



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-  
APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1**

**José Andrés Valenzuela Molina**

Asesorado por el Ing. César Ariel Villela Rodas

Guatemala, noviembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO  
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JOSÉ ANDRÉS VALENZUELA MOLINA**

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR ARIEL VILLELA RODAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Julio David Vargas García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 01 de agosto 2018.

**José Andrés Valenzuela Molina**

Guatemala 23 de abril de 2020

Ingeniero  
Williams Álvarez  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Le saludo cordialmente, deseándole éxitos en sus actividades. Por medio de la presente hago constar que he revisado y aprobado el Informe Final del trabajo de graduación titulado: "DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1", elaborado por el estudiante de la carrera de Ingeniería Química, José Andrés Valenzuela Molina, quien se identifica con el registro académico 2014 03872 y con el CUI 2988 79689 0101.

Agradeciendo la atención a la presente, me suscribo de usted,

Atentamente,



César Ariel Vilela Rodas

ASESOR

Ingeniero Químico  
Colegiado activo no. 1175



Guatemala, 15 de julio de 2020.  
Ref. EIQ.TG-IF.023.2020.

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el registro de evaluación, correlativo **069-2017**, le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL**

Solicitado por el estudiante universitario: **José Andrés Valenzuela Molina**.  
Identificado con número de carné: **2988796890101**.  
Identificado con registro académico: **201403872**.  
Previo a optar al título de la carrera: **Ingeniería Química**.  
En la modalidad: **Informe Final, Seminario de Investigación**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO  
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1**

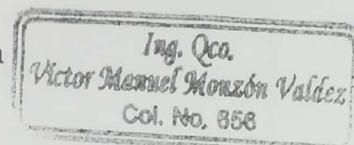
El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por:

**César Ariel Villela Rodas, profesional de la Ingeniería Química**

Habiendo encontrado el referido trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Víctor Manuel Monzón Valdez  
profesional de la Ingeniería Química  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Guatemala, 20 de noviembre de 2020.

Ref. EIQ.321.2020

**Aprobación del informe final del trabajo de graduación**

Ingeniera  
Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Revisado el INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN (TESIS), DENOMINADO **DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1** del(la) estudiante José Andrés Valenzuela Molina, se conceptúa que el documento presentado, reúne todas las condiciones de calidad en materia administrativa y académica (rigor, pertinencia, secuencia y coherencia metodológica), por lo tanto, se procede a la autorización del mismo, para que el(la) estudiante pueda optar al título de Ingeniería Química.

**"Id y Enseñad a Todos"**

*[Handwritten Signature]*  
Ing. Williams G. Álvarez Mejía, M.Sc.  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Cc. Archivo  
WGAM/mpea



Formando Ingenieros Químicos en Guatemala desde 1939



**NO SALGAS  
QUÉDATE EN  
CASA**

DTG. 423.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1**, presentado por el estudiante universitario: **José Andrés Valenzuela Molina**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, noviembre de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por ser ese impulso del corazón, esa sencilla mirada desde el cielo, esa voz de la conciencia, ese grito de agradecimiento y amor en las penas como en las alegrías.

### **Mis padres**

Porque he tenido el privilegio de contar con su ejemplo de vida y son con quienes he iniciado a conocer el rostro de Dios: la ternura, el cariño, la alegría, la corrección y el servicio.

### **Mi familia y mis amigos**

Por irradiarme con su amor día a día, procurando compartir conmigo siempre sus historias, alegrías, retos y futuras hazañas, y por muchas veces hacerme parte de ellas.

### **Asesores y catedráticos**

Por la increíble huella que dejaron en mí al compartir su sabiduría y al vivir en pleno la gran vocación que se les ha confiado: descubrir virtudes, fortalecer talentos, enseñar con amor y alimentar siempre la esperanza.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Porque siempre se acerca a nuestra vida en medio del mundo, de la familia, del trabajo y de las circunstancias normales, incluso en el silencio de nuestro corazón.
- Mis padres** Claudia Molina y Byron Valenzuela, porque han sido un testimonio de vida cristiana, donde he aprendido valores morales, a comenzar a honrar a Dios y a usar bien de la libertad.
- Mis hermanos** Bryan, Danielita y Gaby Valenzuela, porque son una amistad fuerte, impagable e insustituible.
- Familiares** Tíos, abuelitos, primos y todos mis seres queridos, porque han sido el apoyo en momentos de desánimo, la alegría en la tristeza, un profundo abrazo en los triunfos y gestos de protección en caso de peligro.
- Amigos** Del Instituto Emiliani Somascos, Colegio Americano de Guatemala y de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a César Torres, Cristian Ruiz, Antonio Villalta, Karla Santamaría y Leslie Velásquez, porque cada reencuentro con ellos es una experiencia

maravillosa, devolviendo memorias, aumentando la nostalgia y disfrutando minutos y minutos, creando sueños y desenredando dificultades.

**Sacerdotes y  
Escuelas de  
Espiritualidad**

Porque han sido fuentes fundamentales para darme cuenta de la amistad fuerte con Dios, a través de la oración, la ciencia y la belleza de la naturaleza.

**Asesores**

Ing. César Villela, Lic. José Quiroa e Ing. Williams Álvarez, porque creyeron desde el principio del potencial de este proyecto, porque dedicaron gran parte de su tiempo y porque lo hicieron con entrega y total espíritu de servicio.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Filosofía educativa.....	9
2.2. Sistemas multimedia .....	11
2.3. Tutorías en la educación superior .....	12
2.3.1. Tutoría virtual.....	14
2.3.2. Tutoría virtual en laboratorios .....	14
2.3.3. Tutoría virtual a través de vídeos educativos .....	16
2.4. Aplicación de videos tutoriales en la ingeniería .....	18
3. MARCO EXPERIMENTAL .....	21
3.1. Diseño .....	21
3.1.1. Análisis de la situación .....	21
3.1.2. Planificación y temporalización del proceso de desarrollo.....	26
3.1.3. Documentación.....	31

3.1.3.1.	Cultura de seguridad. ....	32
3.1.3.2.	Modelización matemática. ....	48
3.1.3.3.	Metodologías de evaluación.....	53
3.1.3.4.	Equipo Boyle Méndez. ....	69
3.1.3.5.	Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario. ....	82
3.1.4.	Guionización de la información .....	88
3.2.	Producción y posproducción .....	89
3.2.1.	Identificación de los conceptos a tratar .....	89
3.2.2.	Producción de transparencias necesarias.....	90
3.2.2.1.	Cultura de seguridad .....	90
3.2.2.2.	Modelización matemática .....	90
3.2.2.3.	Metodologías de evaluación.....	91
3.2.2.4.	Equipo Boyle Méndez .....	91
3.2.2.5.	Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario .....	91
3.2.3.	Ensayo de la presentación y rodaje .....	92
3.3.	Exposición y evaluación .....	94
3.3.1.	Inducción con estudiantes .....	94
4.	RESULTADOS.....	97
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	109
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES .....	119
	BIBLIOGRAFÍA.....	121
	APÉNDICES.....	135
	ANEXOS.....	161

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Fotografía - Equipo Boyle Méndez.....	70
2.	Boceto – Equipo Boyle Méndez .....	76

### TABLAS

I.	Datos generales y propósito de video No. 1.....	22
II.	Datos generales y propósito de video No. 2.....	23
III.	Datos generales y propósito de video No. 3.....	24
IV.	Datos generales y propósito de video No. 4.....	25
V.	Datos generales y propósito de video No. 5.....	26
VI.	Planificación y temporalización de video No. 1 .....	27
VII.	Planificación y temporalización de video No. 2 .....	28
VIII.	Planificación y temporalización de video No. 3 .....	29
IX.	Planificación y temporalización de video No. 4 .....	30
X.	Planificación y temporalización de video No. 5 .....	31
XI.	Operación con sustancias peligrosas.....	34
XII.	Clasificación de respiradores con filtro químico .....	39
XIII.	Clasificación de respiradores con filtro físico .....	40
XIV.	Clasificación de guantes .....	41
XV.	Plan de contingencia en caso de sismos o terremotos .....	43
XVI.	Plan de contingencia en caso de incendio .....	44
XVII.	Plan de contingencia general .....	46
XVIII.	Recomendaciones de uso de extintor .....	47

XIX.	Relación de la fase de preparación.....	59
XX.	Distribución de tiempo para prácticas de laboratorio .....	63
XXI.	Relación de la fase de evaluación – reporte .....	66
XXII.	Factor de compresibilidad del aire .....	72
XXIII.	Constantes críticas del aire.....	74
XXIV.	Procedimiento – Equipo Boyle Méndez .....	75
XXV.	Estudio de la situación real – Equipo Boyle Méndez .....	76
XXVI.	Elaboración de m. matemático – Equipo Boyle Méndez.....	78
XXVII.	Solución del modelo matemático – Equipo Boyle Méndez .....	80
XXVIII.	Validación del modelo – Equipo Boyle Méndez .....	81
XXIX.	Perfil fisicoquímico de reactivos.....	83
XXX.	ELV – Armar equipo de destilación.....	84
XXXI.	ELV – Limpiar sistema de destilación .....	86
XXXII.	ELV – Sustancias base y enriquecimiento .....	86
XXXIII.	ELV – Proceso de destilación, A.....	87
XXXIV.	ELV – Enriquecimiento, A .....	88
XXXV.	Ubicación de guionizaciones de la información .....	89
XXXVI.	Metodología de presentación de videos - estudiantes .....	95
XXXVII.	Videos instructivos .....	97
XXXVIII.	Nivel de acuerdo o desacuerdo de los estudiantes .....	98
XXXIX.	Rango de créditos aprobados de los estudiantes del LFQ1 .....	99
XL.	Rango de edad actual de los estudiantes del LFQ1 .....	100
XLI.	Metodologías de enseñanza adecuadas para los estudiantes de LFQ1.....	101
XLII.	Material ubicado en la plataforma virtual (UEDI), según estudiantes del Laboratorio de Fisicoquímica 1 .....	102
XLIII.	Comparación de resultados .....	103
XLIV.	Ventajas consideradas en el uso .....	104
XLV.	Ventajas consideradas en el diseño y producción .....	105

XLVI.	Comparación de duración .....	106
XLVII.	Referencia complementaria para estudiantes .....	107
XLVIII.	Referencia complementaria para equipo académico .....	108



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>n</b>	Cantidad de sustancia (mol)
<b>CPE</b>	Círculo de producción ecológica
<b>R</b>	Constante universal de los gases
<b>ELV</b>	Equilibrio líquido vapor
<b>EPP</b>	Equipo de protección personal
<b>E/A</b>	Enseñanza-aprendizaje
<b>Z</b>	Factor de compresibilidad
<b>LFQ1</b>	Laboratorio de Físicoquímica 1
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Estandarización
<b>P</b>	Presión
<b>P<sub>c</sub></b>	Presión crítica
<b>T</b>	Temperatura absoluta
<b>T<sub>c</sub></b>	Temperatura crítica
<b>V</b>	Volumen



## GLOSARIO

<b>B-learning</b>	<i>Blended learning</i> es la metodología que combina la modalidad virtual del proceso enseñanza-aprendizaje ( <i>e-learning</i> ) con encuentros presenciales, para aprovechar las ventajas de ambos tipos de aprendizaje.
<b>CPE</b>	Metodología de enlace de varios procesos donde los desechos generados se pueden utilizar como materia prima para el siguiente proceso, hasta completar la totalidad de los procesos.
<b>Investigación cuantitativa</b>	Procedimiento de cuantificación de datos con el apoyo del análisis estadístico, un diseño experimental y con grupos control.
<b>Método científico</b>	Metodología para la obtención de conocimientos, basado en la observación, medición, diseños experimentales, análisis de datos y planteamiento de hipótesis.



## RESUMEN

Los procesos educativos están estrechamente relacionados con corrientes filosóficas y caracterizan la interacción entre estudiantes, equipo académico y contenido. El constructivismo estimula el autoaprendizaje, mientras que el conectivismo impulsa la inclusión de distintas opiniones, la era digital y la toma de decisiones sobre qué aprender. Ambas tendencias fueron pilares de innovación en la enseñanza superior, a través del diseño y desarrollo de videos instructivos para el proceso enseñanza-aprendizaje del Laboratorio de Físicoquímica 1 (LFQ1) de la Escuela de Ingeniería Química. Se enfatiza el valor agregado del acceso rápido al recurso y la incorporación de tecnologías de información y comunicación.

Al adaptar dos modelos instruccionales, el diseño integró el análisis de situación, planificación, temporalización, documentación y guionización de la información. La producción incorporó la identificación de conceptos, elaboración de transparencias, ensayo y rodaje. Se finalizó con la edición y desarrollo de cinco videos introductorios al LFQ1 sobre un comportamiento seguro, una estrategia de comprensión de fenómenos, un entendimiento global de la valoración del curso y un acercamiento a la realidad del laboratorio.

Los videos instructivos se consideran como referencia complementaria adecuada para el proceso de enseñanza-aprendizaje del LFQ1. Se caracterizan por una duración determinada, una finalidad dirigida a la comprensión de conceptos abstractos y una fuente para determinar un contenido específico. La evaluación analizó la percepción del estudiante con los principios de diseño de instrucción, interacciones personales y adquisición de conocimientos, además de otras particularidades del proceso.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar y desarrollar videos instructivos para el proceso enseñanza-aprendizaje del Laboratorio de Físicoquímica 1 de la Escuela de Ingeniería Química.

### **Específicos**

1. Crear el diseño de recursos audiovisuales aplicado en videos para el Laboratorio de Físicoquímica 1, a través de la adaptación de los modelos de Samayoa y Dorrego de medios instruccionales.
2. Desarrollar videos instructivos para la introducción a la asignatura de Laboratorio de Físicoquímica 1, sobre la cultura de seguridad, la modelización matemática, las metodologías de evaluación y los fenómenos físicoquímicos contenidos en las prácticas experimentales: equipo Boyle Méndez y equilibrio de fases líquido-vapor en sistemas binarios.
3. Evaluar el proceso enseñanza-aprendizaje en la introducción del recurso didáctico de video instructivo a través del MISE-R, para determinar la percepción del estudiante en los principios de diseño de instrucción, interacciones personales y adquisición de conocimientos.

4. Exponer el recurso didáctico de innovación educativa al personal académico del Laboratorio de Físicoquímica 1.

## INTRODUCCIÓN

La innovación estimula la creación de proyectos con estrategias novedosas que respondan a una necesidad. En la enseñanza superior, desde finales del siglo XX, se ha promovido la autonomía de los estudiantes. La implicación de este ente activo estimula la construcción del conocimiento con herramientas especializadas que ofrece la era digital. Según pensamientos ilustrados en corrientes filosóficas, el aprendiz trabaja de la mano con su tutor; es decir, de un catedrático que actúa como agente facilitador de la información.

La era digital es un período contemporáneo caracterizado por el gran flujo de datos que se transmite y por la dificultad de selección de recursos requeridos sobre estos. Esta rápida y dinámica transformación de la información ha impactado el ritmo de vida, el lenguaje y la cultura del actual siglo, y ofrece agilidad, flexibilidad y eficacia en los procesos. También está impulsando iniciativas de participación ciudadana, y ha pasado de ser un ente pasivo de recepción de conocimientos a un ente creador de contenidos.

En seguida, se presentan experiencias de recursos didácticos de innovación educativa aplicados en la educación superior. Estos antecedentes vinculan la tecnología y la necesidad de conexión de la información, para apoyar cátedras y agilizar el desarrollo académico de los estudiantes. Luego, se incorpora el marco teórico, que abarca la filosofía educativa, los conceptos aplicados en sistemas multimedia y la aplicación de videos tutoriales en la ingeniería. El marco experimental fragmenta las secciones principales para la creación de los videos: diseño, producción, posproducción y evaluación. Se

finaliza con la exposición e interpretación de resultados obtenidos de la evaluación de percepción y de observaciones realizadas durante el proceso.

## 1. ANTECEDENTES

En noviembre de 2019, la Universidad de San Carlos de Guatemala concluyó la primera cohorte del Postgrado de Especialización en Educación Virtual para el Nivel Superior, impulsado por la División de Educación a Distancia en Entornos Virtuales (DEDEV) de la misma casa de estudios, con el aval de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. El objetivo de esta especialización es proveer a docentes universitarios y profesionales de herramientas para la implementación de cursos y programas educativos, a través de la modalidad virtual, teniendo en cuenta los nuevos paradigmas en educación virtual universitaria: comunicación en ambientes virtuales, unidades didácticas, plataformas, derechos de propiedad intelectual y creación de contenido digital, recursos tecnológicos y el diseño de microlearning. Una de las funciones que comparte este trabajo de investigación con la especialización en educación virtual es lograr el diseño, producción y validación de material escrito y recursos didácticos con sustento tecnológico, a través de una filosofía constructivista.<sup>1</sup>

En la Universidad de San Martín de Porres (USMP), en la Unidad de Virtualización Académica de Lima, Perú, se desarrolló un estudio llamado “Modelo pedagógico para programas on-line: Metodología por tipo de asignaturas con apoyo de dinamización”<sup>2</sup>, el cual presentó una dimensión que promovió la inclusión de videos de presentación directos en cada módulo de aplicación.

---

<sup>1</sup> CAMINANTE, *Se gradúa en la USAC primera cohorte de especialistas en educación virtual para nivel superior*. <http://caminante.usac.edu.gt/index.php/2019/11/27/se-gradua-en-la-usac-primera-cohorte-de-especialistas-en-educacion-virtual-para-nivel-superior/>.

<sup>2</sup> HUAMÁN, Milagros; FLORES, Juan. *Modelo pedagógico para programas on-line: Metodología por tipo de asignaturas con apoyo de dinamización en la Universidad de San Martín de Porres*. <https://acceso.virtualeduca.red/documentos/ponencias/puerto-rico/1077-a471.pdf>.

Denotan que su objetivo fue “promover y reforzar el aprendizaje visual”<sup>3</sup> y permitir la interacción entre estudiantes y catedráticos. Se explicó la resolución de problemas a detalle y demostraciones de actividades, paso a paso. Los resultados académicos de los estudiantes que contaban con esta dinámica incrementaron al 91 % de aprobación, cuando las muestras iniciales realizadas reportaban un 47 % de estudiantes aprobados. Entre el 2014 y 2015 la UMSP Virtual creó 133 cursos virtuales basados en su modelo pedagógico. Para este trabajo de investigación es importante proveer de un aprendizaje significativo a través de fundamentos pedagógicos de constructivismo y conectivismo, porque el diseño pedagógico apoya los porcentajes de estudiantes aprobados en la educación superior. El docente necesitará de mayor tiempo de dedicación, pero brindará satisfacción a los estudiantes, y responderá a preguntas clave que podrían plantear a través de las videoconferencias de retroalimentación grupal semanal.

En la USAC se presentó el trabajo de graduación sobre la herramienta b-learning<sup>4</sup>, donde una de sus finalidades fue implementar contenido multimedia a través de la plataforma Moodle, para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje con el apoyo del Ing. César Izquierdo y del Servicio de Apoyo al Estudiante Servicio de Apoyo al Profesor, SAESAP. Se identificaron oportunidades significativas como fundamento para abordar la temática de la educación a distancia, como el “acceso rápido al contenido, interés académico de incorporar tecnologías de información y comunicación, relación estrecha entre

---

<sup>3</sup> HUAMÁN, Milagros, FLORES, Juan. *Modelo pedagógico para programas on-line: Metodología por tipo de asignaturas con apoyo de dinamización en la Universidad de San Martín de Porres*. <https://acceso.virtualeduca.red/documentos/ponencias/puerto-rico/1077-a471.pdf>.

<sup>4</sup> SAMAYOA, Rodrigo, *Desarrollo del Programa del Curso de Física 1 para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala utilizando un modelo B-Learning*. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2954\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2954_IN.pdf).

el conocimiento compartido y el ritmo de aprendizaje, entre otras.”<sup>5</sup> Sus resultados demostraron interés estudiantil por permitir un aprendizaje significativo, una mejora de capacidades de comprensión y de transferencia de información con base a un entorno visual. Este sistema se utiliza actualmente en la Escuela de Ciencias de dicha Facultad. Cumple una función importante la posibilidad de revisar el material las veces necesarias, según el ritmo del estudiante.

En la Universidad de San Carlos de Guatemala se desarrolló un sistema tutorial inteligente<sup>6</sup> para el proceso de enseñanza aprendizaje de la tabla periódica, en función de configuración electrónica. Se utiliza Windows Presentation Foundation como recurso didáctico para orientar al futuro ingeniero químico en el uso de la tabla periódica de los elementos. Los medios utilizados como instrumentos de planificación de la enseñanza en la configuración electrónica permiten relacionar y organizar conceptos, además de iniciar un aprendizaje deductivo de los estudiantes. Este programa maestro se orienta a la configuración electrónica basal y real de cada uno de los elementos que componen la tabla periódica, mediante el apoyo de la tabla cuántica periódica espiral.

Se realizó el trabajo de graduación para optar por el título de Ingeniera Química, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Desarrollo de un sistema tutorial inteligente STI, utilizando Visual Studio.Net para el mejoramiento didáctico de la enseñanza-aprendizaje de la nomenclatura química

---

<sup>5</sup> SAMAYOA, Rodrigo, *Desarrollo del Programa del Curso de Física 1 para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala utilizando un modelo B-Learning*. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2954\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2954_IN.pdf).

<sup>6</sup> BALDETTI, Carmen. *Desarrollo de un sistema tutorial inteligente (STI) para la enseñanza y aprendizaje de la tabla periódica en función a su configuración electrónica utilizando Windows Presentation Foundation*. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1450\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1450_Q.pdf).

inorgánica.<sup>7</sup> Se realizó un algoritmo interpretativo para reconocer componentes de la trilogía de la nomenclatura (nombres, fórmulas y clasificación). Este diseño y desarrollo proporciona una base de datos de consulta para el estudiante, sobre la existencia de compuestos químicos inorgánicos simples.

En el Departamento de Medicina y Cirugía de la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad Rovira i Virgili, Tarragona, se presentaron criterios para determinar cómo debe ser un vídeo en el contexto de la enseñanza de Fisioterapia y analizar la aceptación por parte de los alumnos<sup>8</sup>. Dentro de sus resultados, la facilidad de comprensión de los casos evaluados, el apoyo memorístico visual y el acercamiento a la realidad, fueron los motivos principales por los que los alumnos creyeron conveniente acompañar los casos con videos, y principales intereses de este trabajo de investigación. La presentación de casos ABP para la asignatura de Fisioterapia a través de videos, ha resultado adecuado a su función y de suficiente calidad. Estos recursos tecnológicos favorecen la comprensión, retención y observación de los estudiantes; además que permite un acercamiento a la realidad de las actividades.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, con el financiamiento de los Países Bajos, formó un sistema virtual de posgrado: la Maestría en Educación con Orientación en Medio Ambiente, en el 2007. Esta utiliza herramientas virtuales para aprovechar el aprendizaje en el desarrollo de proyectos integrados. La velocidad del aprendizaje únicamente dependerá del alumno y de la disponibilidad de una conexión en red. En su mayoría, los recursos estratégicos de educación son textos, animaciones, gráficos y vídeos.

La educación virtual ya está involucrada en dicha universidad, como respuesta a la demanda actual de enseñanza de la población. Este antecedente del trabajo de investigación demuestra cómo distintas organizaciones internas

---

<sup>7</sup> LÓPEZ, Mónica. *Desarrollo de un sistema tutorial inteligente -STI- utilizando Visual Studio.Net para el mejoramiento didáctico de la enseñanza-aprendizaje de la nomenclatura química inorgánica*. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1184\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1184_Q.pdf)

<sup>8</sup> SALVAT, Isabel, GONZALEZ, Angel, MONTERDE, Sonia, MONTULL, Salvador; MIRALLES, Iris. *Utilización del video para presentar los casos en el aprendizaje basado en problemas*. p. 171-183.

de la USAC están interesadas en la enseñanza virtual, tomándolo como estrategia para incrementar la autonomía de los participantes.<sup>9</sup>

La Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral de la ciudad de Santa Fe, Argentina, decidió implicarse en una propuesta para la enseñanza de la Ingeniería, como respuesta ante cambios profundos en los modos de concebir la educación en la Ingeniería Química. Dentro del espacio curricular creado desde la investigación-acción, mencionaron que la sobrecarga de trabajo posee una razón particular: la interpretación para transformar procedimientos ya realizados en la práctica docente. Afirman que la investigación-acción provee de estrategias flexibles, en especial para enseñanza de ciencias y tecnologías, frecuentemente soslayadas en carreras de ingeniería. Dicha transformación y creación de estrategias flexibles en la educación demuestra que pueden crearse espacios de enseñanza efectiva, y que se pueden aplicar a campos de todo tipo, incluso ingeniería.<sup>10</sup>

En la Universidad de San Carlos Guatemala se desarrolló un trabajo de grado de licenciatura en Ingeniería vinculado a medios visuales “como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del curso transferencia de calor; para mejorar la didáctica del curso a través del uso de una presentación de diapositivas por computadora.”<sup>11</sup> Contribuye así a la formación de conceptos, la retención de la imagen visual y la optimización del tiempo empleado por el docente para exponer los temas de los cursos involucrados, bases que servirán para el presente trabajo de investigación. Su objetivo fue “mejorar la didáctica del

---

<sup>9</sup> TOBAR, Alfredo. *La Educación a Distancia en Guatemala. Realidades y Tendencias*. Torres Patricia., Rama Claudio. La Educación Superior a Distancia en América Latina y el Caribe. p. 98-116.

<sup>10</sup> CASTELLS, María del Carmen; ARESE, Alicia, ALBIZZATI, Enrique; ROSSETI, Germán. *Propuesta para la Enseñanza de la Ingeniería: Un Espacio Curricular Creado desde la Investigación-Acción*. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50062008000200003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062008000200003).

<sup>11</sup> RUANO, Aura. *Medios visuales como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del curso transferencia de calor*. <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0967\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0967_Q.pdf)>

curso de Transferencia de Calor, a través del uso de una presentación de diapositivas por computadora.”<sup>12</sup>

En la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala se desarrolló un trabajo de graduación que describe las siguientes etapas: recopilación de información, determinación de beneficios del método audiovisual en el rendimiento académico y evaluación en los estudiantes.<sup>13</sup> Es el antecedente que mejor figura para el trabajo de investigación, porque describe una herramienta que apoya a los catedráticos para guiar a los estudiantes, de manera que acerca las prácticas a la realidad, aunque no promueve autonomía en los estudiantes porque únicamente se mantuvo disponible al cuerpo docente en su época. Se concluyó que mejorar habilidades y destrezas a través del equipo tecnológico del momento, permite conocer las prácticas de laboratorio de manera rápida y acertada.

El Grupo Comunicar de España expresó un desarrollo de una experiencia de estrategia didáctica, implementando métodos matemáticos de las técnicas de programación en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros, de Madrid. Bravo expresó que la eficacia de los videos estaba relacionada con la forma de aplicación al contexto del aula y la presencia de elementos significativos, que indicaran una relación directa entre sus contenidos, el programa de la asignatura y quienes lo imparte.<sup>14</sup> Además, hizo énfasis en dos aspectos de relevancia: los alumnos deben valorar la información suministrada en el video, de forma que lo involucren como contenido del programa de asignatura y deben lograrse

---

<sup>12</sup> RUANO, Aura. *Medios visuales como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del curso transferencia de calor*. <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0967\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0967_Q.pdf).

<sup>13</sup> CASTAÑEDA, Julio, FRANCO, Rohen, SEGURA, Guillermo. *Guía audiovisual de experimentos de fisicoquímica*. p. 80

<sup>14</sup> BRAVO, Edna, GARCÍA, Beatriz., SIMO, Pep, ENACHE, Mihaela, FERNANDEZ, Vicenc. *Video as a new teaching tool to increase student motivation*. p. 5.

objetivos de aprendizaje con el medio audiovisual. Estos dos aspectos serán bases para la estrategia a plantear para el tema de investigación.

La Universidad Galileo de Guatemala cuenta con el programa de Educación a Distancia, el FISIC-IDEA, denominado Educación Abierta, con enlaces para observar clases preparadas por profesores en formato de video, en modalidad e-learning, entre otras opciones. Una de ellas fue la introducción del curso Diseño y desarrollo de recursos multimedia para la educación, como parte de los programas de micromaestrías, a través de la plataforma internacional EDX. Esta es una plataforma de cursos en línea masiva y abierta (MOOC) fundada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts y la Universidad de Harvard en 2012. En ella se crea una forma sencilla y fácil para los recursos de aprendizaje multimedia e interactiva, para una enseñanza virtual exitosa. Su objetivo principal es generar recurso multimedia para construir, complementar o generar conocimiento. En él abarcan algunos conceptos y usos del video educativo, centrándose en aspectos de diseño, producción y edición, complementado con estructuras simples de guiones, herramientas de software de recurso educativo abierto. Universidad Galileo de Guatemala describe:

El curso responde a las necesidades de aquellos que tienen un interés directo en el aprendizaje y la enseñanza digital en cualquier campo. Es ideal para todos aquellos que desean aprender más sobre el potencial de la tecnología en entornos de aprendizaje formal e informal, dándoles la oportunidad de contar con los elementos necesarios para pasar de la idea a la implementación.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*. <https://www.edx.org/course/disen-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Filosofía educativa**

En los procesos educativos se ofrece consistencia, calidad y sustento del aprendizaje, como resultado de la cohesión de pensamientos ilustrados en la gama de estrategias educativas. Como menciona Cerezo Huerta, “Dada la profusa producción pedagógica actual, la conformación y delimitación de las corrientes pedagógicas contemporáneas resulta urgente e imprescindible para poder incorporarlas al discurso y práctica de los educadores.” Por el abastecimiento de apoyos para la educación en todos los campos instructivos, se establecen estos movimientos definidos que se caracterizan por mantener una línea del pensamiento e investigación para realizar aportes permanentes. A través de movimientos históricos como la Escuela Nueva, la pedagogía liberadora, el paradigma del enfoque cognitivo conformado por la contribución de críticas del conductismo, se desarrolla formalmente una corriente pedagógica contemporánea utilizada para esta propuesta de trabajo de investigación: constructivismo.

Explica Cerezo Huerta de manera práctica que, en el constructivismo, “el estudiante no es visto como un ente pasivo sino, al contrario, como un ente activo, responsable de su propio aprendizaje, el cual él debe construir por sí mismo.” Se construye el conocimiento con las herramientas que el estudiante tenga a su disposición, aunque posea prejuicios y creencias incluidas. Es una teoría altamente personal, en el sentido que el individuo es quien monitorea su desarrollo. También es un desafío para el estudiante y el profesor porque el primero, en palabras de Cerezo Huerta, deja su papel sumiso de receptor de

conocimiento y adquiere responsabilidad en su propia formación intelectual; mientras que el segundo está expuesto a los mismos peligros que los alumnos en el campo del error, la diferencia es que, simplemente ha peleado más batallas. Aunque esta corriente promueve el protagonismo individual, falla en cómo describir el aprendizaje dentro de sociedades y organizaciones. Además, esta corriente pedagógica fue desarrollada en una época donde la tecnología no había impactado como en el siglo XXI. En palabras de Siemens y traducido por Leal Fonseca: “La inclusión de la tecnología y la identificación de conexiones como actividades de aprendizaje, empieza a mover a las teorías de aprendizaje hacia la edad digital.” Surge la necesidad de involucrar otra corriente pedagógica orientada a la diversidad de opiniones, a la conexión de información, a fomentar la habilidad de mantenerse actualizados y a tomar decisiones de qué aprender; principios del conectivismo presentados por Siemens: teorías de caos, redes, complejidad y autoorganización. El aprendizaje puede consistir en enfocarse con información especializada, realizar conexiones estratégicas y obtener el conocimiento de mayor importancia, proviniendo fuera de cada individuo.

