elaboración propia

V.3 Análisis post-implementación.

V.3.1 Contenido del curso

Los participantes del taller mostraron conformidad con el contenido impartido, esto se comprueba con los datos obtenidos en la encuesta final del curso, aspectos como facilidad para entender el contenido, puntualidad a la hora de abordar la información y ejemplos presentados obtuvieron valoraciones entre los 9 y 10 puntos, más del 80% de los encuestados estableció que el contenido fue impartido de manera integral y de fácil

entendimiento. Por otro lado, más del 90% de los participantes establece que el contenido del curso fue presentado de manera clara y concisa. Finalmente, más del 80% percibió como sencillos y de fácil entendimiento los ejemplos presentados en el taller.

V.3.2 Material didáctico

Al analizar los gráficos presentados en esta unidad, es visible que el material de apoyo utilizado a lo largo de la capacitación (manual de referencia y presentaciones) fue evaluado como muy bueno por los participantes, ya que, en los enunciados referentes a la estética y explicación del mismo, fue puntuado entre 8 y 10 puntos. A lo largo del taller se usaron un total de seis presentaciones compuestas de más de 100 diapositivas en total, lo que vuelve la captación de la atención de los participantes un gran reto. Al observar puntos referentes al desglose de los contenidos, la estética del material de apoyo, y la certeza del contenido, es visible que los objetivos de aprendizaje fueron cumplidos.

V.3.3 Dominio del contenido

El trabajo realizado por los facilitadores del taller fue evaluado como positivo, ya que durante las jornadas de capacitación presentaron un buen dominio del contenido impartido. De acuerdo a los resultados de la encuesta el 94.4% de los encuestados reportó que el taller fue desglosado de manera totalmente clara y comprensible, el 88.9% de los encuestados se encuentra totalmente de acuerdo con que los facilitadores explicaron los conceptos claves del taller de una forma adecuada.

V.3.4 Atención de dudas

Hubo una excelente atención de dudas a lo largo del taller ya que las inquietudes emergentes fueron respondidas de forma puntual en el momento que estas fueron planteadas. Dinámicas como permitir que los participantes proyectan sus pantallas en plena capacitación de tal modo que todos pudieran ver la situación que se presentaba en su caso particular y como resolverlo permitieron que los participantes se sintieran acompañados en su proceso de aprendizaje.

La satisfacción en la atención de dudas se demuestra con las respuestas obtenidas en la encuesta, el 94.4% de los participantes percibió a los facilitadores totalmente abiertos a la atención de inquietudes a lo largo de las capacitaciones, el 100% afirmó que sus dudas fueron aclaradas a lo largo del taller y finalmente el 88.9% estuvo totalmente de acuerdo con que los facilitadores dieron seguimiento a las dudas planteadas.

V.3.5 Percepción de la simulación de procesos y DWSIM

El taller logró cambiar la percepción sobre la simulación de procesos en sus participantes; en el caso de esta jornada más del 90% de los encuestados afirma que el contenido obtenido en este taller les sería de utilidad en su vida laboral, el 100% entiende que debe haber más capacitaciones sobre simulación de procesos en República Dominicana. Por otro lado, más del 94.4% indicó que se debe agregar contenido relacionado a la simulación de procesos a el pensum de Ingeniería Química de las universidades dominicanas y alrededor del 70% dice sentirse motivado a formarse en simulación de procesos luego a raíz de este taller.

Así mismo, al 83.3% de los encuestados DWSIM le resultó de mucha utilidad para cálculos en ingeniería química y alrededor de un 80% percibe tener un buen nivel de dominio del software luego de haber culminado el taller, lo que les dota de capacidades para resolver problemas básicos con él.

V.3.6 Conclusión.

El mayor indicador de satisfacción del presente taller es la probabilidad de recomendar el mismo a un colega o compañero, ya que solamente recursos integrales y bien estructurados tiene la posibilidad de seguir en uso. La información obtenida en los resultados de la encuesta muestra que un 89% recomendaría este taller a sus compañeros, los que nos lleva a la conclusión de que el taller fue exitoso y tuvo una buena aceptación de los participantes

CUARTA PARTE

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

CAPITULO VI CONCLUSION

En la presente sección se presentan las afirmaciones razonadas a partir de lo evidenciado en capítulos anteriores. Las presentes derivan del análisis de los objetivos planteados al inicio del proyecto, del análisis de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a diversos integrantes de la comunidad académica de la ingeniería química en República Dominicana, y de los resultados observados en la etapa práctica del proyecto. A partir de lo anteriormente mencionado, se concluye que:

VI.1. Los objetivos planteados fueron cumplidos a cabalidad.