¿Por qué involucrar el constructivismo y el conectivismo en un trabajo de investigación? El punto de partida del conectivismo es el aprendizaje individual. Pero este conocimiento se compondrá de una red, que como menciona Siemens se retroalimentan entre organizaciones e instituciones, entre la red y los individuos que están aprendiendo. Este ciclo de desarrollo del conocimiento les permite a los aprendices estar actualizados mediante las conexiones que han formado. Huamán y Flores explican que:

El conectivismo presenta un modelo de aprendizaje que reconoce los movimientos tectónicos en una sociedad en donde el aprendizaje ha dejado de ser una actividad –únicamente- interna e individual. La forma en la cual trabajan y funcionan las personas se altera cuando se usan nuevas herramientas. El conectivismo provee

una mirada a las habilidades de aprendizaje y las tareas necesarias para que los aprendices florezcan en la era digital.<sup>16</sup>

## **2.2. Sistemas multimedia**

Mayer, un reconocido psicólogo educativo estadounidense por sus diversas investigaciones en las teorías de cognición y aprendizaje, en el 2005 define el término multimedia; y es citado por Huamán y Flores: ...la presentación de material verbal y pictórico; en donde el material verbal se refiere a las palabras, como texto impreso o texto hablado y el material pictórico que abarca imágenes estáticas (ilustraciones, gráficas, diagramas, mapas, fotografías) y también imágenes dinámicas (animaciones, simulaciones o video).

Wolfgang Schnotz nos explica que el término multimedia, en un nivel tecnológico, significa el uso de múltiples medios para entregar la información, como puede ser la computadora, la pantalla y las bocinas. Se generan distintas perspectivas; para este trabajo es adecuada la siguiente: sistema que se comunica con el usuario a través de múltiples sistemas de símbolos, de un modo integrado e interactivo. De esta manera, Antonio Bartolomé describe este recurso, denotando sus funciones informativa y formativa: Un programa informativo puede ser diseñado con intención de ayudar a un aprendizaje. En un programa formativo el control se sitúa en el sistema que organiza el aprendizaje.

Woodhead describe una clasificación de los programas informativos de los sistemas multimedia: bases de datos, sistemas de información orientados al objeto, libros electrónicos, hipermedias inteligentes; mientras que la clasificación de los programas formativos es programas de ejercitación, tutoriales, programas

---

<sup>16</sup> HUAMÁN, Milagros, FLORES, Juan. *Modelo pedagógico para programas on-line: Metodología por tipo de asignaturas con apoyo de dinamización en la Universidad de San Martín de Porres*. <https://acceso.virtualeduca.red/documentos/ponencias/puerto-rico/1077-a471.pdf>.

orientados hacia la resolución de problemas, simulaciones y videojuegos. Para el objetivo del trabajo de investigación, la clasificación del sistema multimedia por utilizar es programas formativos tutoriales. Bartolomé describe las características de la clasificación seleccionada, aplicada a los videos instruccionales como tutorías.

### **2.3. Tutorías en la educación superior**

El término tutor, del latín tutor, proviene del verbo *tueor*, cuyos significados son mirar por, representar a, tener bajo protección a alguien, bajo la propia responsabilidad de, entre otros. Puede definirse que tutor es aquella guía que juega un papel de asistencia en el asesoramiento de una persona, en algún objetivo específico. La RAE lo define como persona encargada de orientar a los alumnos de un curso o asignatura.

La tutoría universitaria, según Ferrer, es una actividad de carácter formativo que incide en el desarrollo integral de los estudiantes en su dimensión intelectual, académica, profesional y personal, es decir, que integra varios ámbitos de desarrollo. Según García, se desea que cada estudiante logre desarrollar sus ámbitos cognitivos, personales, académicos y profesionales. Entonces la tutoría es una responsabilidad compartida entre el catedrático y el estudiante para realizar una conexión personalizada, con el fin de orientar a un nivel de dominio y de competencia educativo alto.

El asesoramiento en el proceso educativo universitario genera el crecimiento intelectual del estudiante, garantizando su formación académica, científica y técnica. Interpretando a García Nieto, se afirma que la tutoría universitaria debe ser considerada como:

- Una actividad intencional, con objetivos claros y debidamente programados.
- Insertada en la actividad docente, en coordinación con el resto de las demás actividades científicas y formativas, que supone la actividad académica.
- Proceso continuo, coherente y acumulativo que acompaña la trayectoria curricular del alumno.
- Garantía de autonomía del aprendizaje y formación del estudiante.

La tutoría universitaria no debe entenderse, en modo alguno, como un remedio mágico para cubrir todos los objetivos del aprendizaje universitario; sin embargo, puede constituir un valioso medio para desarrollar, de una manera más eficaz, algunas competencias más generales y difíciles de conseguir con el trabajo docente del aula, como la autonomía en el aprendizaje, la búsqueda activa de información, el trabajo en equipo. Dentro de los modelos de tutoría universitaria que García Nieto clasifica en el artículo *La función tutorial de la Universidad en el actual contexto de la Educación Superior*, 2008, se hace resaltar la tutoría académica. Esta se centra en el asesoramiento de estudio, bibliografía y fuentes de documentación, así como la realización de trabajos del curso o de campo. El modelo académico es "...en el que la acción docente se restringe a informar u orientar sobre la asignatura en un ambiente de máxima autonomía y libertad de todos los miembros de la comunidad universitaria." <sup>17</sup> El rol tutorial académico implica las competencias pedagógicas (saber enseñar), investigadora y tecnológica.

---

<sup>17</sup> GARCÍA, Narciso. *La función tutorial de la Universidad en el actual contexto de la Educación Superior. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado.* p. 42.

### **2.3.1. Tutoría virtual**

Un modelo educativo permanece en mejora continua. A través de las tutorías, en distintas modalidades (presenciales, grupales, escritas, virtuales), se promueve el autoaprendizaje, el uso de competencias y habilidades para los conocimientos, y la toma de decisiones para las metodologías de estudio. Según Bedoya y Pérez el modelo de tutoría virtual permite desarrollar la autonomía del estudiante y su fortalecimiento de formación integral, ya que este es el principal autor de su crecimiento personal en aspectos cognitivos, profesionales, personales y académicos.

Ese extra de autonomía permitiría al estudiante mejorar la adquisición del conocimiento porque existe relación entre la conexión de ideas y del ritmo de aprendizaje. Según Avilés, la tutoría académica virtual compromete al tutor en orientar, guiar, informar y formar al alumno en diferentes aspectos y en diferentes momentos de su trayectoria académica, integrando las funciones administrativas, académicas, psicopedagógicas, motivacionales y de apoyo personales. Los principales aspectos positivos de la educación virtual que citan Bedoya y Pérez son la, ampliación de la cobertura, flexibilidad horaria, mayor participación e interacción de y con los estudiantes, uso de nuevas tecnologías y fomentan la responsabilidad y disciplina.

### **2.3.2. Tutoría virtual en laboratorios**

Según Lorandi, Hermida, Hernández y de Guevara las herramientas multimedia poseen un valioso potencial para la creación de sistemas de apoyo al aprendizaje y de experiencias educativas. Tomando en cuenta los avances tecnológicos de docencia e investigación, los autores citados proponen las ventajas de un sistema virtual para un laboratorio:

- Acercamiento previo del estudiante a las prácticas, quien puede experimentar sin riesgos y, además, permitiendo un horario completamente flexible.
- Brinda un ambiente propicio para el autoaprendizaje, porque ofrece una personalización del experimento, a través de una visión intuitiva de los fenómenos expuestos.
- Enriquece el proceso tradicional para posteriormente desarrollar una práctica –presencial– de laboratorio, que es el eje de interés principal para este trabajo de investigación.
- “Puede complementarse con aplicaciones y actividades diseñadas para facilitar la construcción del propio conocimiento.”<sup>18</sup>

Sin embargo, pueden presentar desventajas, siempre según los anteriores autores, en la Revista Internacional de Educación en Ingeniería:

- No puede sustituir del todo la experiencia práctica altamente enriquecedora del laboratorio convencional, pero sí puede servir como una herramienta complementaria valiosa.
- Por ser una virtualización de la realidad, puede provocar en el estudiante una pérdida parcial de la visión de la realidad que se estudia, previniéndose con la selección de contenidos relevantes y atractivos.

---

<sup>18</sup> LORANDI, Alberto, HERMIDA, Guillermo, HERNÁNDEZ, José; DE GUEVARA, Enrique. *Laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. Revista Internacional de Educación en Ingeniería.* [http://bibliografia.eovirtual.com/LorandiA\\_2011\\_Laboratorios.pdf](http://bibliografia.eovirtual.com/LorandiA_2011_Laboratorios.pdf). p.24.

### 2.3.3. Tutoría virtual a través de vídeos educativos

Día a día los profesores descubren nuevas posibilidades comunicativas que se traducen en nuevas formas de aplicar el medio a los procesos educativos. Seguramente resultaría más correcto hablar de necesidades educativas que los profesores buscan resolver. Pero cuando aparece un nuevo medio de comunicación, los usuarios del medio suelen comenzar explorándolo, buscando hasta dónde puede llegar, qué nuevas posibilidades expresivas le da.<sup>19</sup>

Cada herramienta multimedia que se presenta en nuestro entorno permitirá a los educadores hallar sus facilidades de comunicación, de interpretación y de transmisión. El potencial de un material didáctico audiovisual expresa el potencial que posee para transmitir contenido educativo. Existen pautas ordenadas desde actividades relacionadas con la gestión de contenidos en las organizaciones hasta actuaciones dirigidas propiamente sobre los objetos de información. Según Lara y Duart:

Se exponen diez ideas básicas que han de recoger las organizaciones que se aproximan a los modelos de actividad en el diseño de contenidos:

- Establecer nuevas formas de gestión de contenidos basadas en modelos de uso interactivos de las tecnologías de la información y de la comunicación. (TIC en Internet)
- Contar con servicios autónomos activados las veinticuatro horas del día y durante los siete días de la semana. (24\*7)
- Impulsar y desarrollar servicios de contenidos centrados en el usuario por cliente.
- Usar intensivamente Internet para el desarrollo de servicios de contenidos personalizados e interactivos, atendiendo a la diversidad.
- Facilitar el intercambio de información entre los diferentes grupos, atendiendo a criterios de usabilidad y accesibilidad.
- Establecer las bases para la generación de un metarrepertorio de contenidos.
- Fomentar la reorganización interna de los contenidos.

---

<sup>19</sup> LARA, Pablo, DUART, Josep. *Gestión de contenidos en el e-learning: acceso y su de objetos de información como recurso estratégico*. p. 6-16

- Dotar de interacción o participación de los diferentes colectivos en la gestión de contenidos.
- Extraer la información contenida en su espacio virtual con el menor coste y tiempo posibles.
- Permitir un alto grado de autocreación y automatización que permita extraer el máximo rendimiento al contenido generado.<sup>20</sup>

Una de estas innovadoras tecnologías, que recoge las características previamente establecidas, es el video educativo; este, según Bravo, es aquel que cumple un objetivo didáctico previamente formulado, y según Pascual y citado por De la Fuente Sánchez, es el medio didáctico que facilita el desarrollo de un proceso de aprendizaje. También se podría definir el video didáctico por su principal característica y crucial circunstancia: que esté diseñado, producido, experimentado y evaluado para ser insertado en un proceso concreto de enseñanza aprendizaje de forma creativa y dinámica.

El interés se ha derivado de distintas características intrínsecas a su naturaleza:

- Fusión de medios audiovisuales que permite llegar a un espectro más amplio de estudiantes.
- Posibilidad de ofrecer una – retroalimentación – inmediata.
- Flexibilidad en su utilización.
- Control local de la producción

---

<sup>20</sup> LARA, Pablo, DUART, Josep. *Gestión de contenidos en el e-learning: acceso y su de objetos de información como recurso estratégico*. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento. Vol. 2 No. 2 noviembre de 2005. ISSN 1698-580X. p. 6-16

Es un elemento, como menciona Salomón y citado por De la Fuente Sánchez, que tiene que ver más con los sistemas simbólicos que desarrolla, con la interacción cognitiva con el estudiante y cómo se utiliza. Su desarrollo principal es aclarar ideas y realizar síntesis esenciales de los fundamentos que se involucran. Lo componen el recurso disponible, un contenido, una forma simbólica de representar la información, y una finalidad o propósito educativo. La variable con mayor importancia es el soporte material, porque sintetiza fundamentos y conceptos específicos.

#### **2.4. Aplicación de videos tutoriales en la ingeniería**

“En la investigación sobre la exploración de resultados de uso de videos como una herramienta educativa para las disciplinas de ingeniería mecánica, ingeniería industrial y de gestión, y de ingeniería aeronáutica” <sup>21</sup>, se detalló el efecto positivo del uso de nuevas tecnologías como herramienta de soporte para mejorar la eficiencia de aprendizaje. Para la elaboración de estos videos se introdujo un nuevo concepto: videos educativos de bajo costo. Son demostraciones de videos cortos con una meta en específico, creados en periodos cortos, con bajos recursos y combinados con otros materiales del curso. Este concepto también es aplicado a los videos propuestos en esta investigación, ya que permite manejar los costos financieros y la gestión del tiempo para realizarlos.

Los focos de interés para los videos educativos de bajo costo son:

- La facilidad de acceso a través de dispositivos electrónicos permite la repetitividad del material de acuerdo con la necesidad del usuario.

---

<sup>21</sup> BRAVO, Edna, GARCÍA, Beatriz., SIMO, Pep, ENACHE, Mihaela, FERNANDEZ, Vicenc. *Video as a new teaching tool to increase student motivation.* p. 5.

Además, existe un acercamiento a la realidad de los conceptos transmitidos, sobre los procedimientos en laboratorio, procesos de investigación y resolución de dudas.

- Tiempos cortos para obtención de una vista rápida de contenido, traslado de instrucciones rápidas, procedimientos básicos y conceptos. Se reemplaza algunas preguntas en particular, teoría específica y material que esté asociada a complementar el proceso de enseñanza aprendizaje, porque este tipo de videos no pueden ofrecer la visión completa del tema.
- Facilidad de comprensión de conceptos abstractos involucrados en ingeniería, como fundamentos teóricos, deducciones y razonamientos de ejercicios.
- Aumento de calidad de las cátedras al combinar los videos con otras metodologías de enseñanza tradicionales o innovadoras, como exposiciones de casos y trabajos grupales.
- Bajo costo de elaboración, a través de recursos disponibles de grabación de audio y video, como dispositivos electrónicos, equipo de laboratorio y softwares de acceso libre.
- Tiempos cortos para creación, adaptándose a las necesidades y rutina diaria del investigador.



### **3. MARCO EXPERIMENTAL**

Está compuesto de las fases de diseño, producción, posproducción y evaluación. Se describe en seguida cada fase:

#### **3.1. Diseño**

Comprende el establecimiento de contenidos, temas relacionados, secuenciación y manera de presentación. Delimita claramente qué se grabará, quién estará presente en las grabaciones, ubicación, fechas y formas de grabación. Está compuesto por las secciones de análisis de situación, planificación y temporalización del proceso de desarrollo, documentación y la guionización de la información.

##### **3.1.1. Análisis de la situación**

Esta fase relaciona la selección del tema y los contenidos sobre los que se tratará el material. Se ubican en seguida cinco tablas, correspondientes a cada uno de los videos, sobre los datos generales del mismo, el propósito didáctico y la descripción general del tema a presentar.

Tabla I. **Datos generales y propósito de video No. 1**

<b>Datos generales</b>	
<b>Título del video</b>	Cultura de seguridad
<b>Propósito didáctico del video</b>	
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	Distinguir conceptos básicos de la cultura de seguridad personal del laboratorio de fisicoquímica, a través de la educación sobre el uso de equipo de protección individual, conciencia de factores de riesgo en el trabajo y plan de contingencia general.
<b>Conocimientos previos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Información técnica y de seguridad de reactivos a utilizar durante la experiencia en el laboratorio.</li> <li>2. Alergias, enfermedades y otras indicaciones personales.</li> </ol>
<b>Competencias tecnológicas mínimas necesarias</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manejo y uso de dispositivos y entornos de material multimedia.</li> <li>2. Transformación de información en formatos digitales a conocimientos y procesos de acción.</li> </ol>
<b>Descripción general del tema a presentar en el video</b>	
Reconocer el equipo individual básico y equipos complementarios para la protección del estudiante que realizará actividad en el laboratorio de fisicoquímica, identificando los criterios de selección y uso de los EPP. Además, indicaciones fundamentales sobre el plan de contingencia de la Escuela de Ingeniería Química, aplicado a las acciones generales de comportamiento y de evacuación, con énfasis en caso de incendios y de terremotos dentro del laboratorio. El propósito es fortalecer la cultura de seguridad preventiva para la ejecución de experimentaciones en el laboratorio.	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.  
<https://www.edx.org/course/diseno-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta: 26 de enero de 2020.

Tabla II. **Datos generales y propósito de video No. 2**

<b>Datos generales</b>	
<b>Título del video</b>	Modelización matemática.
<b>Propósito didáctico del video</b>	
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	Integrar conceptos, metodología de trabajo y aplicaciones para introducir el concepto de la modelización matemática.
<b>Conocimientos previos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocimientos de estadística descriptiva, estadística inferencial y los métodos estadísticos aplicados.</li> <li>2. Cálculo diferencial.</li> </ol>
<b>Competencias tecnológicas mínimas necesarias</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manejo y uso de dispositivos y entornos de material multimedia.</li> <li>2. Transformación de información en formatos digitales a conocimientos y procesos de acción.</li> <li>3. Aplicación de softwares específicos para el análisis de datos estadísticos; i.e.: Excel</li> </ol>
<b>Descripción general del tema a presentar en el video</b>	
Ilustrar la modelización matemática como una forma de trabajo para la comprensión de fenómenos fisicoquímicos, integrando conceptos básicos, metodología de trabajo sugerible y algunas aplicaciones en la Ingeniería Química.	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.  
<https://www.edx.org/course/disen-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta: 26 de enero de 2020.

Tabla III. **Datos generales y propósito de video No. 3**

<b>Datos generales</b>	
<b>Título del video</b>	Metodologías de evaluación.
<b>Propósito didáctico del video</b>	
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	Reconocer la organización del curso de laboratorio de fisicoquímica para la evaluación de desempeño del estudiante.
<b>Conocimientos previos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conceptos de generación de trabajos en cursos experimentales de laboratorio.</li> <li>2. Metodologías de investigación aplicadas en recursos científicos.</li> </ol>
<b>Competencias tecnológicas mínimas necesarias</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manejo y uso de dispositivos y entornos de material multimedia.</li> <li>2. Aplicación de metodologías de evaluación en las prácticas experimentales.</li> </ol>
<b>Descripción general del tema a presentar en el video</b>	
<p>Metodologías empleadas en el laboratorio de fisicoquímica para la evaluación del estudiante durante su experiencia en el curso. Se consideran las herramientas involucradas previo, durante y posterior a las prácticas experimentales, a través de la descripción de normas internas, estrategias de investigación científica básicas, aspectos de trabajo y sus implicaciones, y los elementos generales de ponderación (prerreportes, exámenes cortos, reportes, presentaciones, exámenes parciales y examen final). La finalidad es promover una adaptación efectiva del estudiante.</p>	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.  
<https://www.edx.org/course/disen-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta: 26 de enero de 2020.

Tabla IV. **Datos generales y propósito de video No. 4**

<b>Datos generales</b>	
<b>Título del video</b>	Equipo Boyle Méndez.
<b>Propósito didáctico del video</b>	
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	Identificar los fenómenos fisicoquímicos involucrados, el procedimiento para realizar la práctica experimental y la aplicación de modelización matemática para el equipo Boyle Méndez.
<b>Conocimientos previos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ecuación de estado del gas ideal.</li> <li>2. Procesos a volumen constante reversible.</li> <li>3. Procesos a temperatura constante reversible.</li> <li>4. Procesos a presión constante.</li> </ol>
<b>Competencias tecnológicas mínimas necesarias</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manejo y uso de dispositivos y entornos de material multimedia.</li> <li>2. Transformación de información en formatos digitales a conocimientos y procesos.</li> </ol>
<b>Descripción general del tema a presentar en el video</b>	
Describir las variables fisicoquímicas involucradas, organizar la técnica necesaria para desarrollar la experiencia del laboratorio y aplicar un ejemplo de modelización matemática sobre la determinación de las propiedades de estado de un gas, a través de un equipo de uso didáctico en el área de fisicoquímica, Boyle-Méndez*.	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.  
<https://www.edx.org/course/disen-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta: 26 de enero de 2020. \*Referencia: MÉNDEZ, José. *Diseño de un equipo de uso didáctico en el área de fisicoquímica, para la determinación de las propiedades de estado de un gas*.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1127\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1127_Q.pdf). Consulta: 14 de noviembre de 2020.

Tabla V. **Datos generales y propósito de video No. 5**

<b>Datos generales</b>	
<b>Título del video</b>	Equilibrio de fases líquido-vapor en sistemas binarios.
<b>Propósito didáctico del video</b>	
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	Estructurar el procedimiento para realizar la práctica experimental del equilibrio de fases líquido-vapor en sistemas binarios, para describir los fenómenos fisicoquímicos involucrados.
<b>Conocimientos previos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Equilibrio de fases</li> <li>2. Destilación</li> <li>3. Equilibrio líquido-vapor en mezcla binaria no ideal.</li> </ol>
<b>Competencias tecnológicas mínimas necesarias</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manejo y uso de dispositivos y entornos de material multimedia.</li> <li>2. Procesar información en formatos digitales.</li> </ol>
<b>Descripción general del tema a presentar en el video</b>	
Organizar la técnica necesaria para desarrollar la experiencia del laboratorio sobre el comportamiento y existencia del líquido y vapor de una mezcla de cloroformo y acetona, en un sistema de destilación propuesto*, para la construcción de su diagrama de fases a presión atmosférica.	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.

<https://www.edx.org/course/diseño-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta: 26 de enero de 2020. \*Referencia: MÉNDEZ, José. *Diseño de un equipo de uso didáctico en el área de fisicoquímica, para la determinación de las propiedades de estado de un gas*.

<[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1127\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1127_Q.pdf). Consulta: 14 de noviembre de 2020.

### **3.1.2. Planificación y temporalización del proceso de desarrollo**

Esta sección contempla fechas y horarios de grabación, preparación de localidades, materiales e insumos necesarios para el proyecto. Se encuentran cinco tablas, correspondientes a cada video, que contemplan el desarrollo del contenido de este, recursos y temporalización planificada.

Tabla VI. **Planificación y temporalización de video No. 1**

<b>Desarrollo del contenido del video</b>		
<b>Título del video</b>	Cultura de seguridad.	
<b>Duración</b>	6:00-7:00 min	
<b>Formato de video</b>	Locación:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laboratorio.</li> <li>2. Ruta de evacuación.</li> <li>3. Área de oficina.</li> </ol>
	Tipo de escenario:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentación interactiva.</li> <li>2. Laboratorio.</li> <li>3. Grabación de pantalla.</li> </ol>
<b>Tipo de video</b>	video instructivo	
<b>Recursos</b>		
<b>Equipo</b>	Dispositivos electrónicos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Computadora</li> <li>2. Móvil</li> <li>3. Cámaras de video</li> <li>4. Micrófono</li> </ol>
	Equipo y/o cristalería de laboratorio	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Equipo de protección personal (EPP)</li> <li>2. Extintor</li> </ol>
<b>Herramientas web</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MovieMaker</li> <li>2. Canva</li> <li>3. PowerPoint</li> </ol>	
<b>Observaciones generales</b>	Se utilizarán grabaciones de capacitación externa de uso de extintor, realizadas para el Laboratorio de Físicoquímica 1	
<b>Temporalización</b>		
<b>Tiempo de grabación</b>	6 horas.	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.  
<https://www.edx.org/course/disen-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta:26 de enero de 2020.

Tabla VII. **Planificación y temporalización de video No. 2**

<b>Desarrollo del contenido del video</b>		
<b>Título del video</b>	Modelización matemática.	
<b>Duración</b>	6:00-7:00 min	
<b>Formato de video</b>	Locación:	1. Exterior universitario 2. Área de oficina.
	Tipo de escenario:	1. Presentación interactiva. 2. Grabación de pantalla.
<b>Tipo de video</b>	video instructivo	
<b>Recursos</b>		
<b>Equipo</b>	Dispositivos electrónicos	1. Computadora 2. Móvil 3. Cámaras de video 4. Micrófono
	Equipo y/o cristalería de laboratorio	Ninguno
<b>Herramientas web</b>	1. MovieMaker 2. Canva 3. PowerPoint	
<b>Observaciones generales</b>	Este video es de teoría, se utilizarán más ángulos de grabación	
<b>Temporalización</b>		
<b>Tiempo de grabación</b>	2 horas.	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.  
<https://www.edx.org/course/diseño-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta: 26 de enero de 2020.

Tabla VIII. **Planificación y temporalización de video No. 3**

<b>Desarrollo del contenido del video</b>		
<b>Título del video</b>	Metodologías de evaluación.	
<b>Duración</b>	6:00 – 7-.00 min	
<b>Formato de video</b>	Locación:	1. Exterior universitario. 2. Área de oficina.
	Tipo de escenario:	1. Presentación interactiva. 2. Grabación de pantalla.
<b>Tipo de video</b>	video instructivo	
<b>Recursos</b>		
<b>Equipo</b>	Dispositivos electrónicos	1. Computadora 2. Móvil 3. Cámaras de video 4. Micrófono
	Equipo y/o cristalería de laboratorio	Ninguno.
<b>Herramientas web</b>	1. MovieMaker 2. Canva 3. PowerPoint	
<b>Observaciones generales</b>	Este video es de teoría, se utilizarán más ángulos de grabación	
<b>Temporalización</b>		
<b>Tiempo de grabación</b>	2 horas	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.  
<https://www.edx.org/course/disen-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta:26 de enero de 2020.

Tabla IX. **Planificación y temporalización de video No. 4**

<b>Desarrollo del contenido del video</b>		
<b>Título del video</b>	Práctica experimental – Equipo Boyle Méndez.	
<b>Duración</b>	6:00 – 7:00 min	
<b>Formato de video</b>	Locación:	1. Laboratorio. 2. Área de oficina.
	Tipo de escenario:	1. Presentación interactiva. 2. Laboratorio. 3. Grabación de pantalla.
<b>Tipo de video</b>	video instructivo	
<b>Recursos</b>		
<b>Equipo</b>	Dispositivos electrónicos	1. Computadora 2. Móvil 3. Cámaras de video 4. Micrófono
	Equipo y/o cristalería de laboratorio	1. Equipo de protección personal (EPP) 2. Equipo Boyle Méndez
<b>Herramientas web</b>	1. MovieMaker 2. Canva 3. Power Point	
<b>Observaciones generales</b>	Se utilizará equipo de laboratorio real.	
<b>Temporalización</b>		
<b>Tiempo de grabación</b>	6 horas.	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico*.  
<https://www.edx.org/course/diseño-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta: 26 de enero de 2020.

Tabla X. **Planificación y temporalización de video No. 5**

<b>Desarrollo del contenido del video</b>		
<b>Título del video</b>	Práctica experimental – Equilibrio de fases líquido-vapor en sistemas binarios.	
<b>Duración</b>	6:00 – 7:00 min	
<b>Formato de video</b>	Locación:	1. Laboratorio. 2. Área de oficina.
	Tipo de escenario:	1. Presentación interactiva. 2. Laboratorio. 3. Grabación de pantalla.
<b>Tipo de video</b>	video instructivo	
<b>Recursos</b>		
<b>Equipo</b>	Dispositivos electrónicos	1. Computadora 2. Móvil 3. Cámaras de video 4. Micrófono
	Equipo y/o cristalería de laboratorio	1. Equipo de protección personal (EPP) 2. Sistema de destilación. 3. Acetona. 4. Cloroformo
<b>Herramientas web</b>	1. MovieMaker 2. Canva 3. Power Point	
<b>Observaciones generales</b>	Se utilizará el sistema de destilación real del laboratorio.	
<b>Temporalización</b>		
<b>Tiempo de grabación</b>	12 horas.	

Fuente: Universidad Galileo. *Plantilla para diseñar un video didáctico.*  
<https://www.edx.org/course/disen-y-desarrollo-de-recursos-multimedia-para-la>. Consulta:26 de enero de 2020.

### 3.1.3. Documentación

A continuación, se presenta la literatura seleccionada para el fundamento teórico de los videos. Esta sección está compuesta por el concepto primario de cada video: cultura de seguridad, modelización matemática, metodologías de evaluación, equipo Boyle Méndez y equilibrio de fases líquido-vapor en sistemas binarios.

### 3.1.3.1. Cultura de seguridad

- Instituciones internacionales y nacionales: algunas organizaciones encargadas de velar y regular la seguridad y la salud de los trabajadores son la OIT, Organización Internacional del Trabajo, de las Naciones Unidas; INSST, Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, de España; OSHA (siglas en inglés), Administración de Seguridad y Salud Ocupacional; ANSI (siglas en inglés), Instituto Nacional Estadounidense de Estándares; NIOSH (siglas en inglés), Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, las tres anteriores de Estados Unidos. El objetivo general de estas organizaciones es promover mejores condiciones de seguridad, salud o higiene para los trabajadores durante su labor diario, a través de normas uniformes, guías o leyes, para reducir los índices locales de accidentes y prevenir enfermedades profesionales, integrando los criterios de gobiernos, empresarios y/o trabajadores. En Guatemala, el Acuerdo Gubernativo No. 229-2014 con fecha 23 de julio de 2014 y sus reformas, se emitió el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, que actualiza las condiciones generales de higiene y seguridad en los lugares de trabajo (...) -desarrollando- acciones tendientes a conseguir ambientes saludables y seguros en el trabajo para la prevención de enfermedades ocupacionales, a través del Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Estos documentos consideran las directrices necesarias mínimas, de normas de protección personal, para áreas de trabajo como el laboratorio de fisicoquímica, aplicables para la ejecución de las prácticas experimentales.
- Factores de riesgo químico: Un factor de riesgo es todo elemento presente en las condiciones de trabajo que por sí mismo, o en combinación, puede producir alteraciones negativas en la salud de los trabajadores, por lo que puede dar lugar a accidentes o enfermedades profesionales. El estudiante

del laboratorio de fisicoquímica se enfrenta a factores de riesgo físico del trabajo (como el espacio disponible y la ventilación), contaminantes químicos y biológicos, y condiciones de seguridad (como manipulación de herramientas y equipo en caso de emergencias). M. Costa Cabanillas, 1991, describe un sistema inglés sobre la interacción entre elementos que, al alterarse uno de ellos (el individuo, la tarea, los materiales (también máquinas y equipo) y el entorno técnico social), se ocasionan secuencias y características que dan origen multicausal a los accidentes e incidentes.

Durante la manipulación de sustancias químicas, en el laboratorio de fisicoquímica existen riesgos de la tarea y los materiales involucrados debido a la explosividad, inflamabilidad, toxicidad, reactividad y corrosividad de las sustancias durante la ejecución de las prácticas. El factor químico es toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que, durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas. Una exposición programada minimizará accidentes durante la ejecución de la actividad.

Existen consejos preventivos dados por la Asociación Chilena de seguridad para la operación con sustancias peligrosas. Algunos consejos son:

Tabla XI. **Operación con sustancias peligrosas**

<b>Peligros habituales</b>	
<b>no.</b>	<b>Descripción</b>
1.	Comportamientos arriesgados <ul style="list-style-type: none"> <li>• Omitir cumplimiento de medidas de seguridad dispuestas en MSDS.</li> <li>• Omitir utilizar EPP.</li> <li>• Utilizar equipo en mal estado.</li> </ul>
2.	Fuentes o situaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de procedimientos, señalizaciones y advertencias.</li> <li>• Ausencia de ventilación de laboratorio.</li> <li>• Almacenamiento incorrecto de materias primas, reactivos o productos.</li> <li>• Ausencia de etiquetado o etiquetado incorrecto.</li> </ul>
<b>Recomendaciones</b>	
<b>no.</b>	<b>Descripción</b>
1.	Planificación de trabajo.
2.	Cumplimiento de procedimiento.
3.	Revisión de datos de seguridad de sustancias peligrosas.
4.	Únicamente trabajar con sustancias autorizadas por instructor.
5.	Identificar siempre todas las sustancias; i.e.: Peligro: Sustancia Peligrosa.
6.	Utilizar siempre EPP definido.
7.	Informar inmediatamente síntomas de malestar físico a instructor.

Fuente: elaboración propia.

- Controles de seguridad: la eliminación de peligros y reducción de riesgos para sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional, enfocados en el individuo y en el ambiente técnico social, generalmente utilizan la siguiente jerarquía de controles: a) eliminar el peligro; b) sustituir con procesos, operaciones, materiales o equipos menos peligrosos; c) utilizar controles de ingeniería y reorganización del trabajo; d) utilizar controles administrativos, incluyendo la formación; y e) utilizar equipos de protección personal adecuados. Como es mencionado en la norma ISO 45001:2018 sobre los sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, es

habitual combinar los controles para minimizar los factores de riesgos. Para este trabajo de graduación, se considerarán los últimos dos niveles de la jerarquía.

En el caso de los controles administrativos, incluyen la formación periódica sobre temas de equipos de seguridad e inducciones sobre la manera de trabajar. El equipo de protección personal (EPP) abarca la vestimenta, las instrucciones para utilización y mantenimiento. Con las metodologías apropiadas se gestiona mejoría de la seguridad y salud del área de trabajo, proporcionando preparación y respuestas también ante emergencias, tomando en cuenta las buenas prácticas internas, atendiendo las sugerencias y recomendaciones de los involucrados y obteniendo nuevos conocimientos relacionados.

- Actitud de trabajo: la generación de conciencia sobre el uso de equipo de protección individual en el trabajo inicia con la educación para la salud y la seguridad. La comprensión de la importancia de la salud personal considera el bienestar físico, mental y social completo; no solamente la ausencia de daño o enfermedades. Para procurar un desempeño adecuado de las actividades laborales, es recomendable integrar un chequeo previo de las facultades humanas mencionadas y confirmar el estado de bienestar. Además, debe considerarse, La temperatura y humedad del aire, el calor radiante, el movimiento del aire, la presión, las vibraciones y los ruidos, las radiaciones y los contaminantes atmosféricos ya que son los factores del ambiente de influencia primordial en la salud y eficiencia del individuo.

Al enfocar los problemas como un proceso de ampliar los conocimientos sobre actitudes necesarias frente a peligros y desarrollar un sentido de protección constante, tomando en cuenta estadísticas de accidentes,

investigaciones de prevención y experiencias sociales de acción en caso de emergencia, se integran las medidas de educación para la salud y de la seguridad. Son también todas aquellas medidas técnicas educativas, tendentes a reducir los efectos de los factores de riesgo de accidente y a proteger a los trabajadores que sean especialmente vulnerables. La base será la actitud del estudiante de laboratorio, la razón del por qué ocurren los accidentes y por qué continúan ocurriendo, a pesar de toda información que se haya trasladado. El estudiante del laboratorio de fisicoquímica estará expuesto constantemente a elecciones de conducta donde puede decidir si tomará un comportamiento de seguridad o un comportamiento arriesgado durante una práctica de laboratorio. Según la actitud que la persona posea, junto a la configuración de su área de trabajo, existirán condiciones antecedentes de predisposición de su comportamiento (como su competencia, su percepción del riesgo, conocimiento de normas de seguridad, fatiga, entendimiento de beneficios de las actividades por unidades de tiempo) y existirán condiciones facilitadoras de cualquiera de los dos comportamientos (tareas, materiales, y entorno técnico social).

Dichas condiciones generarán consecuencias, ya sean recompensantes o debilitadoras de la actitud. Si las elecciones de seguridad son recompensadas de modo sistemático y no lo son en cambio las elecciones arriesgadas, se está generando una cultura de la seguridad. Una cultura que se refuerza de las acciones para disponer y facilitar las elecciones seguras: la adecuada información de riesgos y normas de seguridad, el compromiso con los cambios y normas, y el entrenamiento en la toma de decisiones; señalización adecuada; y políticas de formación.

Algunas condiciones facilitadoras dentro del laboratorio de fisicoquímica 1 son:

- Seleccionar tamaños adecuados (no prendas o equipos sueltos ni ajustados) y realizar ajustes firmes para evitar desprendimientos.
  - Permitir flujo de aire para el calor generado por el cuerpo, para evitar sofocamiento.
  - Optar por materiales adecuados para cada condición química a manipular (especialmente para la selección de respiradores y guantes).
- Equipo de Protección Personal (EPP): la clasificación de los EPP, según Abrego, Molinos y Ruiz y adaptado como sugerencia de uso para todo personal que ejecute alguna actividad en el laboratorio de fisicoquímica, es:
    - Protección de cabeza:
      - Redecillas o cofias: son elementos de protección desechables para minimizar la exposición a material particulado, pero no se asegura una protección del cuero cabelludo, el contacto con líquidos en caso de salpicaduras o resistencia ante golpes.
      - Es recomendable llevar recogido el cabello, ya que puede enredarse en los sistemas y equipos que se construyan, o contaminarse en contacto con sustancias químicas.
    - Protección de ojos:
      - Contra proyección de partículas: ideales para proteger contra partículas que saltan de cualquier dirección. Generalmente no se considera la protección lateral. Son ideales para uso de sustancias no volátiles y sólidos.
      - Contra líquidos, humos, vapores y gases: ideales para el estudiante del laboratorio de fisicoquímica. Son accesorios

que proporcionan cierre hermético, evitan el ingreso de cualquier sustancia volátil con los ojos. Su inconveniente es la falta de ventilación.

- Protección de vías respiratorias a través de purificadores de aire: estos impiden que agentes contaminantes ingresen al organismo. Cubren generalmente la nariz y boca, reducen el riesgo de inhalación dependiendo del hermetismo del dispositivo seleccionado. Pueden considerarse los respiraderos con filtro para partículas (polvos, nieblas, humos metálicos) y respiradores con filtro químico (gases y vapores tóxicos). El filtro de estos últimos está conformado por gránulos que extraen contaminantes del aire, que actúan adsorbiendo el contaminante o reaccionando con él. Se sugiere un cambio frecuente de filtros al notar dificultad de respiración, percibir olor de algún gas o según el tiempo de vida de este. Además, debe considerarse un lavado continuo de las partes de caucho o hule, con agua y jabón. Los cartuchos pueden identificarse según etiqueta de colores, para clasificar los tipos existentes. Generalmente se pueden encontrar:

Tabla XII. **Clasificación de respiradores con filtro químico**

<b>Respirador con filtro químico</b>	<b>Características internas de filtro y aplicaciones</b>	<b>Código de color asignado según OSHA</b>	<b>Códigos, 3M Center</b>
<b>Vapores orgánicos</b>	Carbón vegetal activado; trabajo con solventes	Negro	OV
<b>Gases ácidos</b>	Cal de soda; trabajo con ácidos	Blanco	AG
<b>Amoníaco</b>	Revelado fotográfico	Verde, en algunos casos acompañado con etiqueta blanca, que incluye gases ácidos.	AM
<b>Gases de cloro</b>		Blanco, con franja amarilla	
<b>Gases ácido cianhídrico</b>		Blanco, con franja verde	
<b>Monóxido de carbono</b>		Azul	
<b>Gases ácidos y vapores orgánicos</b>		Amarillo	
<b>Gases ácido cianhídrico y vapor de clorociprina</b>		Amarillo con franja azul	
<b>Gases ácidos, vapores orgánicos y gases de amonio</b>		Café	
<b>Materiales radioactivos</b>		Magenta	
<b>Pesticidas</b>	Se utiliza un filtro contra vapores orgánicos acompañado de filtro de partículas	Pesticidas	
<b>Formaldehído</b>			FORM

Fuente: elaboración propia.

La mascarilla puede reutilizarse, pero hay que asegurarse previamente de su adecuada limpieza y mantenimiento.

Tabla XIII. **Clasificación de respiradores con filtro físico**

<b>Respirador con filtro para partículas</b>	<b>Aplicaciones frecuentes</b>
<b>Polvos</b>	Trabajo con madera o pinturas sin vapores orgánicos
<b>Polvos, nieblas y humos</b>	Fundiciones, trituraciones, soldaduras

Fuente: elaboración propia.

Un respirador contra partículas puede incluir la reducción del contacto con virus y bacterias, pero dependerá del ajuste hermético. Generalmente tienen tres diferentes eficiencias de filtrado, dependiendo del porcentaje de remoción que se logre: 95 (95 %), 99 (99 %) y 100 (99,97 %). Además, pueden encontrarse respiradores para protección contra aceites: N (no resistente al aceite), R (nivel regular de resistencia al aceite) y P (resistente al aceite). Algunas pueden incluir válvulas de exhalación, para disminuir humedad y aumentar flujo de respiración.

- Protección de manos y brazos contra riesgos de materiales calientes, abrasivos, corrosivos, cortantes y disolventes. Generalmente, se clasifican de la siguiente manera:

Tabla XIV. **Clasificación de guantes**

<b>Tipo de guante</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicaciones frecuentes</b>
<b>Material sintético reusable</b>	Caucho, neopreno y PVC (cloruro de polivinilo), butilo.	Manipulación de productos químicos como ácidos, aceites y solventes. Baños alcalinos.
<b>Asbesto, cuero</b>	Resistencia al calor y fuego	Uso de equipo y sustancias a temperatura elevada.
<b>Material sintético desechable</b>	látex, vinilo o nitrilo	Examinación de situaciones, desechables.
<b>Acero</b>	Malla de acero anticorte	Contra actividades cortopunzantes

Fuente: elaboración propia.

- Protección de pies y piernas: se consideran para la protección contra lesiones provocadas por materiales punzantes y efectos corrosivos de productos químicos. Generalmente, la puntera posee una protección de acero para resistir impactos altos; la suela de goma o PVC para actuar como material antideslizante, y el caparazón de la bota hecha con cuero, para proteger contra impactos, ácidos, aceites y solventes. Algunos poseen un corcho de aislación entre suela y plantilla.
- Ropa protectora: las prendas de fibras de algodón estrechamente tejidas, con puños ajustados, se utilizan como protección ligera, en especial contra el polvo y salpicaduras de abrasivos. La protección es mínima contra lesiones o exposiciones altas de productos químicos. Se recomienda utilizar bata larga y pantalón de lona.

- Plan de contingencia: según el Plan de Contingencia 2018 de la Escuela de Ingeniería Química, elaborado por Patricia Guillermo, se informa que los tipos de desastres a los que está expuesta la Escuela son los terremotos e incendios.

En caso de sismos o terremotos, el plan de contingencia establece las actitudes y acciones a realizar cuando las personas se encuentran en laboratorios. Al adaptar las indicaciones del plan de contingencia al laboratorio de fisicoquímica, junto a las Fichas Técnicas que la Agencia Chilena de Seguridad (ACHS) brinda de manera digital, se lista en seguida actitudes y acciones fundamentales para el desarrollo de experiencias en el laboratorio:

Tabla XV. **Plan de contingencia en caso de sismos o terremotos**

<b>Actitudes y acciones previas a sismos o terremotos</b>	
1.	Conocer el laboratorio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de seguridad.</li> <li>• Rutas de evacuación y punto de reunión.</li> <li>• Salidas de emergencia.</li> </ul>
2.	Actitudes de prevención de desastres: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de objetos peligrosos y estructuras dañadas.</li> <li>• Mantener orden de utensilios, cristalería, equipo de análisis e instalaciones.</li> <li>• Identificación de actitudes vulnerables.</li> <li>• Mantener despejadas rutas de evacuación.</li> </ul>
3.	Actitudes de coordinación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuente monitoreo de conocimiento de plan de acción.</li> </ul>
<b>Actitudes y acciones durante sismos o terremotos: (plan de evacuación)</b>	
1.	Instructor debe dirigir y evacuar a estudiantes y visitantes.
2.	Conservar el orden y la calma.
3.	Generar acciones paralelas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerrar válvulas de suministros de agua, gas, entre otros recursos.</li> <li>• Apagar equipos.</li> <li>• Mantener puerta de salida abierta.</li> <li>• Alejarse de ventanas y cancelas.</li> </ul>
4.	Si es posible salir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminar hacia la salida, alejado de las ventanas y cancelas.</li> </ul>
5.	Cuando no es posible salir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanecer en el corredor, cercano a las columnas, para generar el triángulo de vida.</li> <li>• Alejarse de campana de extracción de gases.</li> </ul>
6.	Dirigirse al punto de reunión No. 7 según la ruta de evacuación*.
<b>Actitudes y acciones posteriores a sismos o terremotos</b>	
1.	Instructor debe asegurar la presencia de todos los estudiantes y visitantes en el punto de reunión indicado. En caso de ausencia, reportar inmediatamente a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Director de escuela.</li> <li>• Coordinador del Comité de respuesta ante emergencias (CRE) de la EIQ.</li> <li>• Responsable de Información, Divulgación y Enlace.</li> </ul>
2.	No fumar
3.	Colocar en posición de apagado los interruptores, en ausencia de energía eléctrica.
4.	Verificación de atención de salud para todos los estudiantes, visitantes e instructor.
5.	Verificación de daños generados en centro de trabajo.
6.	Reubicación de artefactos con riesgo a caída.

Fuente: GUILLERMO, Patricia; DE LEÓN, Teresa. *Universidad de San Carlos de Guatemala. Plan de contingencia, 2018 Escuela de Ingeniería Química.* 40 p. \*Revisar anexo no. 1.

En caso de incendio, el plan de contingencia establece las actitudes y acciones a realizar cuando las personas se encuentran en laboratorios. Al adaptar las indicaciones del plan de contingencia al laboratorio de fisicoquímica, es fundamental que el estudiante tenga en cuenta las siguientes actitudes y acciones:

Tabla XVI. **Plan de contingencia en caso de incendio**

No.	Actitud y acción
1.	Conocimientos de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación y manejo de extintor, diferenciando tipo de extintor y su tiempo de vida.</li> <li>• Rutas de evacuación y punto de reunión.</li> <li>• Salidas de emergencia.</li> </ul>
2.	Actitudes de prevención de desastres: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de equipo de seguridad.</li> <li>• Mantenimiento preventivo de extintor.</li> <li>• Identificación de objetos peligrosos.</li> <li>• Mantener orden de utensilios, cristalería y equipo de análisis.</li> <li>• Coordinación estudiante-catedrático-auxiliar.</li> <li>• Identificación de actitudes vulnerables.</li> <li>• Higiene del centro de trabajo, evitando acumulación de combustibles.</li> </ul>
3.	Actitudes posteriores a riesgo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No fumar ni provocar chispas.</li> <li>• En ausencia de energía eléctrica, apagar los interruptores.</li> <li>• Ventilar área.</li> </ul>
no.	Plan de evacuación
1.	Instructor debe dirigir y evacuar a estudiantes y visitantes.
2.	Suspender todas las actividades y conservar el orden y la calma. En ningún momento debe exponerse a riesgos excesivos.
3.	Generar acciones paralelas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contactar inmediatamente a la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química para reportar la emergencia. Teléfono directo: 2418 9118 Teléfono: 2418 8000 Ext. 1599. Debe indicarse: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lugar de emergencia: Laboratorio de Fisicoquímica.</li> <li>○ Descripción de emergencia.</li> <li>○ Existencia de lesionados.</li> <li>○ Nombre de persona que reporta emergencia.</li> </ul> </li> <li>• Cerrar válvulas de suministros de agua, gas, entre otros recursos.</li> <li>• Apagar equipos.</li> <li>• Mantener puerta de salida abierta.</li> <li>• Retirar materiales combustibles.</li> </ul>

Continuación tabla XVI.

4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciones de emergencia:</li> <li>• En existencia de fuego o humo, cubrir boca y nariz con paño húmedo.</li> </ul>
5.	<p>Si es posible apagar el fuego con extintor u otro medio adecuado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar utilizar agua en cables y equipo eléctrico.</li> <li>• Cerciorar del control total del fuego.</li> </ul>
6.	Si no es posible controlar el incendio, llamar inmediatamente a entidades externas de apoyo (Bomberos Municipales, Bomberos Voluntarios, entre otros).
6.	<p>Si es posible salir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirigirse según ruta de evacuación a punto de reunión No. 7*</li> </ul>
7.	<p>Cuando no es posible salir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanecer debajo de las mesas de trabajo.</li> <li>• Alejarse de campana de extracción de gases y de otro tipo de combustible.</li> </ul>
8.	<p>Instructor debe asegurar la presencia de todos los estudiantes y visitantes en el punto de reunión indicado. En caso de ausencia, reportar inmediatamente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Director de escuela.</li> <li>• Coordinador del Comité de respuesta ante emergencias (CRE) de la EIQ.</li> <li>• Responsable de Información, Divulgación y Enlace.</li> </ul>

Fuente: GUILLERMO, Patricia; DE LEÓN, Teresa. *Universidad de San Carlos de Guatemala. Plan de contingencia, 2018 Escuela de Ingeniería Química.* 40 p. \*Revisar anexo no. 1.

El procedimiento general de evacuación y de acción durante imprevistos o en presencia de fenómenos naturales no esperados, puede seguirse las siguientes indicaciones de acción y prevención de desastres:

Tabla XVII. **Plan de contingencia general**

no.	Descripción
1.	Identificar ubicación en el laboratorio de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de seguridad.</li> <li>• Rutas de evacuación y punto de reunión.</li> <li>• Salidas de emergencia.</li> </ul>
2.	Conservar el orden y la calma. Seguir las indicaciones del instructor.
3.	Generar acciones paralelas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerrar válvulas de suministros de agua, gas, entre otros recursos.</li> <li>• Apagar equipos.</li> <li>• Mantener puerta de salida abierta, si y solo si su apertura no representa peligro para los estudiantes.</li> <li>• Alejarse de ventanas y cancelas.</li> </ul>
4.	Si es posible salir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminar hacia la salida, alejado de las ventanas y cancelas.</li> <li>• Dirigirse al punto de reunión No. 7 según la ruta de evacuación.</li> </ul>
5.	Cuando no es posible salir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanecer en orden y calma, hasta haber terminado eventualidad inesperada.</li> </ul>
6.	Instructor debe asegurar la presencia de todos los estudiantes y visitantes en el punto de reunión indicado o en el laboratorio. En caso de ausencia, reportar inmediatamente a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Director de escuela.</li> <li>• Coordinador del Comité de respuesta ante emergencias (CRE) de la EIQ. Responsable de Información, Divulgación y Enlace.</li> </ul>
7.	Verificación de atención de salud para todos los estudiantes, visitantes e instructor.
8.	Verificación de daños generados en centro de trabajo.
9.	Reubicación de artefactos con riesgo a caída.

Fuente: elaboración propia, con datos de tablas XV & XVI.

- Recomendaciones de uso de extintor: Prada Pérez menciona la regla nemotécnica TAPE para aplicar el procedimiento de uso simple de un extintor:

Tabla XVIII. **Recomendaciones de uso de extintor**

<b>Letra</b>	<b>Significado</b>
T: Tirar	Quitar precinto de seguridad, tirar de la clavija y desbloquear la palanca del extintor. Se sugiere realizar una prueba de verificación de funcionamiento de extintor.
A: Apuntar	Dirigir la boquilla o manguera del extintor hacia la base de las llamas
P: Presionar	Presionar la palanca para descargar el agente extintor y dirigirlo hacia la base del fuego.
E: Esparcir	Esparcir de un lado a otro, o de arriba abajo, según el incendio sea en horizontal o en vertical, hasta que se extingan totalmente las llamas.

Fuente: PRADA, Fernando. *El extintor como preventivo recurso didáctico*. p. 32-38.

Es necesaria la educación sobre el uso del extintor para promover la cultura de seguridad preventiva de un laboratorio académico. La sofocación de conatos de incendio es una mediada estratégica de reacción inmediata para disminuir y eliminar la propagación del peligro expuesto. Entonces, es necesario conocer qué es un extintor, cómo funcionan, los tipos adecuados según la necesidad del área, el uso correcto, entre otras facultades de los dispositivos.

Un extintor es aquel dispositivo compuesto de un recipiente portátil que contiene el agente extintor, un sistema de presurización, unos elementos que permiten iniciar, dirigir y controlar a proyección del agente extintor, y, por último, unos dispositivos de seguridad. Se afirma siempre que la efectividad de dicho dispositivo dependerá del usuario que lo haga accionar. Es, entonces, primordial adquirir conocimientos básicos sobre los distintos tipos de agentes extintores, aplicaciones, técnicas de manejo, para llegar a comprender la gran utilidad de conocer el manejo de dichos dispositivos en caso de emergencia.

### 3.1.3.2. Modelización matemática

- Concepto: ideas básicas de la modelización matemática fueron extraídas del trabajo realizado por Cervantes Gómez, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, sobre principios y aplicaciones de la modelización matemática. Se define la modelización matemática como el proceso racional de elaborar modelos matemáticos para expresar fenómenos reales. Es una presuposición que existe una ley que determina las consecuencias para la generación de dichos modelos. Para aplicar esta forma de trabajo a un fenómeno real en general, es necesario simplificar lo más posible, separando los distintos fenómenos involucrados y extrayendo el más importante y sencillo. Todos los modelos son abstracciones de sistemas y procesos reales; aun así, estos sirven como herramienta para ingenieros y científicos para desarrollar y entender sistemas y procesos importantes usando ecuaciones matemáticas.

Es evidente que la modelización, como proceso gestor de cambio y de contextualización ejercida por el ingeniero, representa, en los tiempos modernos, una filosofía de trabajo, que además posee dos sentidos, de la realidad hacia el modelo y del modelo a la realidad. En contexto de ingeniería química, la modelización matemática es prerequisite para diseños y trabajos de escala, control de procesos, optimización, entendimiento de mecánica de trabajo, evaluación y planificación de experimentos, diagnósticos y solución de problemas, simulaciones reemplazando experimentos costosos.

- Proceso de modelización matemática: El proceso para generar un modelo matemático es cíclico y dependerá de la satisfacción del modelo para la resolución del problema. En seguida se presenta la descripción de cada una de las fases, con el apoyo de:

- Lógica básica adaptada a términos generales, descrita por Rice & Duong, para el trabajo con formulaciones de problemas fisicoquímicos.
  - Descripción de modelización matemática de Aders Rasmouson, Bengt Andersson, Louise Olsson & Ronnie Andersson, en su libro *Mathematical Modeling in Chemical Engineering*, de la Chalmers University of Technology Gothenberg.
- Estudio de la situación real: es la fase de planteamiento de la problemática, desde un lenguaje específico que provee la descripción de una experiencia de la situación real. Es sugerible estructurar el estudio de la situación real de la siguiente manera:
    - Realizar bocetos mentales y escritos del sistema a estudiar, utilizando etiquetas para mejorar su comprensión.
    - Identificar conceptos, definiendo variables, geometría, especificaciones físicas o químicas. Además, recopilación de detalles críticos, como leyes de conservación y del fenómeno.
    - Analizar variables.
    - Seleccionar detalles relevantes, explicar tendencias de operación, estructurar las interrogantes primarias, definir objetivos, exactitud deseada y alcance de modelo.
- Elaboración de un modelo matemático: esta etapa aborda la invención de relaciones de enlace, que expresan el fenómeno de estudio en lenguaje matemático. En esta etapa puede integrarse:
    - Analizar datos de experiencias previas o similares (en caso se cuente con resultados previos), o iniciar bosquejo para recolección de datos.

- Formulación de modelo conceptual, a través de definición de hipótesis y supuestos generados por los mecanismos internos y principios fisicoquímicos que gobiernan la realidad del problema. Abarca la selección de variables dependientes, variables independientes, parámetros importantes (constantes físicas, tamaños estándar, formas definidas, parámetros no constantes como el cambio de viscosidad con la temperatura) que, para fines ilustrativos, pueden proyectarse para iniciar la comprensión de los comportamientos esperados de los fenómenos involucrados.
- Elección de formulaciones modelo o formulación de modelo matemático, a través de la identificación de leyes determinantes de la situación real y la complejidad matemática del modelo adecuado que lo expresará. Aquí se define:
  - Tipo de datos que se necesitará, como constantes físicas, funciones dependientes o independientes, restricciones y otras relaciones expresadas como ecuaciones, inecuaciones u otra relación matemática. Serán utilizados los datos para:
    - ✓ Construcción del modelo.
    - ✓ Validación de modelo.
  - Pruebas de hipótesis necesarias, definir márgenes de error y alcance de estos.
  - Tipo de modelo matemático, tomando como referencia la clasificación de modelos según tendencias opuestas, donde se consideran:

- ✓ Modelos lineales y no lineales. El análisis computacional es menor para modelos lineales, mientras que los modelos no lineales estiman menores errores respecto a los datos y proveen una mejor convergencia de criterios. La complejidad de la matemática empleada en los modelos lineales dará un criterio de selección de modelo.
  - ✓ Modelos con estados estacionarios y estados transitorio, donde dependerá si el sistema estará en función de un periodo determinado.
  - ✓ Modelos con parámetros agrupados y parámetros distribuidos que, para procesos instantáneos, es sugerible contar con parámetros agrupados.
  - ✓ Modelos con variables continuas y variables discretas.
  - ✓ Modelos determinístico y estoico, donde estos últimos utilizan modelos probabilísticos (distribuciones de probabilidad).
  - ✓ Modelos de interpolación y de extrapolación.
  - ✓ Modelo mecanístico y modelo empírico, que dependerá si el modelo está acorde a los comportamientos fisicoquímicos de un proceso (mecanístico) o si está basado a datos experimentales correlacionados (empírico). Para procesos de diseño, los mecanísticos son los utilizados.
- 
- Diseñar método de recolección de datos, revisar la congruencia de los datos a obtener para la modelización con los conceptos primarios fisicoquímicos.

- Solución del modelo: etapa que abarca cada una de las relaciones matemáticas y datos específicos que satisfacen las condiciones del problema planteado. Para esta etapa se considera:
  - Establecimiento de base control: teniendo en cuenta si los volúmenes control son finitos o diferenciales, el tiempo de análisis en caso de modelos transicionales.
  - Realizar condiciones de enlace con ecuaciones relacionadas y leyes de conservación.
  - Generación de resultados.
  
- Validación del modelo: comparar con información conocida y resoluciones externas (analíticas o experimentales). Es sugerible que la comparación sea con resultados de experimentos independientes.
  - Revisión de calidad de modelo, que dependerá de los criterios del proyecto; se sugiere revisar:
    - Exactitud, según logre asemejarse a la tendencia deseada.
    - Realismo descriptivo, fundamentado en suposiciones correctas.
    - Precisión, teniendo número definidos.
    - Robustez, aumentando la inmunidad de errores.
    - Generalidad, siendo aplicable a otras situaciones.
    - Fructífero, permitiendo conclusiones aplicables o inspiración a nuevos desarrollos.
  
  - Revisión de escenario:
    - Aceptación completa del modelo.

- Rechazo del modelo donde debe considerarse revisión de etapas, ajuste de parámetros, correcciones o mejoras de aproximaciones de cálculo, hasta replantear las hipótesis iniciales. Pueden considerarse iteraciones del modelo, para modificar deficiencias.
- Rechazo del modelo, pero aceptando que es el adecuado para el análisis del fenómeno, donde se realiza una revisión de agentes externos o información asumida que genere influencia en los resultados obtenidos.

### **3.1.3.3. Metodologías de evaluación**

En el Manual de Organización de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con fecha de actualización junio 2013, (disponible en la página web de dicha escuela) se especifica el marco organizativo del área de fisicoquímica. En el trabajo de grado de González Rivera, para optar por el título de Ingeniera Química, acerca del desarrollo de una propuesta de Sistema de Gestión Ambiental, se describen los principios fundamentales y los objetivos que se esperan que el estudiante alcance en los cursos impartidos en el laboratorio de fisicoquímica. A partir de documentos citados, se sintetiza la estructura organizacional del área de fisicoquímica y del laboratorio de fisicoquímica:

- Área de fisicoquímica: es el área encargada de formar recurso humano con sólida preparación en conocimientos de fisicoquímica, termodinámica y cinética de procesos químicos. Utilizando para ello clases orales dinamizadas y prácticas experimentales en laboratorios. Es decir, que es el equipo académico intermediario entre los estudiantes, el laboratorio experimental y la formación teórica y práctica en fundamentos básicos

fisicoquímicos, con los objetivos de transmitir conceptos teóricos, comprobar experimentalmente los fenómenos propuestos y analizar las variables involucradas a través de la observación, métodos, modelos numéricos y criterios estadísticos. Se pretende lograr la transmisión de instrucciones adecuadas para realizar aplicaciones futuras en equipo industrial, en especial aquellos que poseen transferencia de calor y masa, condiciones de irreversibilidad, equilibrios y cinética de reacción (reactores).

- Laboratorio de fisicoquímica: Los principios fundamentales del laboratorio son: enseñar haciendo, cumplir objetivos planeados en los programas, demostrar en la práctica cotidiana la calidad de la información recibida, trabajo en equipo y actitud hacia el trabajo organizado. Las herramientas teóricas aprendidas durante los cursos de Fisicoquímica 1 y Fisicoquímica 2 son aplicadas según lineamientos establecidos, para la realización de las prácticas experimentales grupales y para los procesos de análisis e interpretación de resultados, extrayendo conclusiones y elaborando informes técnicos fundamentados en las observaciones de los modelos matemáticos y fenómenos abarcados.
- Estructura evaluativa y habilidad investigativa: la habilidad investigativa generalmente se define como el dominio de la planificación, ejecución, valoración y comunicación de resultados de la solución de problemas de realidad profesional, sobre bases científicas. El estudiante del laboratorio de fisicoquímica estará dispuesto a fortalecer continuamente esta habilidad a través de la comprensión de los procesos cuantitativos, asociado al método científico. Este enfoque cíclico es secuencial y probatorio, a través de fases teóricas y prácticas definidas, apoyadas en la comprensión del contexto del problema planteado, la fundamentación

con conocimientos esenciales y la verificación permanente del proceso. Generalmente está compuesta de las siguientes fases:

- Generación de ideas: es el punto de partida de una realidad, que puede resolver problemas, aportar conocimientos y generar interrogantes.
- Planteamiento del problema: es la orientación de descripción, predicción y explicación del sistema o fenómeno en estudio, de manera específica y dirigido hacia datos medibles u observables. Se delimita el problema, se relacionan las variables, se formula una pregunta y se trata de estructurar un problema medible. De esta manera se afina y se organiza formalmente la idea de la investigación.
- Definición de objetivos: son acciones claras que expresan lo que se aspira en la investigación.
- Revisión de literatura y desarrollo de marco teórico: es la justificación para el planteamiento y descripción de la necesidad de estudio, además de un ajuste de los postulados teóricos a la propuesta empírica. La revisión de la literatura implica detectar, consultar y obtener bibliografía, referencias y materiales útiles para el propósito de estudio, para extraer y recopilar información importante y necesaria.
- Visualización del alcance del estudio: se define hasta dónde, en términos de conocimiento, es posible que el estudio pueda llegar. Para esta investigación los estudios generalmente son correlacionales, para determinar cómo se relacionan conceptos,

variables, características de fenómenos fisicoquímicos, en conjunto con el alcance explicativo, al hallar razones de algún fenómeno.