Durante las capacitaciones se observó que el aprendizaje de simulación de procesos aplicada a procesos de transferencia de energía mediante intercambiadores de calor, operaciones unitarias y diseño de reactores estuvo directamente vinculado con el uso del manual del taller de simulación y presentaciones PowerPoint aplicados a Entornos Personales de Aprendizaje. Esto se evidenció mediante las destrezas en simulación de procesos adquiridas por los participantes del taller, demostradas a través de su capacidad de realizar ejercicios durante las capacitaciones y su autoevaluación.

Además, la identificación, definición y aplicación de los conceptos que componen los ejercicios resueltos durante el taller permitió desarrollar un manual de referencia como guía teórico-práctica para el taller. Este documento descriptivo sirvió como referencia para la capacitación de los participantes y en él se presenta toda la información presentada a lo largo del taller para que los participantes lo usen como material de apoyo a lo largo del curso y lo conserven para futuros estudios en el área.

El 13 de agosto del año 2022 se impartió el Taller Básico de Simulación de Procesos Químicos mediante DWSIM, bajo modalidad virtual con estudiantes de Ingeniería Química de la UNPHU. El taller se llevó a cabo en un total de 6 horas con la asistencia de 20 personas. La implementación fue exitosa tomando en cuenta que al evaluar la capacidad de los participantes para desarrollar y replicar lo previamente aprendido en función de las actividades de fin de módulo, estos demostraron tener altos niveles de dominio de contenido

Por último, a través del desarrollo de iniciativas como la presentada en este proyecto, se incentivó a la universidad a incorporar actividades referentes al área de ingeniería de procesos a lo largo de la carrera.

VI.2. La ingeniería de procesos es un área esencial en la formación del Ingeniero Químico.

Luego de evidenciar a lo largo de las jornadas de capacitación que la simulación de procesos químicos es una herramienta práctica que facilita el ejercicio de la ingeniería química minimizando riesgos, reduciendo costos, incorporando transversalmente múltiples áreas de conocimiento y reforzando los fundamentos de la ingeniería química, queda en evidencia que la simulación se ha vuelto un factor clave en la formación integral del ingeniero del mañana.

VI.3. Los talleres son una modalidad efectiva para la enseñanza de conocimientos básicos en el área de ingeniería.

Partiendo de los resultados obtenidos, se puede concluir que la metodología de talleres es efectiva para impartir conocimientos de ingeniería, ya que esta se caracteriza por sus cortos periodos de tiempo, logrando evitar el agotamiento de sus participantes por exceso de información.

El taller permitió formar a los participantes con las competencias necesarias para entender y resolver problemas de simulación de operaciones unitarias, transferencia de calor e ingeniería de reacciones en DWSIM. Este conocimiento abre nuevas oportunidades de formación avanzada y sirve como una herramienta en el mundo laboral orientado a simulación de procesos industriales.

VI.4. En la actualidad, DWSIM es la mejor alternativa para impartir la simulación de procesos.

En la actualidad existe una amplia variedad de simuladores de procesos, los cuales han sido estructurados de una forma robusta y eficiente a la vanguardia de las demandas, sin embargo, dada su accesibilidad y su variedad de herramientas disponibles bajo licencia gratuita, lo que nos permite confirmar que esta plataforma es una alternativa competente para iniciar estudios sobre simulación de procesos. Al comparar los factores

descritos con otros simuladores, queda en evidencia que su accesibilidad vuelve a DWSIM la opción ideal para iniciarse en la ingeniería de procesos.

VI.5. La virtualidad es una modalidad eficaz para la implementación de talleres.

La modalidad virtual como método de implementación se mostró como una vía factible para el desarrollo del presente trabajo de grado, debido a que permite a los participantes asistir desde su espacio ideal, contribuyendo al desarrollo de un Ambiente Personal de Aprendizaje. Esto da lugar a una mayor comprensión del contenido, evidenciado en los análisis de resultados. Gracias a los avances tecnológicos y desarrollo de las plataformas digitales, los factores de espacio no representan un obstáculo al momento de impartir capacitaciones bajo esta metodología.

VI.6. El Ambiente Personal de Aprendizaje (PLE) es una metodología de enseñanza apta para impartir conocimientos de ingeniería.

El Entorno Personal de Aprendizaje (PLE) cumple con las condiciones requeridas para considerarse una metodología de enseñanza eficaz a la hora de impartir conocimientos básicos de ingeniería. Esto queda evidenciado con el desarrollo de este trabajo de grado en el cual los participantes confirmaron haber adquirido satisfactoriamente el conocimiento brindado.

CAPITULO VII RECOMENDACIONES

Basado en lo observado a lo largo de la investigación, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Dar seguimiento a la presente propuesta con un módulo complementario que permita llenar los puntos débiles a encontrar en el taller a través de un taller de nivel intermedio que permita ver a detalle operaciones de separación aplicadas a la carrera, módulos especiales de DWSIM, y opciones de controles lógicos, entre otras especialidades.
- Facilitar más espacios de capacitación periódica extra-curricular en el área de Ingeniería Química a los estudiantes. La formación constante debe ser el norte de la institución y del estudiante, contar con opciones de capacitación a la orden de la comunidad permite el desarrollo permanente del perfil profesional.
- Capacitar más en el área de procesos a los estudiantes de ingeniería química con el fin de proveer mayor variedad de oportunidades de especialización.
- Evaluar la presente propuesta con fines de proponer más investigaciones en el área de educación aplicada a la ingeniería.
- Habilitar un laboratorio de informática para Ingeniería Química en el cual se puedan implementar clases o talleres que involucren el uso de herramientas tecnológicas en el desarrollo de competencias específicas.

QUINTA PARTE

REFERENCIAS Y ANEXOS

CAPITULO VIII REFERENCIAS

Bibliografía

Universidad de Guantánamo. (2017). Redefinición de los conceptos método de enseñanza y método de aprendizaje. *EduSol*, 17(60), 26-33.

Abellán, C. M. (24

de Julio de 2018). *El método de aprendizaje cooperativo y su aplicación en las aulas*.

Obtenido de Scielo:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-

26982018000300181#:~:text=Seg%C3%BAAn%20Mu%C3%B1oz%20et%20al.,

com%C3%BAAn%E2%80%9D%20(cursivas%20a%C3%B1adidas)

Adell, J. y. (1118 de 2010). *Los Entornos Personales de Aprendizaje (PLEs) Una nueva*

manera de entender el aprendizaje. Murcia: Universidad de murcia. Obtenido de

una

nueva:

http://cent.uji.es/pub/sites/cent.uji.es.pub/files/Adell_Castaneda_2010.pdf

Ana-M. Ortiz-Colón, J. J. (2018). Gamificación en educación: una panorámica.

Universidad de Jaen, 7.

Andreasen, A. (2022). Evaluation of an Open-source Chemical Process Simulator Using

a Plant-wide Oil and Gas Separation Plant Flowsheet Model as Basis. *Periodica*

Polytechnica , 66(3), 503–511. doi:<https://doi.org/10.3311/PPch.19678>

Attwell, G. (Enero de 2007). The Personal Learning Environments – the future of

eLearning? *Vol 2(N° 1)*, 1-7.

Avelar, M. C. (2005). *Desarrollo de modulos de simulacion de procesos en Ingenieria*

Quimica. Ciudad Universitaria: Universidad de el Salvador .

- Berenguer, C. (2016). Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom. En C. Berenguer, *XIV Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria* (págs. 1466-1480). Alicante España: Universitat d'Alacant.
- Brown, S. (2010). VLEs to learning webs:. En S. Brown, *the implications of Web 2.0 for learning and* (págs. 1-10).
- Bustamante, M. E., Cruz, A. d., & Mendoza, R. F. (2002). *Pedagogia y Formacion Docente*. Costa Rica: Coordinacion educativa y cultural centroamericana.
- Davison, J. (11 de 04 de 2021). *John D. and Standard Oil*. Obtenido de web.archive.org: <https://web.archive.org/web/20080504162252/http://www.bgsu.edu/departments/acs/1890s/rockefeller/bio2.htm>
- Díaz, G. L. (2013). *Desarrollo de una Herramienta Libre para la Simulación Rigurosa de Columnas de Destilación en Estado Estacionario*. Táchira, Venezuela: Universidad de los Andes.
- E-Lernova. (24 de julio de 2022). *E-Lernova*. Obtenido de E-Lernova: <https://www.elernova.edu.co/index/component/content/article?id=122:curso-simulacion-de-procesos-en-aspen-hysys>
- Esteve, A. ((2016)). Flipped Teaching o la clase invertida en la enseñanza del derecho. *bis, extraordinario*, págs. 75-95.
- Henao, C., & Vélez. (2002). *Manual del laboratorio diseño de procesos químicos - Uso del paquete de simulación HYSYS.Process*. Medellín: UPB.Medellín.
- Hernández, Á. (2003). *Introducción a la ciencias de la educación*. Santiago de los Caballeros: UAPA.
- Khashim, M. A. (2022). *Implementación del simulador DWSIM y su efectividad como software de simulación alternativo para estudiantes de ingeniería química*. CAWANGAN TERENGGANU: UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA.