- Definición de variables significativas y medibles, para la generación de hipótesis, con el objetivo de aceptarlas o rechazarlas posterior al análisis de datos. Las hipótesis indican explicaciones tentativas del fenómeno investigado. Para las investigaciones en el área de fisicoquímica, generalmente se formulan hipótesis correlacionales. Las variables son propiedades fluctuantes, susceptibles a la medición u observación.
- Desarrollo del diseño de investigación experimental: es la estructura predeterminada para la obtención de datos confiables. Es el plan o estrategia concebida para obtener la información deseada. Para el laboratorio de fisicoquímica, la investigación es experimental porque existe una manipulación intencional de una acción para analizar los posibles resultados.
- Recolección de datos: se refiere al uso de instrumentos estandarizados a través de observación, medición y documentación, existiendo la posibilidad de respuestas predeterminadas.
- Análisis de datos: involucra el análisis estadístico, descripción de tendencias, comparación o relación de grupos, variables, resultados con predicción o estudios previstos. Su finalidad es describir variables y explicar cambios y movimientos.

- Divulgación de resultados: es la generación de tablas, diagramas y modelos estadísticos, utilizando tono objetivo, para la presentación de los resultados obtenidos durante la ejecución de la investigación.

La investigación cuantitativa posee estrecha relación con la estructura evaluativa de los cursos del laboratorio de fisicoquímica y el concepto de modelización matemática. Se describirá la composición de cada fase de la estructura evaluativa, su relación con el proceso de investigación cuantitativa, previamente descrita, y su relación con el concepto de modelización matemática.

- Preparación: esta fase de la estructura evaluativa comprende únicamente el prerreporte:
  - Prerreporte: es un documento escrito donde los estudiantes explican la metodología para realizar el experimento en específico, desde el diseño de recolección de datos hasta la metodología para el análisis de los resultados obtenidos, tomando en cuenta los materiales necesarios para el desarrollo de la práctica. El profesor es el encargado de realizar modificaciones o correcciones a la propuesta de los estudiantes.

La estructura de un prerreporte variará dependiendo de los criterios del equipo académico en gestión, pero posee secciones generales en común como carátula, justificación, objetivos, hipótesis, algoritmo experimental, aspectos de seguridad, algoritmo de cálculo, cálculo de reactivos, formato de toma de datos, hoja de responsabilidad y bibliografía. Esta sección de preparación está relacionada con las siguientes fases de un proceso de investigación

cuantitativa: generación de ideas, planteamiento del problema, definición de objetivos, revisión de literatura y desarrollo de marco teórico, y la visualización del alcance de estudio. Además, respecto al concepto de modelización matemática, posee estrecha relación con las fases de estudio de la situación real y elaboración de un modelo matemático. En seguida se presenta un cuadro de relación para la fase de preparación, donde se describe los conceptos de la estructura general de un prerreporte y su relación con los procesos de investigación cuantitativa y modelización matemática:

Tabla XIX. **Relación de la fase de preparación de la estructura evaluativa con el proceso de investigación cuantitativa y modelización matemática**

Descripción del concepto	Investigación cuantitativa	Modelización matemática
<b>Justificación</b>		
<p>Es el enlace de conceptos fisicoquímicos, procedimiento experimental propuesto y resultados requeridos en el manual del estudiante para enfatizar el valor de los hallazgos del desarrollo de la investigación, basándose en aportes, implicancias y aplicabilidad de los resultados. Se integran las deducciones de ecuaciones de cálculo, suposiciones y relaciones matemáticas asociadas, dirigidas a la generación de objetivos e hipótesis, sin transformarse en un marco teórico.</p>	<p>Se relacionan cuatro fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de ideas</li> <li>• Planteamiento del problema</li> <li>• Revisión de literatura y desarrollo de marco teórico</li> <li>• Visualización del alcance del estudio</li> </ul> <p>La generación de ideas, el planteamiento del problema y la revisión de literatura y desarrollo de marco teórico son secciones que permitirán iniciar a relacionar los aportes e implicancias del fenómeno en estudio. Aunque la sección de justificación del prerreporte no es un marco teórico, el conocimiento de los fundamentos permitirá ajustes a la propuesta empírica que se plantea. De esta manera ya se visualiza el alcance del estudio del fenómeno.</p>	<p>Se relacionan dos fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de un modelo matemático.</li> </ul> <p>En esta fase se genera la hipótesis conceptual, la cual necesitará de los fundamentos y hallazgos que se describa en la sección de Justificación.</p>
<b>Objetivos</b>		
<p>Guías metodológicas del trabajo de investigación que expresan el resultado que se desea lograr, como la adquisición de conocimiento sobre algún sistema, equipo o fenómeno desconocido. Le enunciación clara de los objetivos logrará hacer posible la deducción de los requerimientos y procedimientos prácticos y matemáticos para su cumplimiento.</p> <p>Se plantean de dos tipos: objetivo general y objetivos específicos, de lo que se pretende obtener del experimento y su análisis estadístico, enfocado como una investigación en base al método científico. Debe especificarse el objeto de estudio y las condiciones de trabajo.</p>	<p>Se relacionan una fase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de objetivos</li> </ul>	<p>Se relacionan dos fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de la situación real</li> <li>• Elaboración de un modelo matemático.</li> </ul> <p>En la sección de estudio se logrará la definición del objetivo y el alcance del modelo a necesitar para la comprensión del fenómeno fisicoquímico a estudiar.</p> <p>En la sección de elaboración se iniciará el estudio de resultados previos, en caso existan, para retroalimentar el objetivo y el alcance de estudio de la investigación.</p>

Continuación tabla XIX.

<b>Hipótesis</b>		
<p>Hipótesis conceptual es la que pretende predecir el resultado de cada objetivo en función del conocimiento previo del objeto de estudio y la relación entre las variables de medición y de control. No debe basarse en prejuicios arbitrarios, sino en razonamientos y argumentos conceptuales. Cada hipótesis conceptual planteada debe estar constituida por un enunciado, una representación gráfica y una explicación breve.</p> <p>Hipótesis estadística es la se basa en el análisis de varianza de dos factores, donde se trata de probar si la variable de control manipulada realmente tiene un efecto significativo sobre la variable de medición. La hipótesis nula será establecida en el caso que dicho efecto no sea significativo y por lo tanto la variación se debe a factores aleatorios no controlados. Además, se construye una hipótesis para probar si dichas variables guardan significativamente una correlación lineal.</p>	<p>Se relaciona una fase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de hipótesis y definición de variables</li> </ul> <p>Donde las variables son significativas y medibles para fortalecer la aceptación o rechazo futuro de las hipótesis, posterior a la obtención de resultados.</p>	<p>Se relaciona una fase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de un modelo matemático</li> </ul> <p>Se iniciará la formulación del modelo conceptual y la formulación del modelo matemático, para iniciar a abordar la invención de relaciones de enlace que expresarán el fenómeno de estudio. Se integra la selección de variables influyentes, constantes físicas, parámetros no constantes, a través de definición de hipótesis y supuestos generados por los mecanismos internos y principios fisicoquímicos.</p>
<b>Algoritmo experimental</b>		
<p>Es un diagrama de flujo del algoritmo de la práctica con los cambios y consideraciones pertinentes, según el estado del equipo o la disponibilidad de materiales. Debe incluir ilustraciones y describirse lo más detallado y resumido posible.</p>	<p>Se relaciona una fase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo del diseño de investigación experimental</li> </ul> <p>En esta fase se genera una estructura predeterminada para la obtención de datos confiables.</p>	<p>Se relaciona una fase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de la situación real</li> </ul> <p>La diagramación del sistema que el manual del estudiante requiere, la identificación de especificaciones y el análisis de variables permitirán generar, desde un lenguaje específico, la descripción del procedimiento a necesitar para la experimentación.</p>

Continuación tabla XIX.

Algoritmo de cálculo, cálculo de reactivos y formato de toma de datos		
<p>El algoritmo de cálculo es el diagrama de flujo del algoritmo de cálculo, basado en lo que fue establecido en la justificación, incluyendo datos, ecuaciones, gráficos para obtener resultados finales.</p> <p>El cálculo de reactivos es la determinación de las cantidades de sustancias químicas a utilizarse para llevar a cabo el experimento o las relaciones matemáticas que permitan determinarlas rápidamente, según sea el caso. Incluye tablas resúmenes de cantidades totales a utilizar de cada reactivo.</p> <p>El formato de toma de datos originales es una estructura organizada de la información empírica del experimento, incluyendo variables, constantes, dimensionales respectivas e incerteza de instrumentos utilizados.</p>	<p>Se relaciona una fase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo del diseño de investigación experimental.</li> </ul> <p>Esta estructura predeterminada es ideal para la obtención de datos confiables.</p>	<p>Se relaciona una fase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración de un modelo matemático</li> <li>Solución del modelo</li> </ul> <p>Se genera un modelo matemático que permitirá ejemplificar el comportamiento del fenómeno fisicoquímico, en la etapa de elaboración de un modelo matemático. Además, se revisa la congruencia de los datos a obtener al diseñar el método de recolección de datos.</p>

Referencia: USAC. *Manual del estudiante, Laboratorio de Fisicoquímica 1*. p. 15

- Desarrollo: esta fase comprende las secciones de realización de prácticas experimentales y buenas prácticas de laboratorio. Ambas están relacionadas con la fase de recolección de datos del proceso de investigación cuantitativa, aplicando los instrumentos estandarizados para la obtención de resultados en la experimentación. Además, respecto al concepto de modelización matemática, los datos recolectados servirán para la fase de solución del modelo, generando las relaciones de enlace necesarias para la comprensión del sistema.
  - Realización de prácticas experimentales: es la experiencia vivencial de los fenómenos fisicoquímicos por parte de los estudiantes, instruidos por un auxiliar o profesor de cátedra. El estudiante será capaz de aplicar sus conocimientos teóricos para obtener los

resultados esperados, integrando las buenas prácticas de comportamiento en el laboratorio.

- Buenas prácticas de laboratorio: para el primer curso de prácticas experimentales, Laboratorio de Físicoquímica 1, se espera que el estudiante sea capaz de ser partícipe de diversos fenómenos fisicoquímicos mediante caracterización cualitativa o cuantitativa, acompañado de interpretación de resultados, análisis estadístico y otras fases de desarrollo de investigación, trabajando en equipo. Se parte siempre de directrices establecidas para la generación de los datos empíricos. Si el catedrático o auxiliar encargado detecta ausencia de conocimientos teóricos, estrategias prácticas o comportamiento adecuado en el desarrollo de las prácticas por parte de los estudiantes, el encargado puede penalizar al estudiante a través de disminución de puntos académicos o expulsión del laboratorio, considerando las condiciones del caso.

Algunas de las razones para asignar sanciones son:

- Ausencia de limpieza en equipo, campana, cristalería y mesas al finalizar la práctica.
- Agitación con material, equipo o cristalería no adecuada.
- Incorrecta etiquetación.
- Incorrecto uso de equipo de protección personal.
- Colocación de cristalería dentro de bata.
- Uso de celular durante la práctica de laboratorio.

- Cristalería quebrada no reportada.
- Solicitud de cristalería fuera de tiempo.
- Entrega fuera de tiempo de prerreporte u otras asignaciones solicitadas.

Además, siempre previo a la entrada del laboratorio, se realizarán las siguientes acciones:

- Revisión completa del equipo de protección personal
- Examen corto
- Ubicación y toma de cristalería
- Desarrollo de la práctica
- Limpieza
- Tomar en cuenta el tiempo brindado para el desarrollo de la práctica. Generalmente es de 200 minutos, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla XX. **Distribución de tiempo para prácticas de laboratorio**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Actividad</b>
10	Revisión completa de equipo de protección personal
15	Examen corto
20	Ubicación y toma de cristalería
150	Desarrollo de la práctica
15	Limpieza

Fuente: elaboración propia.

- Interpretación y divulgación: esta fase comprende las secciones de reportes, exámenes cortos, presentaciones, exámenes parciales y examen final.
  - Elaboración de reportes: es un documento escrito en el cual el estudiante informa al profesor acerca de los resultados obtenidos durante la práctica de laboratorio. Se plasma toda la información obtenida en las experiencias de los fenómenos fisicoquímicos. Esta elaboración de comunicación de resultados se basa en posibilidades creativas, elementos gráficos, manuales de estilo de publicaciones (APA, estructura interna). La estructura de un reporte dependerá de los criterios utilizados por el equipo evaluador, pero generalmente posee las siguientes secciones: carátula, listado de símbolos, resumen, objetivos corregidos, hipótesis corregidas, resultados, discusión de resultados, conclusiones, bibliografía, anexos y apéndices de datos originales, metodología de cálculo, datos calculados y de análisis de error.

El resumen de un reporte es el desarrollo del contexto total del reporte a través de párrafos ordenados que ilustran un mensaje global. Sintetiza objetivos, metodologías empleadas, resultados importantes y principales conclusiones, además de las condiciones de trabajo. De esta manera, el estudiante es capaz de sintetizar la información científica recopilada.

La sección de resultados es la presentación estructurada de los datos numéricos y gráficos importantes, obtenidos en la práctica de laboratorio. Están acompañados de dimensionales e incertidumbre absoluta, presentados de forma clara y sintetizada. Para la elaboración correcta de la presentación de los resultados, el

estudiante ha comprendido los objetivos de la investigación, el trabajo en el laboratorio y la metodología de cálculo, porque solo así logrará la coherente explicación de estos.

Es en la sección de discusión de resultados donde se explica, según fundamentos asociados y el planteamiento de las hipótesis, las razones de las tendencias o valores de los resultados obtenidos. Se logra una explicación consistente de los resultados y las posibles fuentes de error con base al propio análisis. En la sección de conclusiones se presentan enunciados puntuales y concisos sobre el sistema analizado, basado en los resultados obtenidos y evitando errores en la expresión científica.

En estos informes se relacionan dos fases del procedimiento de investigación cuantitativa: el análisis de datos y la divulgación de resultados. La primera sección permite describir variables, cambios y movimientos generados durante la experiencia de laboratorio, que serán utilizados posteriormente para generar conclusiones que acepten o rechacen las hipótesis planteadas de la investigación. La segunda sección es la generación del informe de manera objetiva y agradable para el lector, de manera que mantenga un tono objetivo en la presentación e interpretación de los resultados obtenidos. Respecto al concepto de modelización matemática, el reporte está estrechamente relacionado con la presentación de la solución de un modelo matemático expuesto y la validación de este; es decir con dos secciones del proceso cíclico.

En seguida se presenta un cuadro de relación para la fase de evaluación, donde se describe los conceptos de metodología de

cálculo, datos calculados y análisis de error de un reporte y su relación con los procesos de investigación cuantitativa y modelización matemática:

Tabla XXI. **Relación de la fase de evaluación – reporte – de la estructura evaluativa con el proceso de investigación cuantitativa y modelización matemática**

Descripción del concepto	Investigación cuantitativa	Modelización matemática
<b>Metodología de cálculo, datos calculados y análisis de error</b>		
<p>La metodología de cálculo es la explicación de todos los cálculos realizados en el reporte, incluyendo deducciones y métodos gráficos, y la ejemplificación sistemática de los mismos. Se incluyen también los cálculos del análisis de error.</p> <p>Los datos calculados son tablas con los datos iniciales, intermedios y finales para llegar a los resultados, incluyendo incertidumbres y desviaciones.</p> <p>El análisis de error pretende determinar la confiabilidad de los resultados obtenidos, incluyendo análisis de varianza (prueba de hipótesis), análisis de correlación lineal (prueba de hipótesis), análisis gráfico de incertidumbre y número recomendado de repeticiones (justificado), con explicación breve y lógica da cada resultado.</p>	<p>Se relaciona con dos fases</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de datos</li> <li>• Divulgación de resultados</li> </ul> <p>El análisis de datos comprende el objetivo de la sección de la metodología de cálculo: descripción de variables, análisis estadístico y generación de enlace de conceptos.</p> <p>La divulgación de resultados es la generación de modelos y diagramas que respondan a un objetivo.</p>	<p>Se relaciona con dos fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución del modelo</li> <li>• Validación del modelo</li> </ul> <p>En estados dos fases se comprende el establecimiento de relaciones de enlace da los datos recolectados, la revisión de calidad del modelo propuesto de los datos empíricos respecto a los fundamentos teóricos y la revisión del escenario del sistema para proceder a la aceptación o rechazo de los modelos propuesto.</p>

Fuente: elaboración propia.

- Exámenes cortos, exámenes parciales y examen final: los exámenes cortos son evaluaciones sobre conocimientos teóricos y prácticos, de forma oral o escrita, sobre la preparación necesaria

para realizar el procedimiento empírico de una práctica en específico. Es efectuada previo a la realización de cada práctica en el laboratorio. Los exámenes parciales, dependiendo de las instrucciones del catedrático, pueden involucrar:

- La evaluación escrita u oral sobre los fenómenos fisicoquímicos involucrados en una práctica de laboratorio. El estudiante será capaz de responder preguntas directas, desarrollar temas específicos, entre otros métodos evaluativos.
  - Desarrollo de un reporte con las partes de interpretación de resultados, conclusiones y un resumen sobre una práctica en específico. El estudiante será capaz de realizar una discusión de los datos suministrados, que en algunas ocasiones podrá utilizar referencias bibliográficas para fundamentar sus análisis.
- En el examen final, dependiendo de los métodos evaluativos propuestos por semestre, el profesor esperará que el estudiante sea capaz de responder a cuestionamientos, de manera escrita, para evidenciar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del curso.
  - Presentaciones: es una exposición estructura para informar sobre algún tópico asignado. Generalmente se relaciona una práctica fisicoquímica con alguna aplicación industrial. El objetivo es la evaluación del estudiante a través de criterios que dependerán de la gestión del equipo académico; estos criterios pueden abarcar la

habilidad de comunicación general, la gestión de la información (búsqueda, selección, análisis y evaluación de la información procedente de diversas fuentes), las habilidades para utilizar nuevas tecnologías, el trabajo en equipo, gestión del tiempo, responsabilidad y planificación. Se relaciona también con la fase de divulgación de resultados del proceso de investigación cuantitativa. En ambientes universitarios, las evaluaciones de exposiciones orales pueden tomar en cuenta:

- Principios básicos
  - Dominio y comprensión completa y profunda del tema.
  - Planificación y organización del contenido, a través del correcto enlace de tópicos de manera lógica y coherente.
  - Integración de elementos importantes.
  
- Aplicaciones y ejemplificaciones
  - Coherencia de ejemplo empírico con fundamentos teóricos.
  - Motivación de audiencia y ejemplos claros.
  
- Apoyo visual
  - Cantidad adecuada de apoyo visual (p. e. diapositivas)
  - Relación del tema y conexión del discurso con el apoyo visual, para facilitar la comprensión del material.
  - Legibilidad del material de apoyo para toda la audiencia.
  - Relevancia de la información de apoyo.
  - Animaciones adecuadas, evitando la distracción del discurso a través del apoyo visual.

- Habilidades de comunicación
  - Volumen y tono adecuado de voz.
  - Claridad al hablar.
  - Pausas correctas y uso de frases completas.
  - Postura y contacto visual, estableciendo contacto visual con la audiencia.

#### **3.1.3.4. Equipo Boyle Méndez**

Este tópico está integrado por una introducción a la práctica experimental, una breve explicación del fenómeno fisicoquímico y una descripción del procedimiento experimental para determinar las propiedades de estado de un gas. También se presenta el ejercicio de modelización matemática.

- Introducción de práctica experimental: Méndez Cutzal realizó el trabajo de licenciatura *Diseño de un equipo de uso didáctico en el área de fisicoquímica, para la determinación de las propiedades de estado de un gas*, para optar al título de Ingeniero Químico de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para facilidad de esta investigación, se ha nombrado este dispositivo como Equipo Boyle Méndez, el cual permite profundizar la comprensión de las propiedades de presión, temperatura y volumen de los gases a través de ensayos en el laboratorio de fisicoquímica de FIUSAC. En seguida se muestra una fotografía del Equipo Boyle Méndez:

Figura 1. **Fotografía - Equipo Boyle Méndez**



Fuente: elaboración propia.

- Fenómeno fisicoquímico:
  - Ecuación de estado del gas ideal: es la interrelación de propiedades intensivas, como la presión, volumen molar y temperatura, a través de relaciones matemáticas. Para gases ideales y volúmenes molares, se establece que en cualquier volumen de gas que se asemeje al comportamiento ideal, puede llegar a cambiar las variables de presión, volumen o temperatura se utiliza la ecuación aproximada de gas ideal:

Ecuación 1. Gas Ideal no negritas

$$P * V = R * T$$

Donde:

P: Presión

V: Volumen

R: constante universal de los gases

T: temperatura absoluta

Dependiendo de las dimensionales, se mantendrá un valor constante para R. Para los gases reales, su característica no ideal puede expresarse mediante el factor de compresibilidad Z:

Ecuación 2. Compresibilidad Z

$$Z = \frac{P * V}{R * T}$$

Donde:

Z: factor de compresibilidad

En el caso de los gases que se asemejan al comportamiento ideal, se utiliza el siguiente factor de compresibilidad:

$$Z = 1$$

En este experimento se está analizando el aire, compuesto por nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y otros gases inertes, que fue seleccionado por su alta disposición en el ambiente. Tiene un comportamiento experimental similar al gas ideal, aún afectado por sus cambios energéticos y estructurales que generan sus fuerzas intermoleculares. En la tabla siguiente puede visualizarse el factor de compresibilidad calculado a partir de datos experimentales, para el aire, desde una temperatura bajo cero hasta 77 °C.

Tabla XXII. **Factor de compresibilidad del aire**

Temperatura (°C)	Presión (bar)	
	1	5
- 23	0,9992	0,9957
+ 27	0,9999	0,9987
+ 77	1,0000	1,0002

Fuente: LILEY, Peter. *Datos físicos y químicos. Manual del Ingeniero Químico*. p. 3-136

Entonces, de manera experimental, tomando los datos expuestos por Liley, Reid & Buck, 1992, podría obtenerse el valor del volumen, según la ecuación 2, trabajando a una temperatura de 27 °C (300 K), presión de 5 bar y R con valor de 0,08314:

$$0,9987 = \frac{5 \text{ bar} * V}{0,08314 \frac{\text{bar} * L}{K} * 300 K}$$

$$V = 4,98 L$$

También para analizar gases reales pueden utilizarse ecuaciones de estado basadas en teoría o en datos reportados, como la ecuación virial con truncamiento al segundo término (basada en teoría, según la ley de presiones parciales) y las ecuaciones empíricas de Van der Waals y Redlich-Kwong (ecuaciones de estado de dos parámetros).

Ecuación 3. Ecuación de estado Van der Waals

$$nRT = \left( P + \frac{n^2 a}{v^2} \right) * (v - nb)$$

Donde:

$$a = \frac{27R^2T_c^2}{64P_c}$$
$$b = \frac{RT_c}{8P_c}$$

Donde:

n: cantidad de sustancia (mol)

T<sub>c</sub>: temperatura crítica

P<sub>c</sub>: presión crítica

Se despeja la ecuación 3 en función del volumen, se sustituye el parámetro de volumen por volumen inicial ( $v_0$ ), teniendo en cuenta el error numérico generado por no tomar en cuenta las desviaciones por las fuerzas atractivas y repulsivas intermoleculares:

$$nRT = \left( P + \frac{n^2 a}{v_0^2} \right) * (v - nb)$$

$$V_0 = \frac{RTn}{P}$$

$$nRT = \left( P + \frac{P^2 a}{(RT)^2} \right) * (v - nb)$$

$$v = \frac{-aRTn}{(RT)^2 + aP} + \frac{RTn}{P} + nb$$

Ecuación 4. Ecuación de estado Redlich Kwong

$$P = \frac{RT}{\frac{V}{n} - b} - \frac{a}{\frac{V}{n} \left( \frac{V}{n} + b \right) \sqrt{T}}$$

Se despeja la ecuación 4 en función del volumen, sustituyendo el parámetro de volumen por volumen inicial ( $v_0$ ),

$$V_0 = \frac{RTn}{P}$$

$$P = \frac{RT}{\frac{V}{n} - b} - \frac{a}{\frac{RT}{P} \left( \frac{RT}{P} + b \right) \sqrt{T}}$$

$$V = \frac{(bP + RT)^2 RT \sqrt{T} + abP^2}{P \left( (bp + RT) * RT \sqrt{T} + aP \right)}$$

En seguida se encuentran las constantes críticas para el aire:

Tabla XXIII. **Constantes críticas del aire**

Constante	Descripción	Valor
<b>T<sub>c</sub></b>	Temperatura crítica (°C)	- 140,7
<b>P<sub>c</sub></b>	Presión crítica (atm)	37,2

Fuente: LILEY, Peter. *Datos físicos y químicos. Manual del Ingeniero Químico*. p. 3-135

- Procedimiento experimental

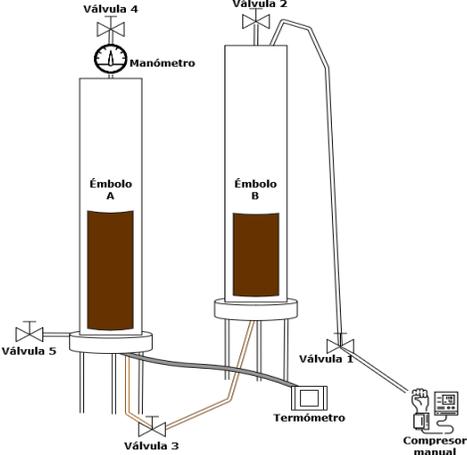
Tabla XXIV. **Procedimiento – Equipo Boyle Méndez**

no.	Descripción
1	Colocar equipo sobre superficie plana.
2	Colocar inflador de manera cómoda.
3	Mantener abiertas todas las válvulas, exceptuando la válvula número cinco (5).
4	Cerrar válvulas número dos (2) y número cuatro (4).
5	Anotar datos iniciales: presión (psi), temperatura (°C) y volumen (mL)
6	Presionar inflador de forma lenta.
7	Observar desplazamiento de aceite del émbolo B al émbolo A.
8	Si se genera presión, abrir lentamente la válvula número dos (2).
9	Al alcanzar la presión deseada (psi), cerrar válvula número tres (3) y anotar datos finales: presión (psi), temperatura (°C) y volumen alcanzado (mL)
10	Si se desea liberar presión, se abre la válvula número tres (3); seguidamente se abre lentamente la válvula número dos (2), hasta liberar la presión deseada o alcanzar el volumen deseado.
11	Si han finalizado las repeticiones, abrir la válvula número tres (3) para permitir el flujo del aceite.
12	Liberar la presión abriendo la válvula número dos (2) y número cuatro (4).
13	Esperar que los émbolos nivelen el volumen de aceite.
14	Cerrar válvulas número uno (1) y número tres (3).
15	Guardar equipo.

Referencia: MÉNDEZ, José. *Diseño de un equipo de uso didáctico en el área de fisicoquímica, para la determinación de las propiedades de estado de un gas.*  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1127\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1127_Q.pdf). Consulta: 14 de noviembre de 2020

- Proceso de modelización matemática – Equipo Boyle Méndez
  - Estudio de la situación real: en la siguiente tabla se encuentra el estudio del Equipo Boyle Méndez, primera fase del método de modelización matemática:

Tabla XXV. Estudio de la situación real – Equipo Boyle Méndez

Procedimiento	Descripción	
Diagramación de sistema	<p data-bbox="553 447 1235 478">Figura 2. Boceto – Equipo Boyle Méndez</p>  <p data-bbox="776 1003 1092 1035">Fuente: elaboración propia</p>	
Identificación de especificaciones	Conceptos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema, propiedades intensivas y extensivas.</li> <li>• Ecuación de estado</li> <li>• Equilibrio</li> <li>• Leyes de los gases</li> <li>• Ecuación de estado de gas ideal</li> <li>• Ecuaciones y comportamientos de estado para gases reales</li> <li>• Ley de presiones parciales</li> <li>• Proceso a temperatura constante reversible</li> </ul>
	Variables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Presión</li> <li>• Volumen</li> </ul>

Continuación tabla XXV.

Análisis de variables	Variable	Alteraciones	Medio de medición	Observaciones
	Temperatura	No se puede realizar calentamiento del sistema por medio de un mechero o estufa eléctrica. La temperatura dependerá del ambiente.	Termómetro digital.	Trabajar a temperatura constante. Únicamente puede hacerse cambios de temperatura del ambiente.
	Presión	Sí se puede realizar cambios de presión a través del compresor manual.	Manómetro	Para liberar la presión acumulada, puede utilizarse las válvulas de escape (2 y 4)
	Volumen	Sí se puede realizar cambios de volumen en cada émbolo a través de la presión generada con el compresor manual.	Escala volumétrica	Riesgo de derrame de líquido contenido en caso de excesiva presión o abertura de válvula cinco (5).
Definición de objetivo y alcance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de comportamiento del aire a temperatura constante, haciendo cambios de volumen en función de la presión.</li> <li>• Comparación de resultados obtenidos con comportamiento ideal y real según las ecuaciones de estado Van der Waals y Redlich Kwong, a través de representaciones gráficas del volumen en función de la presión.</li> </ul> <p>Alcance de análisis que puede esperarse para otras investigaciones: comportamiento de la compresibilidad isotérmica en función de la presión, propiedades termodinámicas de volumen residual, fugacidad y coeficiente de fugacidad en función de la presión</p>			

Fuente: elaboración propia.

- Elaboración de un modelo matemático: en la siguiente tabla se encuentra la segunda fase de la modelización matemática:

Tabla XXVI. **Elaboración de modelo matemático – Equipo Boyle Méndez**

<b>Análisis de resultados previos</b>	
Se utilizará el factor de compresibilidad obtenido por Liley, Reid & Buck, en la experiencia de obtener datos del aire a distintas temperaturas y presiones.	
<b>Formulación de modelo conceptual</b>	
Hipótesis conceptual: según la ley de Boyle, la presión y el volumen son inversamente proporcionales, para una cantidad fija de gas, mantenida a temperatura constante. El comportamiento experimental se desviará de las ecuaciones de estado propuestas (Van der Waals y Redlich Kwong) y se alejará del comportamiento de gas ideal por las fuerzas intermoleculares que generan cambios energéticos y estructurales internos, la composición no estandarizada del aire y la permeabilidad del sistema existente.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variable independiente: presión</li> <li>• Variable dependiente: volumen del aire</li> <li>• Parámetro estacionario: temperatura</li> </ul>	
<b>Formulación de modelo matemático</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de datos a necesitar:</li> </ul>	
Dato	Descripción
R	Dependiendo de las dimensionales a utilizar, seleccionar un valor de la constante universal de gases adecuado.
T	Temperatura constante deseada. Se presentarán leves desviaciones de este parámetro, pero debe tomarse en cuenta una prueba de hipótesis para asegurar su ausencia de influencia en los resultados.
Ecuaciones de estado con valor de coeficientes	Seleccionar ecuaciones de estado semejantes al comportamiento esperado para la compresión del aire a temperatura constante. Como ejemplo se utilizarán las ecuaciones de estado Van der Waals y Redlich Kwong, y la ecuación de gas ideal con el factor de compresibilidad de experiencias similares. En otras experiencias pueden utilizarse modificaciones de Redlich Kwong, como Chueh y Prausnitz, Zudkevitch y Joffe, y Soave.
P	Rango de presiones manométricas a trabajar. Tener en cuenta que únicamente se puede trabajar desde 0 a 4 bar (valor mínimo y máximo respectivamente). También se necesita suficiente trabajo a través del compresor manual para alcanzar altos valores de presión. Puede definirse el rango de trabajo.
T	La organización adecuada de la obtención de datos permitirá realizar satisfactoriamente la práctica experimental en el tiempo propuesto.

Continuación tabla XXVI.

Simulaciones de resultados	Puede iniciarse a trabajar simulaciones de valores de volumen en función de los intervalos de presión definidos. De esta manera se obtendrá una perspectiva teórica sobre el comportamiento del aire en la compresión.
Repeticiones de experimento	Analizar la cantidad de repeticiones que se realizarán, aumentando la inmunidad de errores por la robustez de resultados generados. Considerar al menos tres repeticiones para cada intervalo a analizar.

Pruebas de hipótesis necesarias, definición de márgenes de error y alcance. Estas hipótesis permitirán acercarse a responder al objetivo primario: conocer el comportamiento experimental y comparar con otros modelos propuestos. Debe tomarse en cuenta la estadística implicada, como ANOVA (F de Fisher) y coeficientes de correlación o de confianza (R). En seguida se presentan unas propuestas de hipótesis:

Nombre	Hipótesis
Volumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis alterna: los valores de volumen a temperatura y presión constantes no difieren entre sí significativamente.</li> <li>- Hipótesis nula: los valores de volumen a temperatura y presión constantes sí difieren entre sí significativamente.</li> </ul>
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis alterna: los valores de temperatura no difieren entre sí significativamente.</li> <li>- Hipótesis nula: los valores de temperatura sí difieren entre sí significativamente.</li> </ul>
Datos experimentales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis alterna: existe un coeficiente de correlación mayor a 0,95 en un comportamiento matemático logarítmico entre los datos experimentales de volumen y presión.</li> <li>- Hipótesis nula: existe un coeficiente de correlación menor a 0,95 en un comportamiento matemático logarítmico entre los datos experimentales de volumen y presión.</li> </ul>
Volumen residual – Van der Waals	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis alterna: existe un volumen residual menor a 5 mL entre la correlación matemática logarítmica de los datos experimentales y la ecuación de estado del volumen en función de la presión Van der Waals.</li> <li>- Hipótesis nula: existe un volumen residual mayor a 5 mL entre la correlación matemática logarítmica de los datos experimentales y la ecuación de estado del volumen en función de la presión Van der Waals</li> </ul>
Volumen residual – Redlich Kwon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis alterna: existe un volumen residual menor a 5 mL entre la correlación matemática logarítmica de los datos experimentales y la ecuación de estado del volumen en función de la presión Redlich Kwong.</li> <li>- Hipótesis nula: existe un volumen residual mayor a 5 mL entre la correlación matemática logarítmica de los datos experimentales y la ecuación de estado del volumen en función de la presión Redlich Kwong</li> </ul>

Continuación tabla XXVI.

<p>Tipo de modelo matemático El modelo propuesto para los datos experimentales es logarítmico y estacionario. Se utilizarán dos puntos decimales.</p>							
<p><b>Diseño de método de recolección de datos</b></p> <p>Debe contemplar: identificación de cada dato a anotar (numeración según corrida y según ensayo), intervalo fijo de presión (bar), sección para colocación de datos de temperatura (°C) y volumen (mL). Las dimensionales pueden cambiar dependiendo del sistema a utilizar. En seguida se muestra un ejemplo:</p>							
no.	Presión (bar)	Corrida 1		...		Corrida n	
		T (°C)	V (mL)	T (°C)	V (mL)	T (°C)	V (mL)
1	1,0						
2	1,5						
3	2,0						
...	...						
n	N						

Fuente: elaboración propia.

- Solución del modelo: en la siguiente tabla se encuentra la tercera fase de la modelización matemática aplicada en el Equipo Boyle Méndez:

Tabla XXVII. **Solución del modelo matemático – Equipo Boyle Méndez**

Establecimiento de base control	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es necesario establecer el volumen inicial para cada corrida. Puede iniciarse con 50 mL.</li> <li>2. Debe liberarse siempre el aire comprimido siempre al iniciar una nueva corrida.</li> <li>3. La temperatura debe permanecer en un rango establecido.</li> </ol>
Generación de relaciones de enlace	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inicio de procedimiento para obtención de resultados del Equipo Boyle Méndez.</li> <li>2. Verificación de resultados experimentales respecto a las simulaciones Van der Waals y Redlich Kwong.</li> <li>3. Revisión de datos respecto al análisis estadístico propuesto (coeficiente de correlación, coeficientes de confianza, ANOVA, entre otros análisis estadísticos).</li> </ol>

Fuente: elaboración propia.

- Validación del modelo: en la siguiente tabla se encuentra la última fase de la modelización matemática aplicada en el Equipo Boyle Méndez:

Tabla XXVIII. **Validación del modelo – Equipo Boyle Méndez**

Revisión de calidad del modelo	No siempre se aplican todos los criterios para el análisis de un equipo o una experiencia de laboratorio, pero en seguida se describen ejemplos para la revisión de calidad del modelo:		
	Criterio	Descripción	Aplicación en experimento
	Exactitud	Semejanza a la tendencia deseada	Cumplimiento de las hipótesis propuestas, en especial las de volumen residual.
	Realismo descriptivo	Fundamentado en suposiciones correctas	Comportamiento del volumen y la presión según la Ley de Boyle.
	Precisión	Números definidos	Obtención de resultados similares a las mismas condiciones. Análisis de ANOVA.
	Robustez	Aumento de inmunidad de errores	Variabilidad de resultados menor Análisis de ANOVA. Discriminación de resultados fuera de rango esperado.
	Generalidad	Aplicable a otras situaciones	Aplicabilidad de experiencia para comparación con otras ecuaciones de estado o distintas condiciones del sistema.
Fructífero	Permite conclusiones aplicables o inspiración a nuevos desarrollos.	Conclusiones de acuerdo con las suposiciones primarias, concordando con las leyes y principios fisicoquímicos.	
Revisión de escenario	Se procede a aceptar o rechazar el modelo. Dependerán los criterios propuestos.		

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3.5. Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario.

Este tópico está integrado por una introducción de la práctica experimental, breve explicación del fenómeno fisicoquímico y descripción del procedimiento experimental para la construcción del diagrama de fases.

- Introducción de práctica experimental: Villela Rodas realizó el trabajo de posgrado para optar al título de Maestro en artes en energía y ambiente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sobre la *Optimización de los recursos ambiental-energéticos en el laboratorio de fisicoquímica utilizando un círculo de producción ecológica (CPE) en el área de fisicoquímica, FIUSAC*. En esta investigación se describe la práctica de laboratorio: equilibrio de fases líquido-vapor en sistemas binarios, a través de un equipo de destilación, la cual será utilizada para el desarrollo de un video instructivo, que posee el mismo nombre.
- Fenómeno fisicoquímico: una mezcla azeotrópica, por ejemplo, compuesta por cloroformo y acetona, se comporta como sustancia pura. Cuando la mezcla tiene una presión de vapor máxima o mínima, es denominada azeotrópica. Un azeótropo es, entonces, una mezcla líquida que tiene un máximo o un mínimo en los puntos de ebullición, con relación a los puntos de ebullición de las composiciones de las mezclas a su alrededor. Los puntos de ebullición de los componentes puros presentes en la mezcla deben ser lo suficientemente cercanos para permitir la formación de un azeótropo. Los puntos de ebullición del cloroformo y de la acetona difieren en 5 °C. Cuando los puntos de ebullición difieren en más de 30 °C, raras veces se presentan azeótropos. En el caso de la mezcla mencionada, el azeótropo es homogéneo al estar en fase líquida.

Tabla XXIX. **Perfil fisicoquímico de reactivos**

Característica o parámetro	Cloroformo	Acetona
Fórmula química	CHCl <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> (CO)CH <sub>3</sub>
Temperatura de ebullición (88 °C)	61,2	56,10
% masa en azeótropo*	78,5	22,5
Temperatura de ebullición de azeótropo (°C) *	64,43 (1 atm)	
% masa en azeótropo**	65,5	34,5
Temperatura de ebullición de azeótropo (°C)**	64,5 (760 mm Hg)	

Fuente: CASTELLAN, Gilbert, *Fisicoquímica*. p. 327; \*\*Referencia, SIIROLA, Jeffrey. *Destilación. Manual del Ingeniero Químico*. p. 13-64.

El azeótropo es el punto máximo o mínimo en la desviación de la ley de Raoult, puede ser positiva o negativa, dependiendo de la naturaleza de la mezcla. En esta práctica se presentará una desviación positiva para la ley de Raoult, por lo que se espera determinar la energía libre de Gibbs en exceso, es decir, se presentará un mínimo en el diagrama de fases de temperatura en función de la fracción molar. Los diagramas de fases que muestran un mínimo indican que la mezcla es menos estable que la disolución ideal. Para tales mezclas, GE - Energía de Gibbs- es positiva y pueden existir contribuciones tanto de la entalpía como de la entropía.

Los fines de un diagrama de fases son demostrar experimentalmente la desviación de la ley de Raoult de las mezclas binarias, cuando los puntos de ebullición son muy cercanos; y determinar si la mezcla proveniente de una destilación es posible utilizarla. Los azeótropos no se pueden separar por destilación simple, en un intervalo particular de presión; sin embargo, se pueden utilizar para separar mezclas e incrementar el rendimiento de recuperación de algunos componentes presentes en ciertas mezclas.

- Procedimiento experimental – Diagrama de fases: en seguida se presenta un procedimiento resumido para la práctica experimental de la construcción de diagrama de fases:
  - Armar equipo de destilación

Tabla XXX. **ELV – Armar equipo de destilación**

no.	Descripción		
1	Ubicar cristalería, equipo, material descartable y material reusable, en mesa de trabajo. <b>Agregar glicerina con las uniones.</b>		
	<u>Cristalería</u>	<u>Equipo</u>	<u>Material descartable:</u>
	1 Beaker 2 000 mL	3 Soportes de metal	Papel
	1 Balón de tres bocas 24/40 esmerilado	4 Pinzas de soporte	Parafilm
	1 Tapón de vidrio 24/40	1 Estufa eléctrica	<u>Material reusable:</u>
	1 Condensador de tipo recto esmerilado	1 Bomba recirculadora	1 Gel enfriador
	1 Tubo corto conector de tres cuellos 24/40, esmerilado.	1 Hielera	1 Tapón de hule
	1 Tubo largo conector de tres cuellos 24/40, esmerilado.	1 Termómetro de mercurio	4 Tuberías de hule para agua
	1 Condensador de tipo bolas esmerilado		
	1 Tapón de accesorio		
	1 Ampolla de condensación de 250 mL		
1 Probeta de 10 mL			
10 Tubos de ensayo de 10 mL			
2	Colocar y asegurar estufa eléctrica.		
3	Colocar soportes universales de metal con dos pinzas de soporte cada una. Se identificarán como soportes universales A y B.		
4	Colocar beaker en estufa eléctrica. No iniciar calentamiento.		
5	Agregar aceite o medio de calentamiento en beaker.		
6	Colocar balón de tres bocas dentro de beaker, asegurándolo a través del soporte universal A.		
7	Colocar condensador de tipo recto seguido de la abertura izquierda del balón de tres bocas. Asegurar a través del soporte universal A.		
8	Colocar ampolla de condensación en soporte universal B.		

Continuación tabla XXX.

9	Colocar tubo corto conector de tres cuellos posterior a ampolla de condensación en soporte universal B.
10	Asegurar espacio suficiente para colocación de probeta de 10 mL debajo de la ampolla de condensación.
11	Colocar condensador de tipo bolas sobre cuello curvo de tubo corto conector de tres cuellos, asegurándolo a soporte universal B.
12	Colocar tubo largo conector de tres cuellos, sobre cuello de salida de condensador de tipo recto y sobre cuello de salida de tubo corto conector de tres cuellos, asegurándolo a soporte universal C si se considera necesario.
13	Colocar tapón de vidrio sobre salida sobrante de tubo largo conector de tres cuellos.
14	Colocar tapón de hule y termómetro en cuello de en medio de balón de tres bocas.
15	Colocar tapón de vidrio sobre salida sobrante de balón de tres bocas.
16	Asegurar todas las conexiones con papel Parafilm.
17	Colocar equipo de circulación de agua (incluye gel)
18	Realizar prueba funcional de circulación de agua.

Fuente: VILLELA, César. *Optimización de los Recursos Ambiental-Energéticos en el Laboratorio de Físicoquímica utilizando un Círculo de Producción Ecológica (CPE) en el Área de Físicoquímica, FIUSAC.* <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12354/>. Consulta: 14 de noviembre de 2020.

- Limpiar sistema de destilación

En seguida se presenta el proceso de limpieza del sistema de destilación:

Tabla XXXI. **ELV – Limpiar sistema de destilación**

no.	Descripción
1	Desechar muestras anteriores (residuos) en caso aplicara.
2	Esperar enfriamiento de sistema, en caso aplicara.
3	Colocar 75 mL de agua destilada en balón de tres bocas.
4	Calentar balón de tres bocas hasta obtener 25 mL de destilado (limpieza de equipo).
5	Detener calentamiento.
6	Desechar 25 mL de destilado.
7	Repetir procedimiento a consideración, iniciando con un volumen de agua destilada de 75 mL.

Referencia: VILLELA, César. *Optimización de los Recursos Ambiental-Energéticos en el Laboratorio de Fisicoquímica utilizando un Círculo de Producción Ecológica (CPE) en el Área de Fisicoquímica, FIUSAC.* <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12354/>. Consulta: 14 de noviembre de 2020.

- Definición de sustancia base y sustancia de enriquecimiento: para este trabajo de investigación se trabajará con cloroformo y acetona, y se realizarán las siguientes combinaciones:

Tabla XXXII. **ELV – Sustancias base y enriquecimiento**

Combinación	Sustancia base	Sustancia de enriquecimiento
<b>A</b>	Cloroformo	Acetona
<b>B</b>	Acetona	Cloroformo

Fuente: elaboración propia.

- Proceso de destilación, trabajando con combinación A.

Tabla XXXIII. **ELV – Proceso de destilación, A**

<b>no.</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	Tomar 150 mL de cloroformo.
<b>2</b>	Colocar 75 mL de cloroformo en balón de tres bocas.
<b>3</b>	Calentar balón de tres bocas hasta obtener 5 mL de destilado.
<b>4</b>	Detener calentamiento
<b>5</b>	Anotar temperatura de ebullición
<b>6</b>	Esperar a que enfríe el sistema (10 °C debajo del punto de ebullición obtenido)
<b>7</b>	Extraer 5 mL de remanente y colocar en tubos de ensayo.
<b>8</b>	Extraer 5 mL de destilado y colocar en tubos de ensayo.
<b>9</b>	Sobrante regresarlo al balón de tres bocas.
<b>10</b>	Medir densidad de cada muestra al llegar a temperatura ambiente.
<b>11</b>	No olvidar identificación correcta

Fuente: VILLELA, César. *Optimización de los Recursos Ambiental-Energéticos en el Laboratorio de Físicoquímica utilizando un Círculo de Producción Ecológica (CPE) en el Área de Físicoquímica, FIUSAC.* <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12354/>. Consulta: 14 de noviembre de 2020.

- Enriquecimiento de sustancia base

Tabla XXXIV. **ELV – Enriquecimiento, A**

no.	Descripción
1	Agregar a balón de tres bocas 10 mL de acetona (manteniendo volumen inicial constante aproximadamente)
2	Repetir procedimiento desde inciso 5 hasta que la densidad se acerque a la de la acetona, no excediéndose de 10 muestras. (recomendación)
3	Esperar enfriamiento de equipo.
4	Remover balón de tres bocas y limpiar muestras
5	Colocar 150 mL de agua destilada en balón de tres bocas.
6	Calentar balón de tres bocas hasta obtener 25 mL de destilado (limpieza de equipo)
7	Detener calentamiento.
8	Desechar 25 mL de destilado
9	Agregar volumen 50 mL de agua destilada en balón de tres bocas.
10	Repetir pasos 19 a 21. Se sugiere 3 veces.
11	Desechar agua contenido en balón de tres bocas.
12	Tomar 150 mL de acetona.
13	Colocar 75 mL de acetona en balón de tres bocas.
14	Iniciar enriquecimiento con cloroformo
15	Repetir pasos del 5 al 13.
16	Agregar a balón de tres bocas 10 mL de cloroformo (manteniendo volumen inicial constante aproximadamente)
17	Repetir procedimiento desde inciso 28 hasta que la densidad se acerque a la del cloroformo, no excediéndose de 10 muestras. (recomendación).
18	Esperar enfriamiento de equipo, en caso finalizado el experimento.

Fuente: elaboración propia.

- Repeticiones: este procedimiento se debe realizar con las dos combinaciones: A y B, de la tabla ELV – Sustancias base y enriquecimiento.

#### **3.1.4. Guionización de la información**

La guionización de la información para cada video incluye lo siguiente: número de escena, sección a la que pertenece (introducción, desarrollo, desenlace, créditos), audio de fondo seleccionado (nombre de canción), sonido

(voz de estudiante de investigación), tipo de imagen (escena o diapositiva), descripción de la imagen (detalles sobre la locación o tipo de material a utilizar), título necesario en la imagen, texto de apoyo para imagen, cantidad de palabras del sonido y el tiempo (segundos) estimado calculado a partir de la cantidad de palabras. Se encuentran en los siguientes apéndices:

Tabla XXXV. **Ubicación de guionizaciones de la información**

<b>Nombre del video</b>	<b>Ubicación en Apéndices</b>
Cultura de seguridad	Apéndice 1
Modelización matemática	Apéndice 2
Metodologías de evaluación	Apéndice 3
Equipo Boyle Méndez	Apéndice 4
Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario	Apéndice 5

Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Producción y posproducción**

Contempla la materialización del diseño, con recursos y conocimientos técnicos apropiados. Esta fase incluye las secciones de identificación de los conceptos a tratar, la producción de transparencias necesarias, ensayos de la presentación y rodajes.

#### **3.2.1. Identificación de los conceptos a tratar**

Los conceptos abarcados en esta investigación son:

- Cultura de seguridad
- Modelización matemática

- Metodologías de evaluación
- Equipo Boyle Méndez
- Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario

### **3.2.2. Producción de transparencias necesarias**

Es la sección sobre el soporte para los videos, generalmente con frases, gráficos u otras metodologías para la explicación del tema por utilizar.

#### **3.2.2.1. Cultura de seguridad**

En esta sección se estará utilizando el siguiente material de apoyo:

- Grabaciones de plan de contingencia general en caso de emergencias en el laboratorio, contemplando las acciones simultáneas, la permanencia en calma, la ruta de evacuación y otras indicaciones de apoyo en la situación.
- Grabaciones del uso del extintor, aportadas por el equipo académico del laboratorio de fisicoquímica.
- Grabaciones de colocación del equipo de seguridad personal y de los tipos de EPP, incluyendo colocación de bata, lentes, guantes y mascarillas.
- Diapositivas de apoyo, ubicadas en el apéndice 6.

#### **3.2.2.2. Modelización matemática**

En esta sección se utilizará el siguiente material de apoyo:

- Grabaciones de apoyo visual.
- Diapositivas de apoyo, ubicadas en el apéndice 7.

### **3.2.2.3. Metodologías de evaluación**

En esta sección se utilizará el siguiente material de apoyo:

- Grabaciones de apoyo visual.
- Diapositivas de apoyo, ubicadas en el apéndice 8.

### **3.2.2.4. Equipo Boyle Méndez**

En esta sección se utilizará el siguiente material de apoyo:

- Grabaciones del procedimiento para utilizar el Equipo Boyle Méndez, generado en el laboratorio de fisicoquímica.
- Grabaciones de apoyo visual
- Diapositivas de apoyo, ubicadas en el apéndice 9.

### **3.2.2.5. Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario**

En esta sección se utilizará el siguiente material de apoyo:

- Grabaciones del procedimiento para utilizar el sistema de destilación propuesto, generado en el laboratorio de fisicoquímica.
- Grabación de apoyo visual.

- Diapositivas de apoyo, ubicadas en el apéndice 10.

### **3.2.3. Ensayo de la presentación y rodaje**

- Ambientes: para los ensayos y el rodaje de las grabaciones de audio y video, se utilizaron los siguientes ambientes:
  - Laboratorio de Físicoquímica. Pertenece al Área de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este ambiente posee condiciones adecuadas para realizar prácticas de laboratorio, ya que cuenta con cristalería, equipo, salidas de emergencia, equipo académico supervisor, ventilación e iluminación adecuada.
  - Universidad de San Carlos de Guatemala. Esta escuela superior permitió realizar grabaciones de ambientes específicos como pasillos, edificios de ingeniería y áreas públicas.
  - Área de oficina de casa de habitación. Este ambiente permitió la estética y hermeticidad para realizar las grabaciones de audio y video, las secciones de sonido de la bienvenida, desarrollo y desenlace de los guiones técnicos.
- Equipo: en seguida se lista el equipo utilizado para la producción de videos:
  - Cristalería, equipo especializado de laboratorio y materiales descartables del laboratorio de fisicoquímica, para la realización de las prácticas experimentales.
  - Computadora portátil.
  - Extensiones de corriente eléctrica.

- Iluminación externa.
- Equipo de grabación de video y audio
- Softwares y sitios web: los softwares y sitios web utilizados para la generación de apoyo visual son:
  - Canva. Es un sitio web para la creación y edición de gráficos de manera simplificada, gratuita y colaborativa. Su nombre significa lienzo. Es una herramienta sencilla para la generación de diseños de distintas dimensiones: carteles, posters, infografías, presentaciones, currículums, entre otras opciones. Para este trabajo de investigación fue necesario generar gráficos, diseños y presentaciones a través de esta herramienta.
  - Excel. Es una hoja de cálculo que cuenta con herramientas gráficas, tablas dinámicas y lenguaje de programación macro. Para este trabajo de investigación fue utilizado para la organización de datos de la sección de guionización de la información.
  - Power Point: este es un programa que permite generar presentaciones con textos, diseños, animaciones, inserción de multimedia, utilizando y aplicando distintas plantillas y herramientas prácticas de edición.
  - MovieMaker: es un software que permite captar, editar y generar videos, archivos multimedia, textos, entre otros, a través de herramientas especializadas para generar efectos, animaciones y otras estrategias de edición.
- Recurso humano: para estas grabaciones se contó con el apoyo de:
  - Asesor de tesis (1) para la orientación supervisada de la marcha general de la actividad, generación de ideas y sugerencias

- estratégicas para la planificación de los temas fisicoquímicos involucrados en los videos.
- Asesor de producción de videos (1) para la captura y edición del material educativo a través de video, mejorando la interpretación de los procesos involucrados y realizando sugerencias estratégicas para la planificación de ambientes, material, recurso humano y softwares de edición para la producción de videos.
  - Estudiantes de Ingeniería Química (3) para el apoyo en simulación de simulacro de sismo, incendio y otros casos que contempla el plan de contingencia.

### **3.3. Exposición y evaluación**

La etapa de exposición y evaluación de los videos instructivos se realizó a través de las charlas de inducción y tiempos definidos durante prácticas de laboratorio para los estudiantes. A los catedráticos se realizó una reunión extraordinaria.

#### **3.3.1. Inducción con estudiantes**

Este término se define como el proceso de apoyo y de formación creciente para la adquisición de competencias, destrezas, conocimientos o actitudes adecuadas para llevar a cabo futuras actividades. Es un enlace entre la formación inicial y la formación continua profesional. Para esta investigación, el proceso para presentar los instrumentos instructivos videográficos será a través de la inducción inicial y primera fase del Laboratorio de Fisicoquímica 1 y del Laboratorio de Fisicoquímica 2, ambos del semestre 1 del año 2020. La metodología para realizar la exposición de los videos es:

Tabla XXXVI. Metodología de presentación de videos - estudiantes

Sección	Descripción	Observaciones												
Planificación de fechas de exposición	Con el apoyo del equipo académico en curso, se agendaron las exposiciones de los videos en fechas estratégicas.	<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>video</u></th> <th><u>Grupo objetivo</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cultura de seguridad</td> <td>LFQ1</td> </tr> <tr> <td>Modelización matemática</td> <td>LFQ1</td> </tr> <tr> <td>Metodologías de evaluación</td> <td>LFQ1</td> </tr> <tr> <td>Equipo Boyle Méndez</td> <td>LFQ1</td> </tr> <tr> <td>Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario</td> <td>LFQ2</td> </tr> </tbody> </table>	<u>video</u>	<u>Grupo objetivo</u>	Cultura de seguridad	LFQ1	Modelización matemática	LFQ1	Metodologías de evaluación	LFQ1	Equipo Boyle Méndez	LFQ1	Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario	LFQ2
		<u>video</u>	<u>Grupo objetivo</u>											
		Cultura de seguridad	LFQ1											
		Modelización matemática	LFQ1											
		Metodologías de evaluación	LFQ1											
		Equipo Boyle Méndez	LFQ1											
Equilibrio de fases líquido-vapor en sistema binario	LFQ2													
Presentaciones orales	Exposiciones estructuradas de acuerdo con la agenda del equipo académico de fisicoquímica.  Las diapositivas de apoyo se encuentran ubicadas en el Apéndice 11 & 12.	<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Sección</u></th> <th><u>Especificación</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempo de exposición</td> <td>10 min</td> </tr> <tr> <td>Recursos</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• videos</li> <li>• Material impreso</li> <li>• Cañonera</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Ubicaciones</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de fisicoquímica</li> <li>• Salón de clases</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	<u>Sección</u>	<u>Especificación</u>	Tiempo de exposición	10 min	Recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• videos</li> <li>• Material impreso</li> <li>• Cañonera</li> </ul>	Ubicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de fisicoquímica</li> <li>• Salón de clases</li> </ul>				
		<u>Sección</u>	<u>Especificación</u>											
		Tiempo de exposición	10 min											
		Recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• videos</li> <li>• Material impreso</li> <li>• Cañonera</li> </ul>											
Ubicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de fisicoquímica</li> <li>• Salón de clases</li> </ul>													

Continuación tabla XXXVI.

		<u>Tipo de evaluación</u>	<u>Temas de evaluación</u>
		Evaluación de percepción	Encuesta sobre la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje de estudiantes que cursen los cursos impartidos en el laboratorio de fisicoquímica.  Estas encuestas se encuentran ubicadas en los apéndices 13 y 14.
Uso de materiales complementarios para facilitar la explicación del curso del LFQ1			
Utilidad de los cursos previos al LQF1			
Dominio de contenidos prácticos del curso de LFQ1			
Apoyo del equipo académico en resolución de dificultades den LFQ1			
Área académica	Cantidad de créditos		
Edad del grupo			
Recursos educativos	Metodologías de enseñanza apropiadas para LFQ1		
	Material en plataforma virtual		
	Fuentes de información para determinar un contenido específico		
	Ventajas de utilizar videos instructivos		
videos instructivos	Duración adecuada para un video instructivo		
	videos instructivos como referencia complementaria adecuada		

Fuente: elaboración propia.

## 4. RESULTADOS

Presentación de:

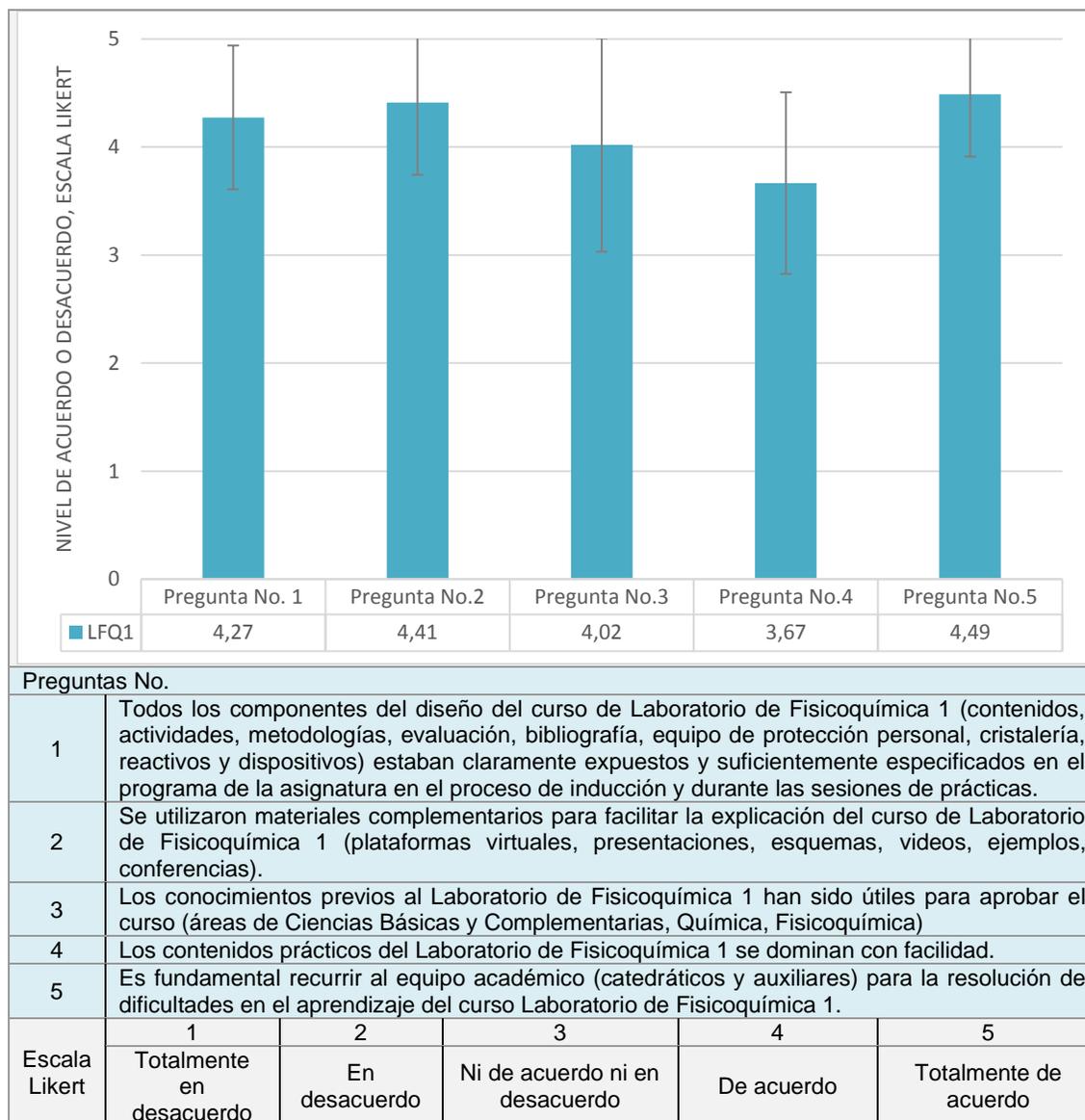
- Enlaces para revisión de videos instructivos.
- Resultados de encuestas sobre:
  - Nivel de acuerdo o desacuerdo del proceso enseñanza-aprendizaje
  - Rango de créditos aprobados de los estudiantes del LFQ1.
  - Rango de edad actual de los estudiantes del LFQ1.
  - Metodologías de enseñanza adecuadas.
  - Material ubicado en la plataforma virtual.
  - Fuentes de información para determinar un contenido específico.
  - Ventajas consideradas en los videos instructivos.
  - Duración adecuada de los videos instructivos.
  - Consideración de videos instructivos como referencia complementaria adecuada para el proceso enseñanza-aprendizaje del LFQ1.