- L.A., L. (1997). Pedagogía: temas fundamentales (Concepto de Pedagogía, Cap. III). En L. L.A., *Educación y Epistemología* (págs. 43-52). España: Universidad Nacional.
- Lectiva. (24 de Julio de 2022). *Lectiva*. Obtenido de Lectiva: <https://www.lectiva.com/curso-online-de-simulacion-procesos-quimicos-mediante-aspen-hysys-948867.htm>
- Londoño, C. (01 de agosto de 2017). *Eligeeducar*. Obtenido de Eligeeducar: <https://eligeeducar.cl/ideas-para-el-aula/6-metodologias-ensenanza-profesor-innovador-deberia-conocer/>
- Madeiros, D. W. (02 de ene de 2022). *DWSIM- Open bsource chemical process simulator - user guide*. USA: DWSIM. Obtenido de Ingenieria quimica.org: <http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/dwsim-simulador-procesos>
- Martínez Sifuentes., V. H. (2000). *Simulación de Procesos en Ingeniería Química*. Tamaulipas: Plaza y Valdés Editores.
- McMonnies, A. (2004). *Object-oriented Programming in Visual Basic.net*. Harlow, Reino Unido: Pearson Addison-Wesley.
- Mora, G. G. (2010). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS COMO TÉCNICA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL TEMA DE LA RECURSIVIDAD. *Revista de las Sedes Regionales*, XI(20), 142-167. doi:2215-2458
- Navarro Pérez, D. J. (2022). *Enseñanza remota de emergencia en simulación de procesos con DWSIM*. Chile: universidad de Magallanes.
- Nebrija, G. C. (2016). *Metodología de enseñanza y para el aprendizaje*. Nebrija: GCN.
- Nicoletti, J. A. (2009). *Fundamento y construcción del Acto Educativo*. Buenos Aires. Argentina: Universidad Nacional de La Matanza. Obtenido de <http://www.unlam.edu.ar/>

- O Reily, T. (21 de Noviembre de 2005). *What is Web 2.0*. Obtenido de Design patterns and business models for the next generation: <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web20.html>
- Ocaña, J. C. (2018). *Simulación de procesos*. Mexico: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
- Pachecho, h. (2006). *Evaluación del software para la simulación de procesos químicos*.
- Roodt, D. J. (2008). The art and science of modelling and simulation. *Science Scope*, 1-2.
- Salgado García, E. (2015). *La enseñanza y el aprendizaje en Costa Rica* : Universidad Católica.
- Scenna, J. N. (1999). *Modelado, Simulación y Optimización de Procesos*. Buenos Aires: 2a edición, Editorial de la Universidad Tecnológica.
- Scenna, N. J. (1999). *Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos*. Buenos Aires.
- Severance, C. W. (2008). The coming Functionality learning Enviroments. *Interactive Learning Enviriment*, 47-62.
- Sifuentes, V. H., Davila, P. A., & Lopez, J. (2000). *Simulacion de procesos en Ingenieria Quimica*. Mexico: Plaza y Valdez.
- Solé, C. (1989). *Simulación de procesos con PC*". Barcelona: Marcombo S.A. ESPANA.
- Torres-Gordillo, J. J., & Herrero-Vásquez, E. A. (Septiembre de 2016). PLE: ENTORNO PERSONAL DE APRENDIZAJE VS. ENTORNO DE APRENDIZAJE PERSONALIZADO. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 27(3), 26-42.

UTNBA. (24 de Julio de 2022). *E-Learning*. Obtenido de Tecnologías BPM, Simulación y Automatización de Procesos:

<https://utnba.centrodelearning.com/detalle/curso/1151/tecnologias-bpm-simulacion-y-automatizacion-de-procesos>

Wasserman, N. Q. (12 de 5 de 2015). *Exploring Flipped Classroom Instruction in*.

Obtenido de Int J of Sci and Math Educ: DOI 10.1007/s10763-015-9704-8.

SUSTENTATES

Francarlos Ortega

José Jesús Romero Duarte

ASESORES

Ing. Ramón Pérez

Asesor

JURADOS

Jurado

Jurado

Jurado

Calificación: _____

Fecha: _____

Ing. Maribel Espinosa

Directora Escuela de Química