Tabla XXXVII. **Videos instructivos**

Enlace
<a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PLYz8h-L7tHy0nMLaQXpiP4-Uar5UYXjV6">https://www.youtube.com/playlist?list=PLYz8h-L7tHy0nMLaQXpiP4-Uar5UYXjV6</a>

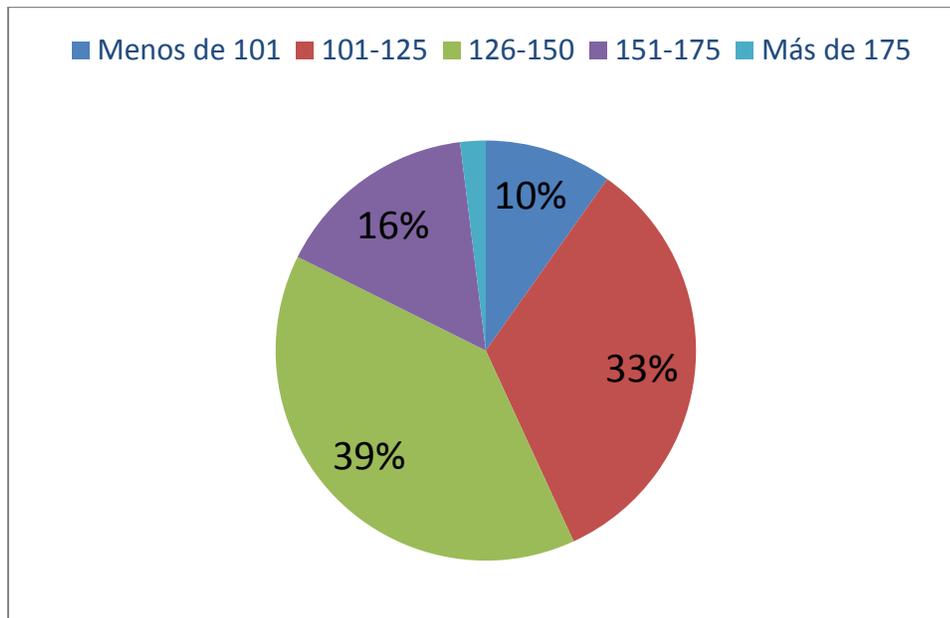
Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXXVIII. Nivel de acuerdo o desacuerdo de los estudiantes sobre el proceso enseñanza-aprendizaje del Laboratorio de Físicoquímica 1**



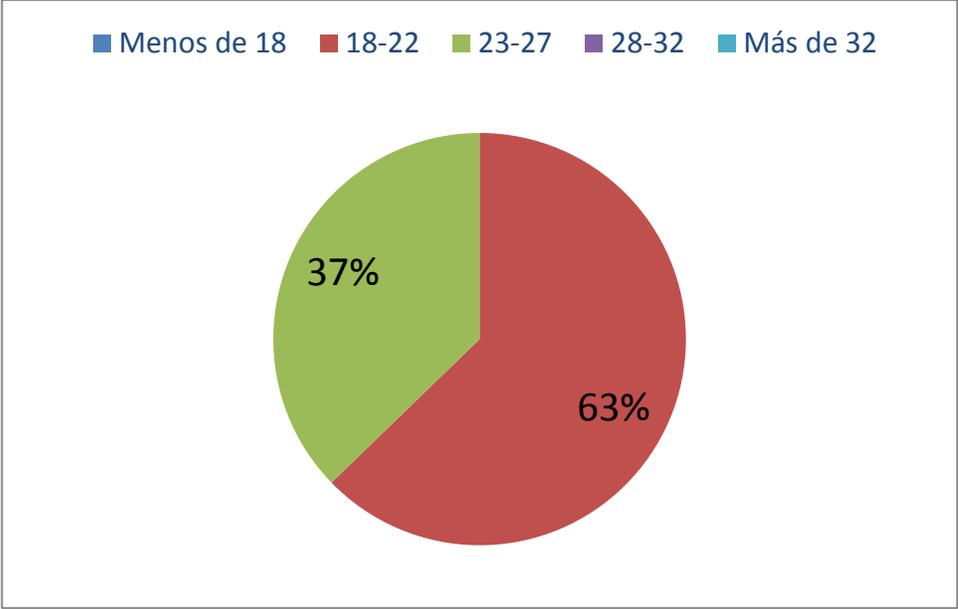
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 14.

Tabla XXXIX. Rango de créditos aprobados de los estudiantes del LFQ1



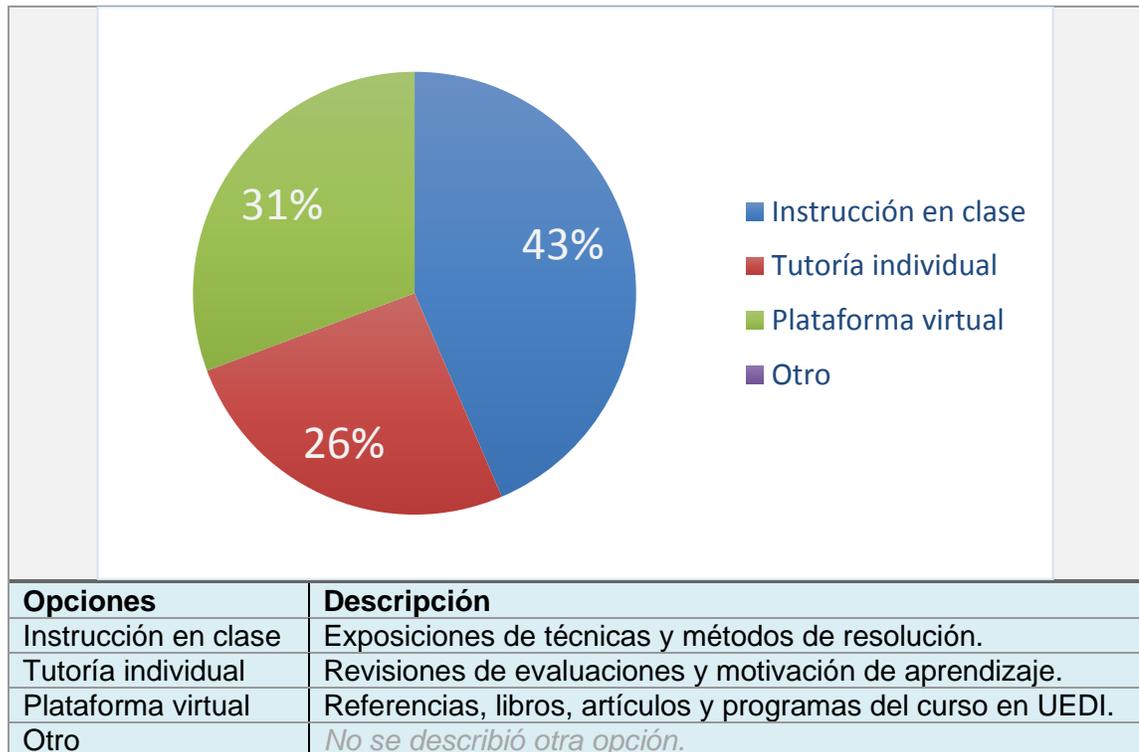
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 14.

Tabla XL. **Rango de edad actual de los estudiantes del LFQ1**



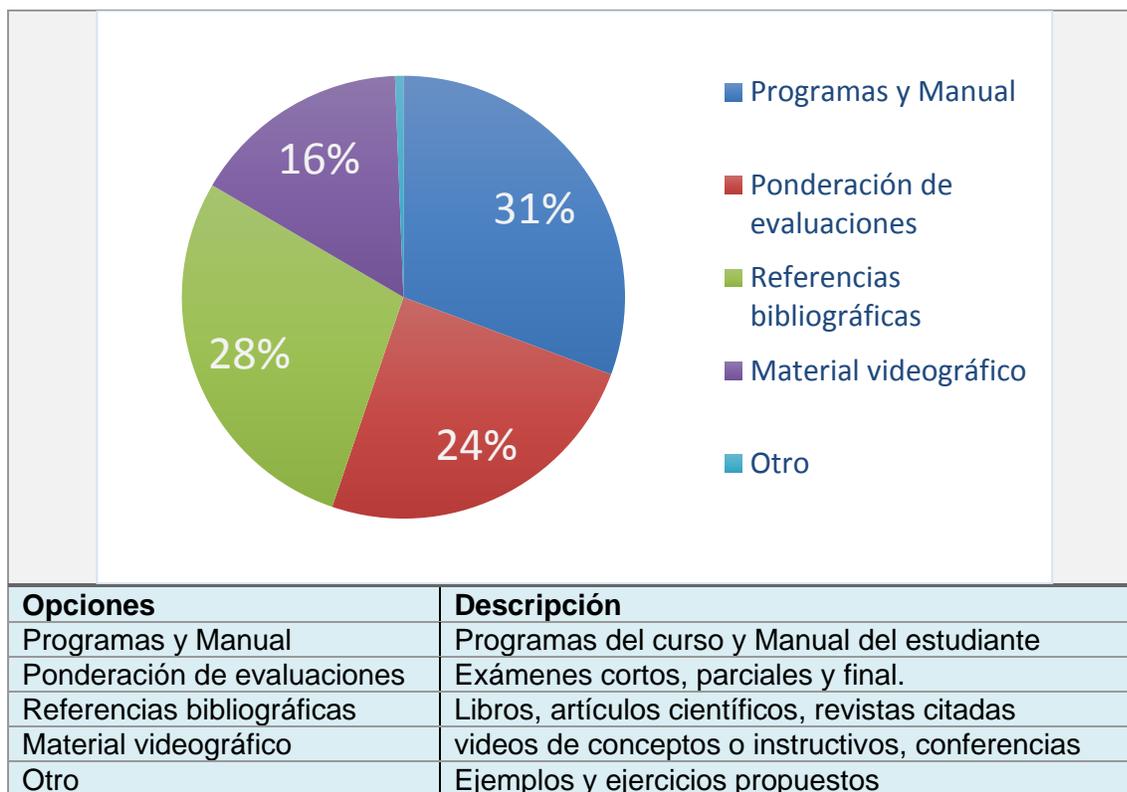
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 14.

Tabla XLI. **Metodologías de enseñanza adecuadas para los estudiantes de LFQ1**



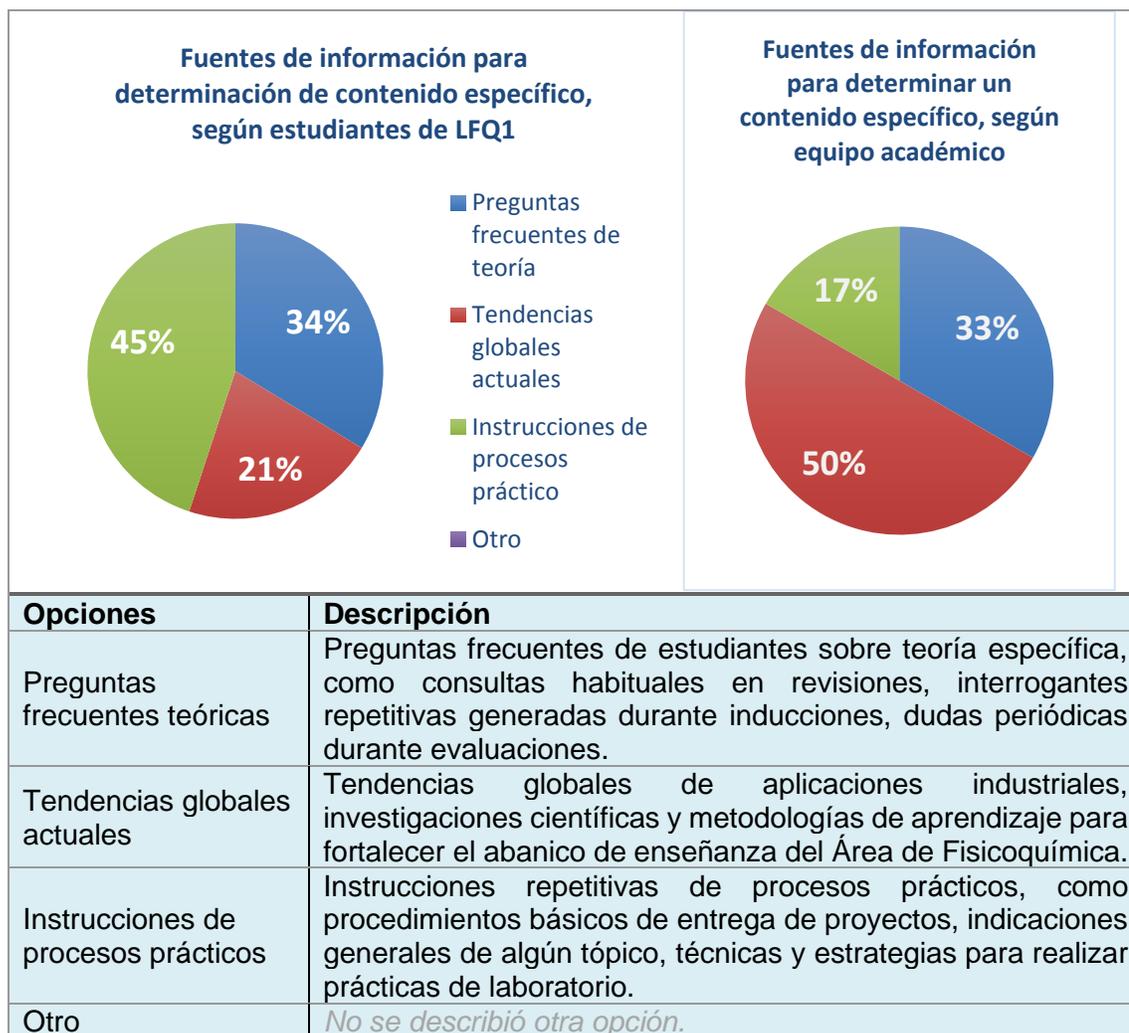
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 14.

Tabla XLII. **Material ubicado en la plataforma virtual (UEDI), según estudiantes del Laboratorio de Fisicoquímica 1**



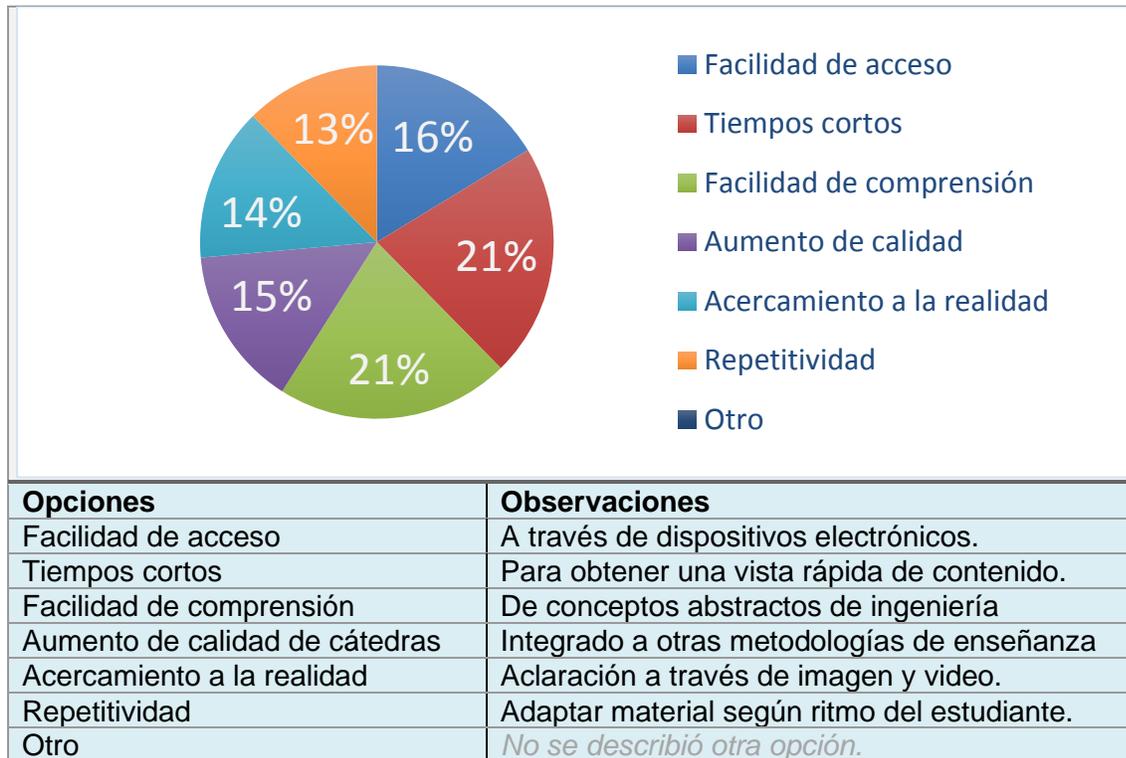
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 14.

Tabla XLIII. **Comparación de resultados sobre fuentes de información consideradas para determinar un contenido específico, según estudiantes y equipo académico**



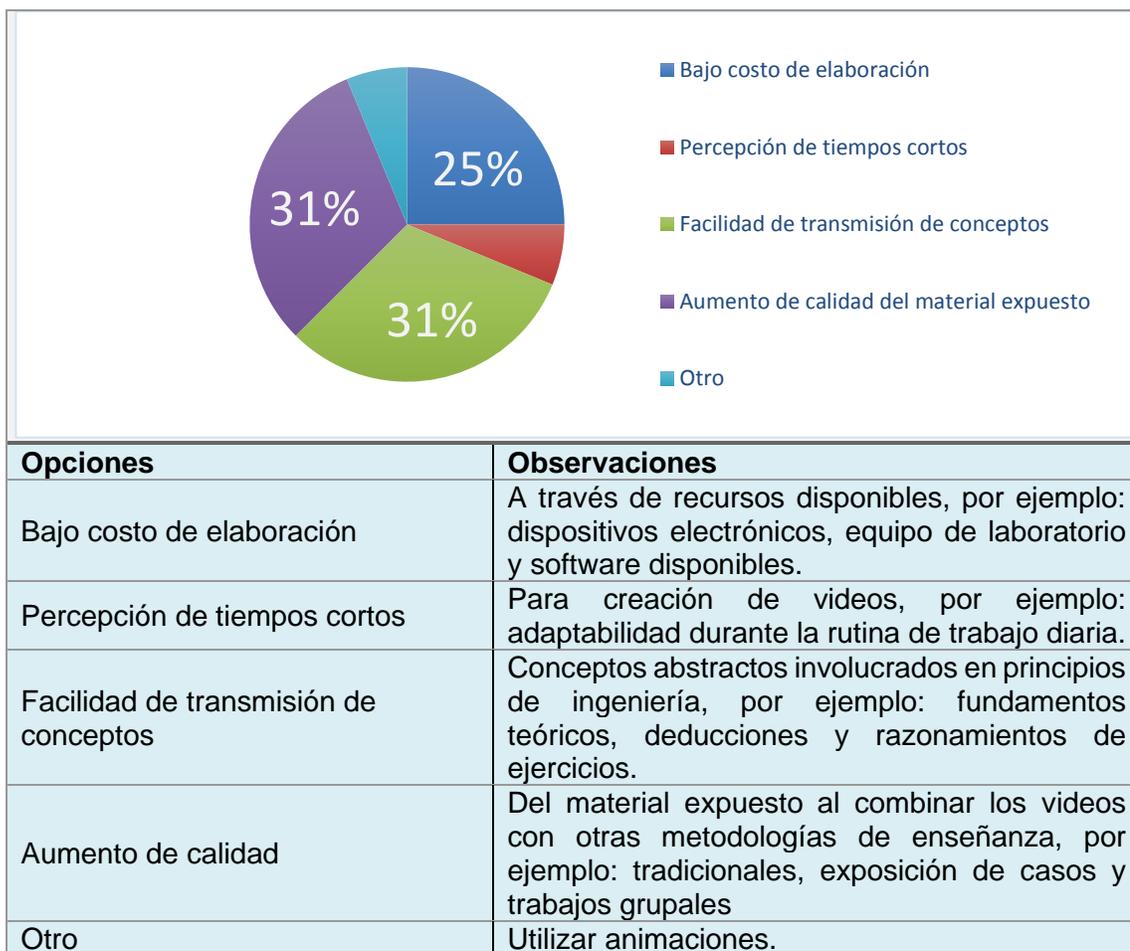
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 14.

Tabla XLIV. **Ventajas consideradas en el uso de videos instructivos, según los estudiantes del Laboratorio de Fisicoquímica 1**



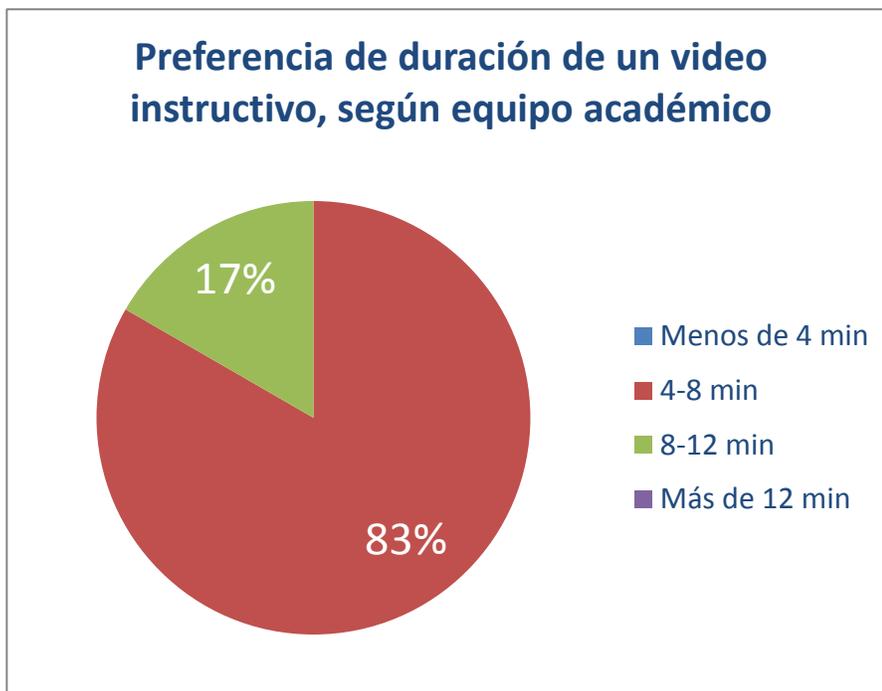
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 14.

Tabla XLV. **Ventajas consideradas en el diseño y producción de videos instructivos, según el equipo académico del Área de Físicoquímica**



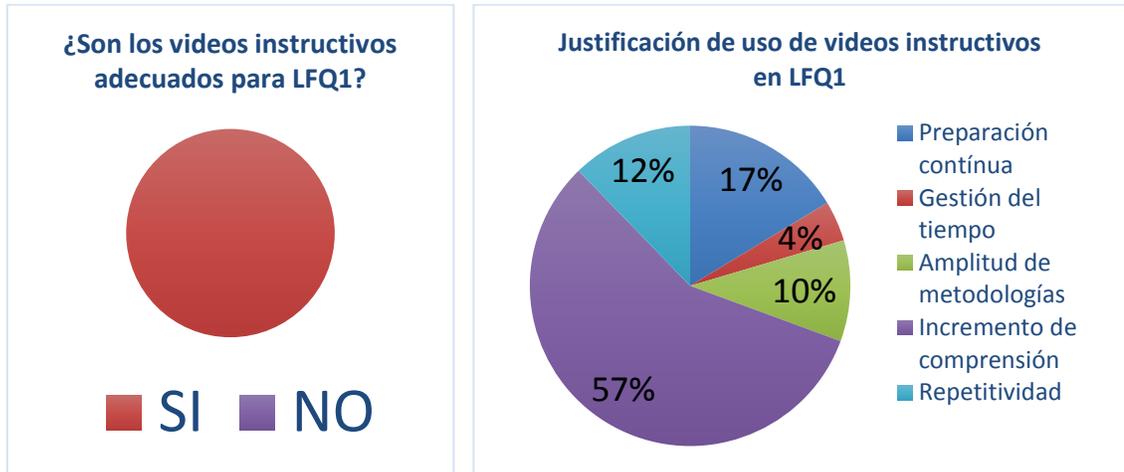
Fuente: elaboración propia, con datos del apéndice 14.

Tabla XLVI. **Comparación de duración adecuada de los videos instructivos, según estudiantes de LFQ1 y área académica**



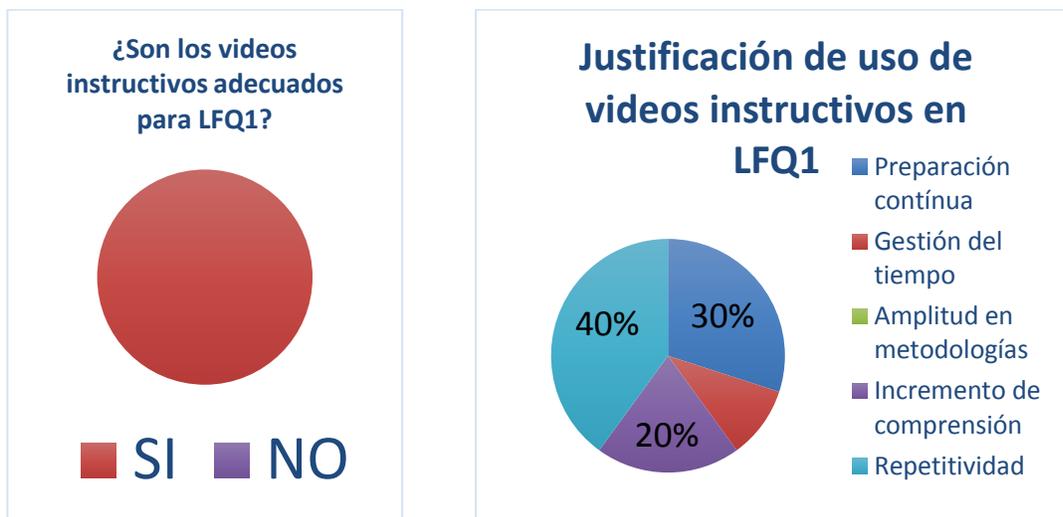
Fuente: elaboración propia, con datos del apéndice 14.

Tabla XLVII. **¿Se consideran los videos instructivos como una referencia complementaria adecuada para el proceso de enseñanza aprendizaje del Laboratorio de Fisicoquímica 1? – según estudiantes del LFQ1**



Fuente: elaboración propia, con datos del apéndice 14.

Tabla XLVIII. ¿Se consideran los videos instructivos como una referencia complementaria adecuada para el proceso de enseñanza aprendizaje del Laboratorio de Físicoquímica 1? – según equipo académico



Fuente: elaboración propia, con datos del apéndice 14.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se presentaron cinco videos instructivos sobre la cultura de seguridad, la modelización matemática, las metodologías de evaluación, el equipo Boyle Méndez y el equilibrio de dos fases líquido-vapor en sistemas viarios. Estos fueron destinados al proceso de inducción de todos los estudiantes asignados al Laboratorio de Físicoquímica 1 (LFQ1). Los primeros tres videos responden a la necesidad de acercar al aprendiz a la dinámica de trabajo, incluyendo las expectativas de un comportamiento seguro, una estrategia de trabajo cíclico y la valoración global de las actividades. Los últimos dos videos acercan a la realidad de trabajo durante las prácticas de laboratorio, tomando en cuenta un equipo didáctico para el análisis del aire y un sistema de destilación. Se hizo énfasis al uso completo del equipo de seguridad personal, con el objetivo de disminuir los riesgos que cualquier usuario del LFQ1 está expuesto al manipular compuestos químicos, cristalería específica y equipo de análisis especializado.

La exposición de los videos instructivos inició el martes veintisiete de enero y finalizó el jueves trece de febrero, ambas fechas del presente año. Se realizaron presentaciones semanales, con un tiempo de exposición de diez minutos, a grupos de estudiantes reducidos (16-20 estudiantes por sesión) dentro de las instalaciones del LFQ1, posterior a las fases de revisión de equipo completo y realización de examen corto. Durante la exposición de la herramienta, se realizaron las siguientes observaciones:

Existe diferencia ambiental entre jornadas de trabajo. El ambiente del LFQ1 permanece fresco (20-25 °C) y con buena iluminación durante la jornada matutina, mientras que el ambiente de la jornada vespertina es caluroso y con

intensidad de iluminación. Ambas situaciones están acompañadas de una ventilación adecuada, con la finalidad de retirar calor, vapores y gases. El uso del equipo de protección no adecuado (tallado o apretado), la excesiva agitación de los usuarios y la falta de preparación teórica pueden estimular un comportamiento inadecuado durante las prácticas de laboratorio.

Existe diferencia anímica-psicológica entre cada grupo de estudiantes según el horario asignado del laboratorio. Los dos grupos matutinos expresaron apertura inmediata a las instrucciones brindadas en la exposición de los videos y percepción de tranquilidad en el desarrollo de actividades asignadas. El grupo vespertino se encontró en estado de agitación previo, durante y posterior de la exposición de la herramienta y expresó interrogantes específicas del acceso a los videos en un corto plazo.

El tiempo para realizar las experiencias de laboratorio se reduce para quienes no planifican sus actividades. Aunque poseen cuatro horas aproximadamente para la realización de las prácticas, la gestión del tiempo es clave para aprovechar los recursos materiales y humanos. Se observó que mientras unos grupos avanzaban a través de un orden y liderazgo definido, otros grupos carecían de una mística de trabajo integrada.

Como herramienta de percepción, el proceso de enseñanza-aprendizaje (E/A) del LFQ1 fue evaluado a través de una encuesta que contenía cinco enunciados de una adaptación del cuestionario MISE-R, dos preguntas del área académica de los estudiantes y ocho interrogantes sobre la percepción de los recursos educativos con la implementación de videos instructivos. Esta estructura permitió conocer el nivel de acuerdo o desacuerdo respecto al proceso E/A, las características académicas y de edad de la muestra seleccionada, sumando la opinión sobre la dinámica de trabajo en la asignatura. Esta evaluación fue

realizada tres semanas después del inicio del curso, cuando ya han realizado la inducción inicial, las primeras dos prácticas de laboratorio y la entrega de un primer reporte, con la retroalimentación de la evaluación del catedrático.

Previo a iniciar con los resultados de MISE-R, cabe destacar que el grupo analizado era de 51 estudiantes activos del primer semestre del año en curso, quienes poseen más de 126 créditos y es mayor de edad (predominando el rango entre 18 a 22 años). Con estas características se asumió que han alcanzado el quinto semestre del p<sup>é</sup>nsum de estudios, teniendo conocimientos avanzados en matemática (Matemática Intermedia 3 aprobada y estudios en progreso de Matemática Aplicada 1 o 3), acercándose a finalizar el Área Química de la carrera (Análisis Cualitativo aprobado y estudios en progreso de Química Orgánica y Química Ambiental). Además, la asignatura es recibida por jóvenes, ya que el 100 % son mayores de edad (18 años para Guatemala) y menores de 28 años, población que ha ingresado a la enseñanza superior inmediatamente después de finalizar la enseñanza secundaria.

La adaptación del cuestionario MISE-R valoró la percepción del diseño de aprendizaje de los alumnos, considerando la interacción entre el profesor, el contenido y el estudiante, centrándose únicamente en el estudio psicométrico del proceso de aprendizaje. Esta reformulación se adapta a las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior, EEES, trabajando principios como el diseño de instrucción, las interacciones personales y la adquisición de conocimientos. Respecto al primer principio, en la primera pregunta se evaluó la estructura de contenidos, actividades y control. El segundo principio analizó la relación del aprendiz respecto a su desarrollo en la asignatura, a través de la segunda pregunta. Los conocimientos previos, conocimientos procedimentales, procesos atencionales y estrategias de aprendizaje fueron evaluados en las preguntas No. 3, 4 y 5, respondiendo al último principio aplicado.

La muestra de estudiantes estuvo de acuerdo respecto a la comprensión clara y desarrollo específico de la estructura de contenidos, actividades, metodologías, evaluación, bibliografía, equipo de protección personal, cristalería, reactivos y dispositivos que se requieren en el desarrollo de la asignatura, tomando en cuenta la etapa de inducción y las sesiones prácticas realizadas. La valoración Likert de esta encuesta responde a los resultados obtenidos para la primera pregunta, considerando que la media aritmética fue 4 y una desviación menor a la unidad (0,67). El principio considerado (Diseño de Instrucción) también relaciona estrategias de enseñanza y logística de recursos didácticos, ya que especifica una etapa de trabajo y la percepción del estudiante sobre la seguridad de conocer los requerimientos de la asignatura. Con los resultados para esta pregunta, se señala que el estudiante fue capaz de entender la dinámica de trabajo y las expectativas de aprendizaje que se espera en él.

Los estudiantes del LFQ1 están de acuerdo respecto a la razón del uso de materiales complementarios: facilitar la explicación de la comprobación experimental de fenómenos fisicoquímicos. Las herramientas multimedia sí forman parte de la dinámica de enseñanza-aprendizaje, incluyendo las plataformas virtuales, presentaciones, esquemas, videos, ejemplos y conferencias. Las interacciones personales evaluadas presentan un promedio, según escala Likert, de 4 y una desviación estándar de 0,67, considerando que el aprendiz sí percibió la existencia del abanico de materiales del LFQ1, consultado a través de la segunda pregunta. Las instrucciones en clase predominan como metodología de enseñanza adecuada según la muestra de estudiantes, respecto a las otras sugeridas: plataforma virtual (UEDI) y tutoría individual. La preferencia de la instrucción en clase se apoya en las exposiciones técnicas y métodos de resolución que responden a interrogantes generadas durante las prácticas de laboratorio, aun cuando el UEDI contiene frecuentemente, de mayor a menor proporción, los programas y manual del

estudiante, ponderaciones de evaluaciones y referencias bibliográficas. Respecto al material contenido en la plataforma virtual, se ha sugerido mantener ejemplos de ejercicios propuestos que amplíen la gama de metodologías.

El grupo evaluado está de acuerdo con la utilidad de los conocimientos que ha adquirido en los cursos de las áreas de Ciencias Básicas y Complementarias, Química y Fisicoquímica, para la estimación de aprobación de la asignatura de LFQ1; la media aritmética es de 4, mientras que la desviación se acercó a la unidad (0,99). Similar tendencia resultó respecto al nivel de acuerdo de la facilidad de dominio de los contenidos prácticos del laboratorio, estando de acuerdo con un promedio de 4 y una desviación estándar de 0.88. Al asumir una distribución normal del grupo de datos analizados, el 68 % de los estudiantes (34 de 51 estudiantes) respondieron con un nivel de acuerdo 3, ni de acuerdo ni en desacuerdo, hasta un nivel 5, totalmente de acuerdo, evidenciando las diferencias del nivel de acuerdo o desacuerdo respecto a las concepciones y contenidos del principio de adquisición de conocimientos. Significa que existe una actitud neutral para un segmento de estudiantes respecto a la utilidad de los conocimientos adquiridos durante la carrera de pregrado y de la adaptación sencilla en el manejo completo de los temas abarcados por la asignatura.

¿Es fundamental recurrir a los catedráticos y auxiliares para la resolución de dificultades en el aprendizaje del LFQ1? Sí, el grupo de estudiantes está de acuerdo respecto al último enunciado de la encuesta relacionado con el tercer principio analizado (pregunta No. 5). El promedio de respuesta se encontró en 4,49, y presentó la desviación estándar más baja reportada, 0,58. Significa que la muestra analizada posee una gran dependencia del Área de Fisicoquímica para identificar propuestas de trabajo que permitan resolver interrogantes teóricas y prácticas. La autonomía de aprendizaje es asistida, esperando una guía continua del profesor hacia el estudiante.

La generación de la expectativa, es decir sobre qué es lo que se espera que el estudiante logre realizar, en conjunto con el interés de realizar dichas actividades y el equilibrio afectivo psicológico del grupo analizado, complementan la motivación para estimular el autoaprendizaje. Para comprender mejor los efectos de las herramientas de aprendizaje innovadoras, el proceso del diseño de videos instructivos se inicia con un análisis de situación, seleccionando un contenido específico, un objetivo de aprendizaje, requisitos de conocimiento y competencias tecnológicas necesarias. Para la obtención del contenido específico, los estudiantes analizados prefieren que la fuente de selección sea las instrucciones de procesos prácticos. Esta inclinación se debe a la necesidad de visualizar los procedimientos para realizar los experimentos fisicoquímicos, indicaciones incluidas y técnicas para acercar a la realidad a los estudiantes, que se complementan con las ventajas principales de utilizar los videos instructivos: los tiempos cortos para la obtención de una vista rápida de contenido y la facilidad de comprensión de conceptos abstractos de ingeniería. No obstante, las otras dos fuentes sugeridas poseen un interés conjunto superior al 50 %, indicando que no se sugiere descartar la creación de cápsulas informativas sobre teoría específica y tendencias globales de aplicaciones industriales, investigaciones científicas y metodologías de aprendizaje que se pueden adaptar al curso, siempre respecto a la opinión de los estudiantes.

En los resultados de la selección de fuentes de información para determinar un contenido específico, según catedráticos y auxiliares, se prefiere introducir, de menor a mayor preferencia, las tendencias actuales globales, las preguntas frecuentes teóricas y las instrucciones de procesos prácticos. Los catedráticos están inclinados al valor añadido para la formación continua del estudiante, que permita perfeccionar las prácticas relacionadas a la profesión, estar a la vanguardia de las demandas del entorno, y estimular la innovación dentro y fuera de la ingeniería química. La capacidad de asociar los fenómenos fisicoquímicos

dentro del aula con las investigaciones industriales e institucionales es la vinculación entre la experiencia universitaria y la futura vida profesional.

Los videos instructivos, de manera unánime, se consideran como referencia complementaria adecuada para el proceso de enseñanza aprendizaje del Laboratorio de Fisicoquímica 1, según los cincuenta y un estudiantes encuestados y la muestra analizada de catedráticos y auxiliares (6 personas). Ambos grupos consideran que la duración adecuada de los videos instructivos es menor a 8 minutos. Este análisis permitió conocer el tiempo de efectividad de un video para el tipo de personas analizadas, esperando que en esos minutos se genere novedad, conciencia del esfuerzo de los catedráticos para generar recursos educativos y el incremento de comprensión de temas específicos. Siendo este último enunciado la justificación recurrente para el uso de videos instructivos en el LFQ1.

Se puede mencionar que la preparación continua del aprendiz y el acceso a la repetitividad del material multimedia también son razones frecuentes para incrementar el uso de videos instructivos en la asignatura. Además, las ventajas del diseño y producción del multimedia están relacionadas con el aumento de la calidad del material expuesto, al combinar con otras metodologías de enseñanza, y con la percepción de bajo costo de elaboración, a través de dispositivos y programas disponibles dentro del Área de Fisicoquímica. Como observación, también se consideró la futura propuesta de incorporar animaciones digitales relacionados con los conceptos de ingeniería química.



## CONCLUSIONES

1. El diseño y desarrollo de los videos instructivos, para el proceso enseñanza-aprendizaje del Laboratorio de Fisicoquímica 1 de la Escuela de Ingeniería Química, se concretó a través de los modelos de Samayoa y Dorrego de medios instruccionales, considerando las siguientes fases: (1) análisis de situación, (2) planificación y temporalización del proceso de desarrollo, (3) documentación, (4) guionización de la información, (5) identificación de conceptos, (6) producción de transparencias, (7) ensayos y rodaje, y (8) edición de contenido.
2. El diseño instruccional para la creación de videos instructivos del LFQ1 se aplicó para cinco videos: cultura de seguridad, modelización matemática, metodologías de evaluación, Equipo Boyle Méndez y Equilibrio de fases líquido-vapor en sistemas binarios. Se introdujo al aprendiz a la dinámica de trabajo, incluyendo un comportamiento seguro, una filosofía de trabajo, un entendimiento global de la valoración de las actividades y un acercamiento a la realidad del laboratorio, riesgos químicos y los fenómenos fisicoquímicos.
3. La evaluación del proceso de introducción del recurso didáctico se realizó a una muestra de cincuenta y un estudiantes, a través de: una adaptación del cuestionario MISE-R, las interrogantes para conocer el desarrollo académico y la percepción en la implementación del multimedia. Los estudiantes están de acuerdo, según la escala Likert, sobre los principios de Diseño de Instrucción, Interacciones Personales y Adquisición de Conocimientos aplicados en la asignatura. La metodología de enseñanza

preferida por la muestra de estudiantes es la instrucción presencial en clase y los videos instructivos se consideran como referencia complementaria adecuada para el proceso de enseñanza aprendizaje del Laboratorio de Fisicoquímica 1. El proceso sincrónico (encuentros presenciales) en combinación con encuentros asincrónicos (videos instruccionales) promueve un aprendizaje personalizado y brinda una profundización de los contenidos propuestos.

4. Se definieron tres características principales para el diseño y desarrollo de videos instructivos: (1) duración menor a ocho minutos, (2) finalidad inclinada al incremento de comprensión de conceptos abstractos de ingeniería química, y (3) promoción de la preparación continua del aprendiz a través de la obtención de una vista rápida de contenido y el acceso a la repetitividad del material multimedia.
  
5. La preferencia respecto a la determinación del contenido específico es distinta para los estudiantes y para el equipo académico: el primer grupo se inclina a las instrucciones de procesos prácticos, mientras que el segundo grupo prioriza las tendencias globales de aplicaciones industriales, científicas y educativas, con el objetivo de promover el valor agregado a la cátedra, el desarrollo de la capacidad asociativa y la preparación continua para el futuro ingeniero químico.

## RECOMENDACIONES

1. Para la guionización de la información, se aconseja iniciar con el esquema del audio del locutor. Al considerar esta sección como hilo conductor, se favorece la generación de ideas para dinamizar la estructura futura del material multimedia, como las capturas de video focalizadas, fotografías desde un ángulo específico y la elaboración de ecuaciones, gráficas y tablas de apoyo.
2. Por el incremento de la población universitaria, las rápidas transformaciones tecnológicas y el manejo de grandes volúmenes de información, se sugiere integrar los videos instructivos a proyectos de elaboración de cursos universitarios en modalidad b-learning, donde se integren experiencias de conferencias, documentos didácticos, evaluaciones, prácticas de laboratorio presenciales y obtención de créditos académicos.
3. Para incrementar la calidad académica de futuros videos, se recomienda revisar modelos instruccionales de otras instituciones universitarias, capacitarse específicamente en la captura y edición de videos, y buscar asesoría profesional para la determinación de contenidos y la selección de literatura.



## BIBLIOGRAFÍA

1. 3M CENTER, Personal Safety Division: Ciencia. Aplicada a la vida TM. *Guía para la Selección de Respiradores*. [en línea]. <<http://multimedia.3m.com/mws/media/323331O/respirator-selection-guide-spanish.pdf> 70-0704-0518-1>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
2. \_\_\_\_\_, *Selección de Cartuchos/Filtros para Respiradores de 3M TM*. Boletín de productos. [en línea]. <<http://www.promelsa.com.pe/pdf/1015150.pdf>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
3. ABREGO, Marcelo; MOLINOS, Sergio; RUIZ, Pablo. *Equipos de Protección Personal, Por un trabajo sano y seguro*. [en línea]. <<http://www.sigweb.cl/wpcontent/uploads/biblioteca/ManualEPPAchs.pdf>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
4. ACHS, *Cómo me preparo y qué debo hacer durante un sismo*. Boletín técnico. [en línea]. <<https://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/esenciales/Qu%C3%A9%20hacer%20frente%20a%20un%20evento%20s%C3%ADsmico.pdf> ACHS CENTER 600 600 22 47>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
5. \_\_\_\_\_, *Cómo me preparo y qué debo hacer frente al riesgo de incendio*. Boletín técnico. [en línea].

<<https://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/esenciales/que-hacer-frente-a-riesgo-de-incendio.pdf>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].

6. \_\_\_\_\_, *Procedimiento para Equipos de Protección Personal (EPP)*. Boletín técnico. [en línea]. <<https://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/procedimiento-para-equipos-de-proteccion-personal.pdf>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
7. \_\_\_\_\_. *Ubicación y señalización correcta de los extintores*. Boletín técnico. [en línea]. <<https://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/esenciales/ubicacion-y-senhal%C3%A9tica-para-extintores.pdf>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
8. \_\_\_\_\_. *Uso de Elementos de Protección Personal*. Boletín técnico. [en línea]. <<https://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/uso-de-elementos-de-proteccion-personal.pdf>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
9. \_\_\_\_\_. *Operación con sustancias peligrosas*. Boletín técnico. [en línea]. <<https://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/1-operaciones-sustancias-peligrosas.pdf>> [Consulta: 26 de enero de 2020].
10. AIELLO, Martín; BARTOLOMÉ, Antonio. *El vídeo digital y la innovación educativa en la universidad*. [en línea].

<[http://www.lmi.ub.edu/personal/bartolome/articuloshtml/2006\\_videodigital\\_salta.pdf](http://www.lmi.ub.edu/personal/bartolome/articuloshtml/2006_videodigital_salta.pdf)>. [Consulta: 05 de septiembre de 2019].

11. AJÚ, Carlos. *Diseño de la investigación del desarrollo de un modelo de seguridad industrial basado en la norma de la oms-32, para mejorar la calidad de los procesos analíticos en el laboratorio de control de calidad, en una industria farmacéutica en la ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2014. [en línea]. < <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4723/>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
12. BARQUERO, Berta; BOSCH, Marianna; GASCÓN, Josep. *Incidencia del “aplicacionismo” en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales*. [en línea]. <<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.933>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
13. BARTOLOMÉ, Antonio. *Multimedia interactivo y sus posibilidades en educación superior*. [en línea]. < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1410238>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
14. BEDOYA, Gloria; PÉREZ, Luis. *Lineamientos para un modelo de tutoría integral en la modalidad UDE@ de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Antioquia. Universidad Católica de Manizales, Programa de Maestría en Educación*. [en línea]. < <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/802>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].

15. BERMÚDEZ, Aurelio; GARCÍA-VAREA, Ismael; LÓPEZ, María; MONTERO, Francisco; DE LA OSSA, Luis; PUERTA, José; ROJO, Tomás; SÁNCHEZ, José. *Una definición precisa del concepto “Nivel de Dominio de una Competencia” en el marco del Aprendizaje Basado en Competencias. Trabajos de Fin de Grado y Máster: La evaluación global*. [en línea]. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4107644>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
16. BLOMBAJ, Morten. *Modelización Matemática – Una Teoría para la Práctica*. Traducción: María Mina. BLOMHOJ M. [en línea]. <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/REM/article/view/10419>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
17. BRAVO, Luis. *¿Qué es el vídeo educativo? Sistema de Información Científica*. [en línea]. <<https://www.redalyc.org/pdf/158/15800620.pdf>>. [Consulta: 18 de noviembre de 2020].
18. BURGOS, Antonio. *¿Cómo integrar la seguridad y salud en la educación?: elementos clave para enseñar prevención en los centros escolares*. [en línea]. <<http://www.ugr.es/~recfpro/rev142COL5.pdf>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
19. CASTAÑEDA, Julio, FRANCO, Rohen, SEGURA, Guillermo. *Guía audiovisual de experimentos de fisicoquímica*. Trabajo de graduación de Ing. Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. [en línea].

<http://biblos.usac.edu.gt/library/index.php?title=Special%3AGSMSearchPage&process=&lang=es&titulo=guia+audiovisual+de+experimentos+de+fisicoquimica&autor=&subheadings=&keywords=&material=&sortby=sorttitle>. >. [Consulta: 26 de enero de 2020].

20. CASTELLS, María del Carmen, ARESE, Alicia, ALBIZZATI, Enrique, ROSSETI, Germán. *Propuesta para la Enseñanza de la Ingeniería: Un Espacio Curricular Creado desde la Investigación-Acción*. [en línea]. <[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50062008000200003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062008000200003)>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
21. CEREZO, Héctor. *Corrientes pedagógicas contemporáneas. Odiseo, revista electrónica de pedagogía*. [en línea]. <<http://www.odiseo.com.mx/2006/07/cerezo-corrientes.html>>. [14 de noviembre de 2020].
22. CERVANTES, Lucía. *Modelización matemática- principios y aplicaciones*. [en línea]. <<https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/publicaciones/Modeliza.pdf>>. [18 de noviembre de 2020].
23. COSTA, Miguel. *Educación para la salud en seguridad laboral*. [en línea]. <[https://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos\\_propios/resp/revista\\_cdrom/VOL65/65\\_3\\_187.pdf](https://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL65/65_3_187.pdf)>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
24. CREUS, Antonio; MANGOSIO, Jorge. *Seguridad e higiene en el trabajo: un enfoque integral*. [en línea].

<<https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=504227>>.

[Consulta: 04 de octubre de 2017].

25. DE LA FUENTE, Damián, HERNÁNDEZ, Montserrat, PRA, Inmaculada. *El mini video como recurso didáctico en el aprendizaje de materias cuantitativas.* [en línea]. <<http://www.redalyc.org/pdf/3314/331429869008.pdf>>. [Consulta: 04 de octubre de 2017].
26. FERRER, Ferrán. *La acción tutorial en la universidad.* En Michavila F., J. García Delgado, *La Tutoría y los Nuevos Modos de Aprendizaje en la Universidad.* [en línea]. <<https://www.redalyc.org/pdf/274/27413170002.pdf>>. [Consulta: 18 de noviembre de 2020].
27. GADEA, Enrique. España: Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales de España, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *NTP 359: Seguridad en el laboratorio: gestión de residuos tóxicos y peligrosos en pequeñas cantidades.* [en línea]. <[https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp\\_359.pdf/0d7b512e-9945-4f91-aea1-0f8f006852f6](https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_359.pdf/0d7b512e-9945-4f91-aea1-0f8f006852f6)>. [Consulta: 14 de noviembre].
28. GARCÍA, Narciso. *La función tutorial de la Universidad en el actual contexto de la Educación Superior.* [en línea]. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27413170002>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].

29. GARCÍA, Walter. *Actualización del protocolo de seguridad, en los laboratorios de ingeniería química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de acuerdo a normativos dictados por la Sociedad Americana de Química*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 245 p.
30. GARCÍA-ROS, Rafael. *Análisis y validación de una rúbrica para evaluar habilidades de presentación oral en contextos universitarios*. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*. [en línea]. <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=293122852004>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
31. GÓNZALEZ, América. *Desarrollo de una propuesta de Sistema De Gestión Ambiental de Acuerdo a la Norma ISO 14001:2004 Como Herramienta De Educación Ambiental En El Laboratorio De Fisicoquímica De La Escuela De Ingeniería Química De La Universidad De San Carlos De Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 163 p.
32. GUILLERMO, Patricia; DE LEÓN, Teresa, *GUATEMALA: Escuela de Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala. Plan de contingencia: 2018 Escuela de Ingeniería Química*. [en línea]. <[https://drive.google.com/file/d/15bHr8GVZgx8EOT1musr9e5\\_8e6wgDpFk/view](https://drive.google.com/file/d/15bHr8GVZgx8EOT1musr9e5_8e6wgDpFk/view)>. [Consulta: 05 de febrero de 2019].
33. HENÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. 6a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2014. 600 p.

34. HENAO, Fernando. *Riesgos químicos*. 2a ed. Colombia: Ecoe Ediciones, 2015. 206 p.
35. HUAMÁN, Milagros, FLORES, Juan. *Modelo pedagógico para programas on-line: Metodología por tipo de asignaturas con apoyo de dinamización en la Universidad de San Martín de Porres*. [en línea]. <<https://acceso.virtualeduca.red/documentos/ponencias/puerto-rico/1077-a471.pdf>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
36. JACOVKIS, Pablo. *Computadoras, modelización matemática y ciencia experimental*. [en línea]. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2358068>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
37. KULOV, N; GORDEEV, L. *Mathematical Modeling in Chemical Engineering and Biotechnology*. Estados Unidos: Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2014. 220 p.
38. LARA, Pablo; DUART, Josep. *Gestión de contenidos en el e-learning: acceso y su de objetos de información como recurso estratégico*. [en línea]. <<https://www.redalyc.org/pdf/780/78020108.pdf>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
39. LILEY, Peter. *Datos físicos y químicos. Manual del Ingeniero Químico. Tomo 2*. 6a ed. México: McGraw-Hill, 1992. 136p.
40. LORANDI, Alberto, HERMIDA, Guillermo, HERNÁNDEZ, José, DE GUEVARA, Enrique. *Laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería*. *Revista Internacional*

de *Educación en Ingeniería*. [en línea]. <[http://bibliografia.eovirtual.com/LorandiA\\_2011\\_Laboratorios.pdf](http://bibliografia.eovirtual.com/LorandiA_2011_Laboratorios.pdf)>. [Consulta: 02 octubre de 2017].

41. MAYER, Richard. *Cognitive Theory of Multimedia Learning*. The Cambridge handbook of multimedia learning. [en línea]. <[https://books.google.com.gt/books/about/The\\_Cambridge\\_Handbook\\_of\\_Multimedia\\_Lea.html?id=duWx8fxkkk0C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.gt/books/about/The_Cambridge_Handbook_of_Multimedia_Lea.html?id=duWx8fxkkk0C&redir_esc=y)> [Consulta: 02 octubre de 2017].
42. MÉNDEZ, José, *Diseño de un equipo de uso didáctico en el área de fisicoquímica, para la determinación de las propiedades de estado de un gas*. Marzo 2009. [en línea]. <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1127\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1127_Q.pdf)> [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
43. MENDIBLE, Arnoldo; ORTIZ, José. *Modelización matemática en la formación de ingenieros. La importancia del contexto*. [en línea]. <<https://www.redalyc.org/pdf/405/40540854016.pdf>> . [Consulta: 26 de enero de 2020].
44. MONTANRES, Jorge, *Equipos de Protección Personal, Prevención de riesgos*. [en línea]. <[http://www.paritarios.cl/especial\\_epp.htm](http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm)>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
45. MOREIRA, Manuel. *¿Por qué formar en competencias informacionales y digitales en la educación superior?* [en línea]. <<https://rusc.uoc.edu/rusc/es/index.php/rusc/article/view/v7n2-area.html>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].

46. PEREZ, Otto; CONTRERAS, Carlos; MEDINEZ, Gustavo. GUATEMALA: Ministerios de Trabajo y Previsión Social. *Acuerdo Gubernativo Número 229-2014. Reglamento De Salud Y Seguridad Ocupacional 2014*. 82 p.
47. PRADA, Fernando, *El extintor como preventivo recurso didáctico*. [en línea].<<https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000103/00000044.pdf>>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
48. QUEVEDO, Jairo. *Diseño de un Plan de Seguridad e Higiene Industrial en los Laboratorios del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, Universidad De San Carlos De Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 418 p.
49. RAMÍREZ, Rafael; RAMÍREZ, Juan; CEPEDA, Ramón; ARMENTA, José. *Reglamento Para El Uso Del Laboratorio De Morfofisiología Animal Y Sala De Necropsias*. [en línea]. <[http://www.uabcs.mx/files/archivos/22082018\\_014427\\_Reglamento%20Laboratorio%20de%20MFA%20y%20Necropsias%20\(4\).pdf](http://www.uabcs.mx/files/archivos/22082018_014427_Reglamento%20Laboratorio%20de%20MFA%20y%20Necropsias%20(4).pdf)>. [Consulta: 26 de enero de 2020].
50. RASMUSON, Anders; ANDERSSON, Bengt; OLSSON, Louise; ANDERSSON, Ronnie. *Mathematical Modeling in Chemical Engineering*. Inglaterra: Cambridge University Press, 2014. 196 p.
51. RICE, Richard; DO, Duong. *Applied Mathematics and Modeling for Chemical Engineers*. 2ed. Australia: Wiley, 2012. 375 p.

52. RODAS, Auro. *Mecanismo para el transporte de fluidos en ingeniería química presentados mediante ayuda audio-visuales*. Trabajo de graduación de Ing. Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. [en línea]. <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0967\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0967_Q.pdf)>. [Consulta: 14 de noviembre].
53. RODRÍGUEZ, Eduardo; GÓMEZ, Augusto. *Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Manual de Organización de la Escuela de Ingeniería Química*. [en línea]. <[https://drive.google.com/file/d/1jjulCg\\_bYe1XDZC7Nmx-tzPOwYrcQtYx/view](https://drive.google.com/file/d/1jjulCg_bYe1XDZC7Nmx-tzPOwYrcQtYx/view)>. [Consulta: 05 de marzo de 2020].
54. RUANO, Aura. *Medios visuales como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del curso transferencia de calor*. Trabajo de grado de Ing. Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. [en línea]. <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0967\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0967_Q.pdf)>. [Consulta: 05 de octubre de 2017].
55. SABAJ, Omar; LANDEA, Denisse. *Descripción de las formas de justificación de los objetivos en artículos de investigación en español de seis áreas científicas*. [en línea]. <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134524361015>>. [Consulta: 27 de enero de 2020].
56. SALVAT, I., Gonzalez, A., Monterde, S., Montull, S., Miralles, I. *Utilización del video para presentar los casos en el aprendizaje basado en problemas*. [en línea].

<<https://www.redalyc.org/pdf/368/36815118014.pdf>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].

57. SAMAYOA, Rodrigo. *Desarrollo del Programa del Curso de Física 1 para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala utilizando un modelo B-Learning*. Trabajo de graduación de Ing., Facultad de Ingeniería, Universidad de Guatemala. [en línea]. <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2954\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2954_IN.pdf)>. [Consulta: 14 de noviembre de 2020].
58. SIEMENS George. *Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital*. [en línea]. <[https://www.comenius.cl/recursos/virtual/minsal\\_v2/Modulo\\_1/Recursos/Lectura/conectivismo\\_Siemens.pdf](https://www.comenius.cl/recursos/virtual/minsal_v2/Modulo_1/Recursos/Lectura/conectivismo_Siemens.pdf)>. [Consulta: 25 de octubre de 2017].
59. TOBAR PIRIR, Luis Alfredo. *La Educación a Distancia en Guatemala. Realidades y Tendencias*. [en línea]. <[http://www2.uned.es/catedraunesco-ead/cosypedal/Libro\\_EduDist2009.pdf](http://www2.uned.es/catedraunesco-ead/cosypedal/Libro_EduDist2009.pdf)>. [Consulta: 05 de septiembre de 2017].
60. Universidad de la Rioja, ESPAÑA, *Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Prevención de riesgos en las prácticas de laboratorio*. [en línea]. <[https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/rec\\_alumnos\\_quimica.pdf](https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/rec_alumnos_quimica.pdf)>. [Consulta: 05 de marzo de 2020].
61. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. *Inducción para Laboratorio de Fisicoquímica 1. Reunión. (Laboratorio de*

*Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química, USAC).*  
*Programa del curso: Laboratorio de Fisicoquímica 1. Guatemala:*  
*Facultad de Ingeniería Química, 2020. 4 p.*

62. \_\_\_\_\_, *Inducción para Laboratorio de Fisicoquímica 1. Reunión.*  
*(Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería*  
*Química, USAC). 2016.2 LFQ1 Unidad 01 Diseño Experimental.*  
*Guatemala: Facultad de Ingeniería Química, 2020. 34 p.*
63. \_\_\_\_\_, *Inducción para Laboratorio de Fisicoquímica 1. Reunión.*  
*(Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería*  
*Química, USAC). 2016.2 LFQ1 Unidad 02 Medición y toma de*  
*datos. Guatemala: Facultad de Ingeniería Química, 2020. 32 p.*
64. \_\_\_\_\_, *Inducción para Laboratorio de Fisicoquímica 1. Reunión.*  
*(Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería*  
*Química, USAC). 2016.2 LFQ1 Unidad 03 Análisis Estadístico.*  
*Guatemala: Facultad de Ingeniería Química, 2020. 20 p.*
65. \_\_\_\_\_. *Inducción para Laboratorio de Fisicoquímica 1. Reunión.*  
*(Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería*  
*Química, USAC). 2016.2 LFQ1 Unidad 04 Reporte de*  
*laboratorio. Guatemala: Facultad de Ingeniería Química, 2020.*  
*12 p.*
66. \_\_\_\_\_. *Inducción para Laboratorio de Fisicoquímica 1. Reunión.*  
*(Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería*  
*Química, USAC). LFQ.2018.02 Seguridad en el laboratorio.*  
*Guatemala: Facultad de Ingeniería Química, 2020. 10 p.*

67. WOLFGANG, Schnotz. *Aprendizaje Multimedia Desde una Perspectiva Cognitiva*. [en línea]. <  
<https://revistas.um.es/redu/article/view/20011/19381>>. [Consulta:  
05 de marzo de 2020].
68. WOODHEAD, Nigel. *Hypertext and Hypermedia*. Alemania: Sigma Press  
und Addison-Wesley, 1990. 22 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Guionización – Cultura de seguridad**

<b>Sección</b>	<b>Sumatoria</b>
Escenas totales	47
Escenas totales de introducción, desenlace y créditos	7
Escenas totales de transición	6
Escenas totales de desarrollo	34
Escenas totales con diapositivas	5
Escenas totales con video	30
Escenas totales con diapositivas y video (integración)	6
Cantidad de palabras en audio	605
Cantidad de tiempo estimado (minutos)	5,1

Continuación apéndice 1.

Total de escenas	Escenas de introducción, desenlace y créditos	Escenas de transición	Escenas de desarrollo	Cantidad de escenas con diapositiva	Cantidad de escenas con video	Cantidad de escenas con diapositiva y video (integración)		Cantidad total de palabras del audio	Tiempo total calculado
47	7	6	34	5	31	6		605	5.1
Escena	Sección	Audio	Sonido	Imagen (Diapositiva, Video o Integración)	Descripción de Imagen	Título en Imagen	Texto en Imagen	Cantidad de palabras del audio	Tiempo (s) calculado
1	Introducción	Recess	¡Bienvenidos! Soy José Andrés Valenzuela, estudiante de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala y	Video	Captura de José Andrés Valenzuela Molina en la Rectoría de la Universidad de San Carlos de			18	9
2	Introducción	Recess	creador de esta experiencia instructiva para los estudiantes del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería.	Video	Captura de entrada y corredor del Laboratorio de Físicoquímica.	Trabajo de investigación: DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FÍSICOQUÍMICA 1 DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Estudiante: José Andrés Valenzuela Molina; Asesor: César Ariel Villela Rodas; Asesor externo: José Antonio Quiroa Mendoza	17	8.5
3	Transición	Recess			Tiempo de transición			1	0.5
4	Introducción	Recess	Una cultura de seguridad preventiva en el laboratorio fortalece el bienestar de todos sus usuarios.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Cultura de seguridad		15	7.5
5	Introducción	Recess	En esta experiencia estaremos identificando el equipo de protección individual básico, el plan de contingencia general en caso de emergencia y una breve demostración de uso del extintor.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			29	14.5
6	Transición				Tiempo de transición			1	0.5
7	Desarrollo		Existen organizaciones, normativas y leyes que promueven condiciones seguras en actividades industriales e institucionales.	Diapositiva	Diapositiva 2 de "Cultura de Seguridad"		OIT, INSSI, OSHA, ANSI, NIOSH, Acuerdo Gubernativo No. 229-2014 y sus reformas (Guatemala).	14	7
8	Desarrollo		En el laboratorio de fisicoquímica también se consideran controles de seguridad para la protección del usuario, en especial durante la ejecución de prácticas experimentales.	Video	Incorporar imágenes de colocación de equipo de protección personal			24	12
9	Desarrollo		Es esencial que la conducta personal sea adecuada en el laboratorio para asegurar el bienestar completo de todos los usuarios.	Video	Incorporar imágenes de colocación de equipo de protección personal			20	10
10	Transición				Incorporar imágenes de colocación de equipo de protección personal y colocar título en imagen	Equipo de protección personal		1	0.5
11	Desarrollo		El estudiante se beneficia con la selección del tamaño adecuado de prendas de vestir y de su equipo personal, permitiendo el flujo ideal de aire y optando por materiales convenientes para cada condición química a manipular.	Video	Incorporar imágenes de colocación de equipo de protección personal			36	18
12	Desarrollo		La protección de cabeza puede incluir utilizar casco, redicilla y mantener el cabello recogido.	Video	Uso de casco y redicilla			14	7
13	Desarrollo		Al proteger los ojos, se disminuye el riesgo de contacto directo con partículas, vapores y gases.	Video	Colocación de lentes de seguridad.			16	8
14	Desarrollo		La protección de vías respiratorias considera respiraderos con filtro para partículas o filtro químico.	Video	Colocación de mascarilla contra agentes químicos.		Filtro para partículas y filtro químico.	14	7
15	Desarrollo		Podemos observar clasificaciones generales de los tipos de respiraderos con filtro físico y tipos de respiraderos con filtro químico	Diapositiva	Diapositiva 3 de "Cultura de Seguridad"		Tablas de clasificación de respiraderos con filtro físico y químico	19	9.5
16	Desarrollo		Además del uso de los lentes y mascarillas para la protección del rostro, se sugiere evitar el uso de maquillaje y accesorios.	Video	Fotografía de material que no se puede ingresar: reloj, cadenas, aretes, maquillaje			22	11
17	Desarrollo		La protección de manos y brazos es esencial para la manipulación de agentes químicos, en especial contra riesgos de materiales calientes, abrasivos y corrosivos.	Video	Colocación de guantes, acompañamiento de otros tipos de guantes		Tabla de: Clasificación de guantes	24	12
18	Desarrollo		La protección de pies se asegura con el uso de botas adecuadas	Video	Colocación de botas		Material de cuero y punta de acero	12	6
19	Desarrollo		Y la protección del cuerpo se asegura con el uso de batas, o la altura de la rodilla.	Video	Colocación de bata / a la altura de la rodilla		Especificaciones: bata larga y pantalón de lona.	18	9
20	Transición				Tiempo de transición				
21	Transición		En caso de necesidad de evacuación, como en presencia de	Diapositiva	Diapositiva 6 de "Cultura de Seguridad"	Plan de contingencia vigente	Actualizado según Escuela de Ingeniería	10	5
22	Desarrollo		sismos o	Diapositiva	Diapositiva 6 de "Cultura de Seguridad"			2	1

Continuación apéndice 1.

22	Desarrollo		sismos o	Diapositiva	Diapositiva 6 de "Cultura de Seguridad"			2	1
23	Desarrollo		incendios	Diapositiva	Diapositiva 6 de "Cultura de Seguridad"			1	0.5
24	Desarrollo		En cada actividad del laboratorio se sugiere realizar las siguientes indicaciones preventivas:	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Acciones preventivas		12	6
25	Desarrollo		Ubicar el equipo de seguridad en caso de accidentes.	Video	Ubicación de extintores, regadera y lavaojos		Indicación 1	9	4.5
26	Desarrollo		Recordemos que en caso de salpicaduras o contacto con agentes químicos, es obligatorio accionar la regadera y lavaojos	Video	Uso de regadera y lavaojos			18	9
27	Desarrollo		Identificar rutas de evacuación y punto de reunión,	Video	Ubicación de ruta de evacuación y punto de reunión		Indicación 2	8	4
28	Desarrollo		En caso de presenciar alguna eventualidad, es primordial	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Al presenciar sismos o incendios,		8	4
29	Desarrollo		Conservar el orden y la calma, esperando las indicaciones del instructor	Video	Ing. Villela con las capturas de mantener la calma y llamando por		Indicación a. Siempre conservar la calma	11	5.5
30	Desarrollo		Generar acciones paralelas como cerrar válvulas de suministros	Video	Cerrar válvula de agua y gas		Acciones paralelas	8	4
31	Desarrollo		Desconectar equipo eléctrico	Video	Desconexión de enchufes		Acciones paralelas	3	1.5
32	Desarrollo		Mantener puerta abierta y alejarse de ventanas y cancelas	Video	Estudiantes alejados de las puertas y cancelas		Acciones paralelas	9	4.5
33	Desarrollo		Caminar hacia la salida	Video	Ruta de evacuación y punto de reunión		Indicación b. Salida de emergencia	4	2
34	Desarrollo		Dirigirse al punto de reunión indicado	Video	Ruta de evacuación y punto de reunión		Si es posible salir	6	3
35	Desarrollo		O permanecer en orden y calma, hasta haber terminado eventualidad inesperada	Video	Ruta de evacuación y punto de reunión		Si no es posible salir	11	5.5
36	Desarrollo		El instructor asegurará la presencia de los estudiantes y visitantes en el punto de reunión, reportando al director de escuela sobre su	Video	Ing. Villela con las capturas de mantener la calma y llamando por teléfono.		Teléfonos de seguridad e información a reportar	23	11.5
37	Desarrollo		Además verificará daños generados en centro de trabajo y reubicará artefactos con riesgo a calda.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina		Daños y reubicación	15	7.5
38	Transición				Tiempo de transición				
39	Desarrollo		Para sofocar conatos de incendio, debemos utilizar el extintor. Como método de enseñanza se utilizará un extintor pequeño. En el laboratorio es de volumen mayor.	Integración	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina		Indicaciones de uso del extintor.	25	12.5
40	Desarrollo		Sírvete de recordatorio importante la regla nemotécnica que menciona Prada Pérez	Integración	Diapositiva 7 de "Cultura de Seguridad"	Significado de nemotécnica.	T A P E	11	5.5
41	Desarrollo		Tirar, quitando el precinto de seguridad y desbloqueando la palanca del extintor.	Integración	Indicación 6		T, Tirar	12	6
42	Desarrollo		Apuntar la boquilla o manguera hacia la base de las llamas.	Integración	Indicación 7		A, Apuntar	11	5.5
43	Desarrollo		Presionar la palanca para descargar el agente extintor.	Integración	Indicación 8		P, Presionar	8	4
44	Desarrollo		Españir de un lado hacia el otro para extinguir totalmente las llamas.	Integración	Indicación 9		E, Españir	12	6
45	Desenlace	Recess	Fortalecer la cultura de seguridad preventiva en el laboratorio es la clave para el bienestar de todos sus usuarios. Finalizamos esta experiencia instructiva para todos los usuarios del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			36	18
46	Desenlace	Recess	Agradezco profundamente a asesores, colaboradores y familiares que han apoyado en la creación de estos videos.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			16	8
47	Créditos	Recess		Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			1	5

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Guionización – Modelización matemática**

<b>Sección</b>	<b>Sumatoria</b>
Escenas totales	43
Escenas totales de introducción, desenlace y créditos	7
Escenas totales de transición	8
Escenas totales de desarrollo	28
Escenas totales con diapositivas	21
Escenas totales con video	0
Escenas totales con diapositivas y video (integración)	13
Cantidad de palabras en audio	578
Cantidad de tiempo estimado (minutos)	4,89

## Continuación apéndice 2.

Total de escenas	Escenas de introducción, desarrollo y créditos	Escenas de transición	Escenas de desarrollo	Cantidad de escenas con diapositiva	Cantidad de escenas con video	Cantidad de escenas con diapositiva y video (integración)		Cantidad total de palabras del audio	Tiempo total calculado
43	7	8	28	21	0	13		276	4:33
Escena	Sección	Audio	Sonido	Imagen (Diapositiva o Video)	Descripción de Imagen	Título en Imagen	Texto en Imagen	Cantidad de palabras	Tiempo(s) calculado
1	Introducción		¡Bienvenidos! Soy José Andrés Valenzuela, estudiante de ingeniería química de la Universidad de San Carlos de Guatemala y	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			18	9
2	Introducción		creador de esta experiencia instructiva para los estudiantes del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería.	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Trabajo de investigación: DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Estudiante: José Andrés Valenzuela Molina; Asesor: César Ariel Villa Rodas; Asesor externo: José Antonio Quiroa Mendoza.	17	8.5
3	Introducción		La comprensión de fenómenos fisicoquímicos se apoya de observaciones, experiencias a escala y estrategias computarizadas.	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			15	7.5
4	Introducción		En este video exploraremos la modelización matemática como guía de trabajo sugerible para la comprensión de aplicaciones en la Ingeniería Química. Iniciamos.	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			22	11
5	Transición							1	0.5
6	Desarrollo		La modelización matemática permite la expresión de fenómenos reales a través de abstracciones de sistemas, simplificando, en lo posible, la naturaleza de los eventos.	Integración	Integración de presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 2			24	12
7	Desarrollo		Esta «filosofía de trabajo» posee dos sentidos: trabajar desde la realidad hacia el modelo y desde el modelo a la realidad.»	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 2		«Es evidente que la modelización, como proceso gestor de cambio y de contextualización ejercida por el ingeniero, representa, en los tiempos modernos, una filosofía de trabajo, que	21	10.5
8	Desarrollo		¿Pero, dónde podría aplicarse la modelización matemática en la ingeniería química?	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 4		¿En Ingeniería Química?	11	5.5
9	Desarrollo		Es prerequisite para trabajos de escala, control de procesos, optimización, evaluaciones, planificaciones y diagnósticos en las industrias e instituciones.	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 4			19	9.5
10	Desarrollo		Este proceso es cíclico, y dependerá de la satisfacción de los requisitos planteados.	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 4		Estudio de la situación real, elaboración de un modelo matemático, solución del modelo; validación del modelo	13	6.5
11	Desarrollo		Se muestran en pantalla referencias de la modelización matemática en el entorno fisicoquímico.	Integración	Integración de presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 4		«Lógica básica adaptada a términos generales», descrita por Rice & Duong, para el trabajo con formulaciones de problemas fisicoquímicos.	13	6.5
12	Transición		La primera fase es el Estudio de la situación real	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 4	Estudio de la situación real		10	5
13	Desarrollo		planteando la problemática de estudio desde un lenguaje específico.	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 4			9	4.5
14	Transición		Se sugiere	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 4			2	1
15	Desarrollo		Realizar bocetos mentales y escritos del sistema.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 7		Diagramación de sistema	7	3.5
16	Desarrollo		Identificar detalles críticos como variables, geometría y leyes.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 7		Identificación de especificaciones	8	4
17	Desarrollo		Seleccionar detalles relevantes, como tendencias de operación e interrogantes primarias	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 7		Análisis de variables	10	5
16	Desarrollo		Identificar detalles críticos como variables, geometría y leyes.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 7		Identificación de especificaciones	8	4
17	Desarrollo		Seleccionar detalles relevantes, como tendencias de operación e interrogantes primarias	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 7		Análisis de variables	10	5
18	Desarrollo		Definir objetivos, exactitud deseada y alcance del modelo.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 7		Definición de objetivo y alcance	8	4
19	Transición		La segunda fase es la Elaboración del modelo matemático	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 9	Elaboración de un modelo matemático		9	4.5
20	Desarrollo		Donde se aborda la invención de relaciones de enlace, expresando fenómenos de estudio en lenguaje matemático. See integra:	Integración	presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 9			18	9
21	Desarrollo		Experiencias previas o similares	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 9		Análisis de resultados previos	4	2
22	Desarrollo		Formulación de hipótesis, supuestos de mecanismos, principios fisicoquímicos, y selección de variables dependientes e independientes.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 9		Formulación de modelo conceptual	15	7.5
23	Transición		Al fortalecer la comprensión de los comportamientos esperados de los fenómenos involucrados, se identifican leyes determinantes de la situación real y la complejidad matemática del modelo adecuado.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 10			27	13.5
24	Desarrollo		Se puede definir tipo de datos a necesitar, como constantes, funciones, restricciones y otras relaciones expresadas como ecuaciones, inecuaciones u otra relación matemática.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 10		Formulación de modelo matemático	23	11.5
25	Desarrollo		Los tipos de datos a necesitar serán utilizados tanto para la construcción del modelo como para la validación del mismo.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 11		Constantes físicas, funciones dependientes o independientes.	20	10

## Continuación apéndice 2.

26	Desarrollo	Se definen pruebas y márgenes de error, acompañado del alcance de las hipótesis.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 11		Hipótesis	13	6.5
27	Desarrollo	Y se hace referencia a modelos matemáticos existentes.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 11		Modelos lineales y no lineales; modelos con estados estacionarios y estados transitorio; modelos con parámetros agrupados y parámetros distribuidos; modelos con variables continuas y variables discretas; modelos empíricos	8	4
28	Desarrollo	Además se diseña un método de recolección de datos, revisando la congruencia de los datos a obtener con los conceptos primarios fisicoquímicos.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 11		Método de recolección de datos	22	11
29	Transición	La tercera etapa es la Solución del modelo	Integración	Integración por presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 13	Solución del modelo		8	4
30	Desarrollo	Previo a la obtención de resultados,	Integración	Integración por presentación de José Andrés Valenzuela Molina y Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 13			6	3
31	Desarrollo	Se definen volúmenes control finitos o diferenciales y tiempos de análisis en caso de necesitar modelos transicionales.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 13		Establecimiento de base control	17	8.5
32	Desarrollo	Se integran ecuaciones relacionadas y leyes de conservación.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 13		Generación de relaciones de enlace.	8	4
33	Desarrollo	Y se comienza a satisfacer las condiciones del problema planteado.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 13		Generación de resultados.	10	5
34	Transición	Al obtener los resultados, se inicia la Validación del modelo	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 14	Validación del modelo		10	5
35	Desarrollo	Esta fase engloba criterios de evaluación, comparación con la información conocida y resoluciones externas. La revisión de la calidad del modelo,	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 15		Revisión de calidad de modelo / Revisión de escenario	21	10.5
36	Desarrollo	dependerá de los criterios del proyecto, como la exactitud, el realismo, la precisión, la robustez y la generalidad del modelo.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 16		Exactitud, semejanza a tendencia deseada; realismo descriptivo, fundamentado en suposiciones correctas; precisión, teniendo números definidos; robustez, aumentando la inmutabilidad de errores; generalidad, siendo aplicable a otras situaciones; fructífero, permitiendo conclusiones aplicables o inspiraciones a nuevos desarrollos.	20	10
37	Desarrollo	La revisión del escenario será la etapa concluyente de aceptación o rechazo del modelo,	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 17		Revisión de escenario	14	7
38	Desarrollo	considerando si deben revisar etapas previas, replantear hipótesis o verificar agentes externos que influya en los resultados.	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 17		Revisión de componentes modelo; ajuste de parámetros; correcciones, aproximaciones de cálculo; replantamiento de hipótesis; Rechazo de modelo pero aceptando que es el adecuado para el análisis del fenómeno; revisión de agentes externos o	17	8.5
39	Transición	Estas cuatro fases integran el ciclo de la modelización matemática	Diapositiva	Diapositivas de "Modelización Matemática", No. 18			10	5
40	Desarrollo	En el video titulado Equipo Boyle Méndez, podremos observar la aplicación sencilla de esta metodología.	Escena	Captura de Equipo Boyle Méndez y Diapositiva de "Modelización Matemática", No. 18			15	7.5
41	Desenlace	Finalizamos esta experiencia instructiva para todos los usuarios del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			17	8.5
42	Desenlace	Agradezco a todos los asesores, colaboradores y familiares que han apoyado en la creación de estos videos.	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			17	8.5
43	Créditos		Créditos				1	5

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Guionización – Metodologías de evaluación**

<b>Sección</b>	<b>Sumatoria</b>
Escenas totales	52
Escenas totales de introducción, desenlace y créditos	4
Escenas totales de transición	9
Escenas totales de desarrollo	34
Escenas totales con diapositivas	22
Escenas totales con video	0
Escenas totales con diapositivas y video (integración)	21
Cantidad de palabras en audio	814
Cantidad de tiempo estimado (minutos)	6,86

### Continuación apéndice 3.

Ecoses de introducción, desarrollo y cierre		Ecoses de transición		Ecoses de desarrollo		Cantidad de ecoses con diapositiva	Cantidad de ecoses con video	Cantidad de ecoses con dispositivo y video (integración)	Cantidad total de palabras del texto	Tiempo total calculado
4		3		34		22	0	21	314	6,86
Escena	Sección	Audio	Sonido	Imagen (Diapositiva o)	Descripción de Imagen	Título en Imagen	Texto en Imagen	Cantidad de palabras	Tiempo (s) calculado	
1	Introducción		¡Bienvenidos! Soy José Andrés Valenzuela, estudiante de Ingeniería química de la Universidad de San Carlos de Guatemala y	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			18	9	
2	Introducción		creador de esta experiencia instructiva para los estudiantes del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería.	Integración	Colocación de escena de Laboratorio de Físicoquímica y presentación de José Andrés Valenzuela Molina.	Trabajo de investigación: DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FÍSICOQUÍMICA 1 DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Estudiante: José Andrés Valenzuela Molina; Asesor: César Ariel Villala Rodas; Asesor externo: José Antonio Quiroa Mendoza	17	8.5	
3	Introducción		En seguida se presentan las metodologías frecuentes para la evaluación del estudiante durante el desarrollo del curso.	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			17	8.5	
4	Introducción		Se considera la organización previa, durante y posterior a las prácticas experimentales, para brindar una breve perspectiva evaluativa. Iniciamos.	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			19	9.5	
5	Transición		El área de fisicoquímica,	Integración	Grabación del laboratorio de fisicoquímica y Diapositiva 2 de "Metodologías de evaluación"			4	2	
6	Desarrollo		es el equipo académico intermediario entre los estudiantes, el laboratorio experimental y la formación teórica y práctica en fundamentos básicos fisicoquímicos.	Integración	Diapositiva 2 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			21	10.5	
7	Desarrollo		Entre sus objetivos, destacan la transmisión de conocimientos de fisicoquímica, termodinámica y cinética de procesos,	Integración	Diapositiva 3 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			15	7.5	
8	Desarrollo		La comprobación experimental de fenómenos propuestos	Integración	Diapositiva 3 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			6	3	
9	Desarrollo		Y el análisis de las variables involucradas a través la observación, métodos numéricos y criterios estadísticos.	Integración	Diapositiva 3 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			16	8	
10	Desarrollo		La transmisión de las instrucciones adecuadas permitirán las futuras aplicaciones en equipos industriales, en especial aquellos que abarcan transferencias de calor y masa, condiciones de irreversibilidad, equilibrios y cinética de reacciones.	Integración	Diapositiva 4 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			31	15.5	
11	Desarrollo		Todo el abanico de enseñanza que se brinda durante los cursos de fisicoquímica, es aplicado en las prácticas experimentales grupales, teniendo en cuenta el análisis e interpretación de resultados, extrayendo conclusiones y elaborando	Escena	Grabación del laboratorio de fisicoquímica.			33	16.5	
12	Desarrollo		informes técnicos fundamentados en observaciones de modelos matemáticos y fenómenos propuestos.	Diapositiva	Diapositiva 5 de "Metodologías de evaluación"			11	5.5	
13	Desarrollo		La estructura evaluativa considera la organización	Integración	Diapositiva 5 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			6	3	
14	Transición		previa	Integración	Diapositiva 5 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			1	0.5	
15	Transición		durante	Integración	Diapositiva 5 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			1	0.5	
16	Transición		y posterior de la recolección de datos.	Integración	Diapositiva 5 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			7	3.5	
17	Desarrollo		En la primera fase	Integración	Diapositiva 6 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Preparación		4	2	
18	Desarrollo		únicamente se encuentra la elaboración de los pre-reportes	Integración	Diapositiva 6 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Pre-reportes		8	4	
19	Desarrollo		siendo este un documento escrito sobre los procedimientos para realizar un experimento, tomando en cuenta el diseño de recolección de datos y el análisis de los resultados a obtener	Diapositiva	Diapositiva 6 de "Metodologías de evaluación"			29	14.5	
20	Desarrollo		La estructura de este informe está relacionada con siete fases del método científico y con tres fases del concepto de modelización matemática	Diapositiva	Diapositiva 6 de "Metodologías de evaluación"			22	11	
21	Desarrollo		Por ejemplo, la sección de justificación, que es el enlace de conceptos, procedimientos y resultados requeridos para enfatizar el valor de los hallazgos futuros del desarrollo de la investigación, está estrechamente relacionado con el inicio de generación de enlaces, aportes e implicancias del fenómeno en estudio, promoviendo la revisión profunda de fundamentos que permitan realizar ajustes a las propuestas empíricas que se plantean.	Diapositiva	Diapositiva 7 de "Metodologías de evaluación"			63	31.5	
22	Desarrollo		En la fase de desarrollo	Integración	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Fase de desarrollo		5	2.5	
23	Transición		Se sitúan dos actividades simultáneas:	Integración	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			5	2.5	
24	Desarrollo		La realización de la práctica experimental	Integración	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			6	3	

### Continuación apéndice 3.

25	Desarollo	Y las buenas prácticas de laboratorio.	Integración	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			6	3
26	Desarollo	Ambas relacionadas con la fase de recolección de datos del proceso de investigación cuantitativa, aplicando instrumentos estandarizados para la obtención de resultados en la experimentación.	Diapositiva	Diapositiva 8 de "Metodologías de evaluación" y fotografía del laboratorio (de práctica de Equilibrio o de Equipo Boyle-Méndez).			25	12.5
27	Desarollo	Respecto al concepto de modelización matemática, los datos recolectados servirán para la fase de solución de modelo.	Diapositiva	Diapositiva 8 de "Metodologías de evaluación" y fotografía del laboratorio (de práctica de Equilibrio o de Equipo Boyle-Méndez).			17	8.5
28	Desarollo	Se espera que el estudiante sea capaz de aplicar sus conocimientos teóricos para obtener los resultados esperados, integrando las buenas prácticas de laboratorio.	Diapositiva	Diapositiva 9 de "Metodologías de evaluación" y fotografía del laboratorio (de práctica de Equilibrio o de Equipo Boyle-Méndez).			23	11.5
29	Desarollo	Es importante saber que al detectarse ausencia de conocimientos teóricos, falta de estrategias prácticas o comportamiento inadecuado durante la etapa del desarrollo, existen sanciones que penalizan al estudiante, según el gravedad de la falta	Diapositiva	Diapositiva 9 de "Metodologías de evaluación"	Algunas razones de asignación de sanciones		34	17
30	Desarollo	Recordemos que durante las experiencias del laboratorio siempre se realizarán las siguientes acciones	Diapositiva	Diapositiva 10 de "Metodologías de evaluación"			13	6.5
31	Desarollo	Revisión completa del equipo de protección personal	Diapositiva	Diapositiva 10 de "Metodologías de evaluación"			7	3.5
32	Desarollo	Examen corto	Diapositiva	Diapositiva 10 de "Metodologías de evaluación"			2	1
33	Desarollo	Ubicación y toma de cristalería	Diapositiva	Diapositiva 10 de "Metodologías de evaluación"			5	2.5
34	Desarollo	Desarrollo de la práctica	Diapositiva	Diapositiva 10 de "Metodologías de evaluación"			4	2
35	Desarollo	y Limpieza del área	Diapositiva	Diapositiva 10 de "Metodologías de evaluación"			4	2
36	Transición	En la fase posterior a la recolección de datos,	Integración	Diapositiva 11 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Interpretación y divulgación		9	4.5
37	Desarollo	Se redactan reportes, se realizan exámenes y se hacen presentaciones formales sobre los fenómenos fisicoquímicos abarcados.	Integración	Diapositiva 11 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			16	8
38	Transición	Los reportes son documentos escritos que plasman los resultados obtenidos durante la práctica de laboratorio.	Diapositiva	Diapositiva 12 de "Metodologías de evaluación"	Reportes		15	7.5
39	Desarollo	Su estructura se complementa con el pre-reportes, ya que desde allí se han formulado los objetivos, hipótesis y modelos matemáticos que permitirán la correcta interpretación de los resultados.	Diapositiva	Diapositiva 12 de "Metodologías de evaluación"			28	14
40	Desarollo	En estos informes se relacionan dos fases del procedimiento de investigación cuantitativa, ambas orientadas a la observación de los cambios y movimientos generados durante la práctica de laboratorio, que apoyaran la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas en la investigación.	Diapositiva	Diapositiva 12 de "Metodologías de evaluación"	Análisis de datos y divulgación de resultados		41	20.5
41	Desarollo	Respecto al concepto de modelización matemática, se comprende el establecimiento de relaciones de enlace, la revisión de la calidad del modelo propuesto y la revisión del escenario del sistema.	Diapositiva	Diapositiva 12 de "Metodologías de evaluación"	Solución del modelo y validación del modelo		29	14.5
42	Transición	Los exámenes,	Diapositiva	Diapositiva 13 de "Metodologías de evaluación"	Exámenes cortos, parciales y final		2	1
43	Desarollo	Son evaluaciones sobre los conocimientos teóricos y prácticos de los fenómenos fisicoquímicos, procedimientos y estrategias comprendidas para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.	Diapositiva	Diapositiva 13 de "Metodologías de evaluación"			24	12
44	Desarollo	Pueden evaluar: si el estudiante es capaz de desarrollar temas específicos, desarrollar reportes con datos generados, y comunicar de manera estructurada los aportes científicos de las prácticas	Diapositiva	Diapositiva 13 de "Metodologías de evaluación"			29	14.5
45	Transición	Las presentaciones de proyectos	Integración	Diapositiva 14 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Presentaciones		4	2
46	Desarollo	Son exposiciones estructuradas para informar sobre algún tópico asignado por el equipo académico.	Integración	Diapositiva 14 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			13	6.5
47	Desarollo	El objetivo es evaluar criterios de habilidad de comunicación, gestión de información, habilidades para utilizar nuevas tecnologías, trabajo en equipo y otros factores que aportan calidad en la divulgación de resultados.	Diapositiva	Diapositiva 14 de "Metodologías de evaluación"			31	15.5
48	Transición	Entonces, las metodologías evaluativas de los cursos del laboratorio de fisicoquímica, estarán estrechamente relacionadas con el proceso de investigación científica y modelización matemática	Integración	Diapositiva 15 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			23	11.5
49	Transición	Tanto antes, durante y después de las experiencias de laboratorio	Integración	Diapositiva 15 de "Metodologías de evaluación" y presentación de José Andrés Valenzuela Molina			10	5
50	Desenlace	Finalizamos esta experiencia instructiva para todos los usuarios del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería	Escena	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			17	8.5

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Guionización – Equipo Boyle Méndez**

<b>Sección</b>	<b>Sumatoria</b>
Escenas totales	45
Escenas totales de introducción, desenlace y créditos	7
Escenas totales de transición	5
Escenas totales de desarrollo	33
Escenas totales con diapositivas	14
Escenas totales con video	21
Escenas totales con diapositivas y video (integración)	7
Cantidad de palabras en audio	750
Cantidad de tiempo estimado (minutos)	6,25

## Continuación apéndice 4.

Total de escenas	Escenas de introducción, desarrollo y cierre	Escenas de transición	Escenas de desarrollo	Cantidad de escenas con diapositiva	Cantidad de escenas con video	Cantidad de escenas con diapositiva y video (integración)		Cantidad total de palabras del audio	Tiempo total calculado	
45	7	5	33	14	21	7		750	6.25	
Escena	Sección	Audio	Sonido	Imagen (Diapositiva o Escena)	Descripción de Imagen	Título en Imagen	Texto en Imagen	Cantidad de palabras	Tiempo (s) calculado	
1	Introducción	Recess	Bienvenidos! Soy José Andrés Valenzuela, estudiante de Ingeniería química de la Universidad de San Carlos de Guatemala y	Video	Captura de José Andrés Valenzuela Molina en la Rectoría de la Universidad de San			18	9	
2	Introducción	Recess	creador de esta experiencia instructiva para los estudiantes del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería.	Video	Captura de entrada y corredor del laboratorio de fisicoquímica		Trabajo de Investigación: DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1 DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Estudiante: José Andrés Valenzuela Molina; Asesor: César Ariel Villela Rodas; Asesor externo: José Antonio Quiroa Mendoza	17	8.5
3	Transición	Recess			Tiempo de transición			1	0.5	
4	Introducción	Recess	En este video se identificará el procedimiento experimental para determinar las propiedades de estado del aire, a través del Equipo Boyle Méndez. Además revisaremos un ejercicio de modelización matemática aplicado en este equipo.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Equipo Boyle Méndez		33	16.5	
5	Introducción	Recess	Previo a realizar la práctica experimental, asegúrate de utilizar tu equipo de seguridad	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela		Referencia: Video de Cultura de Seguridad	15	7.5	
6	Transición		Los pasos para utilizar el equipo son:	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela			7	3.5	
7	Desarrollo		Colocar equipo sobre superficie plana.	Video	0:00-0:10; segundos de video experimento 1			5	2.5	
8	Desarrollo		Colocar inflador y termómetro de manera cómoda.	Video	0:11-0:25; segundos de video experimento 1			7	3.5	
9	Desarrollo		Mantener abiertas todas las válvulas, exceptuando la válvula número cinco.	Video	0:26-0:34; segundos de video experimento 1			10	5	
10	Desarrollo		Cerrar válvulas número dos y número cuatro.	Video	0:26-0:30; segundos de video experimento 1			7	3.5	
11	Desarrollo		Anotar datos iniciales: presión, temperatura y volumen.	Video	Nombre del instrumento: manómetro, 0:36-0:39; segundos de video experimento 1			7	3.5	
12	Desarrollo		Presionar inflador de forma lenta.	Video	0:34-0:36; segundos de video experimento 1			5	2.5	
13	Desarrollo		Observar desplazamiento de aceite del émbolo B al émbolo A.	Video	0:43-0:46; segundos de video experimento 1			10	5	
14	Desarrollo		Si se genera presión, abrir lentamente la válvula número dos.	Video	0:46-0:59; mantiene la misma escena; ; segundos de video			10	5	
15	Desarrollo		Al alcanzar la presión deseada, cerrar válvula número tres y anotar presión, temperatura y volumen alcanzado.	Video	0:56-1:08; segundos de video experimento 1			16	8	
16	Desarrollo		Si se desea liberar presión, se abre la válvula número tres; seguidamente se abre lentamente la válvula número dos, hasta liberar la presión deseada o alcanzar el volumen deseado.	Video	Repetir del 0:26-0:29; segundos de video experimento 1			29	14.5	
17	Desarrollo		Si han finalizado las repeticiones, se abre la válvula número tres para permitir el flujo de aceite. Además, se libera la presión abriendo la válvula número dos y número cuatro.	Video	Repetir 0:56-1:00, en reversa; ; segundos de video experimento 1			30	15	
18	Desarrollo		Se espera que los émbolos nivelen el volumen de aceite.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela			10	5	
19	Desarrollo		Y se cierran las válvulas número uno y número tres para guardar el equipo.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela			14	7	
20	Transición				Transición			1	0.5	
21	Desarrollo		la aplicación de la modelización matemática para la comprensión del fenómeno físicoquímico	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela			13	6.5	
22	Desarrollo		comienza con el estudio de la situación real.	Diapositiva	Diapositiva 2 de "Equipo Boyle Méndez"	Estudio de la situación real		8	4	
23	Desarrollo		Iniiciando con la diagramación del sistema	Diapositiva	Diapositiva 3 de "Equipo Boyle Méndez" e incorporar escena de toma del equipo Boyle			6	3	
24	Transición		Teniendo en cuenta que posee cinco válvulas, dos émbolos, un manómetro, un compresor manual y un termómetro.	Diapositiva	Diapositiva 3 de "Equipo Boyle Méndez"; Sección Diagramación de sistema de Tabla Estudio de la situación real - Equipo			17	8.5	
25	Desarrollo		Algunas especificaciones del sistema se muestran en la pantalla, como la necesidad de conocer conceptos básicos de la ecuación de estado del gas ideal y del comportamiento de los gases reales.	Integración	Diapositiva 4 de "Equipo Boyle Méndez"; Sección Identificación de especificaciones de Tabla Estudio de la situación real - Equipo Boyle Méndez; ; incorporar a mitad de pantalla la presentación de José Andrés			31	15.5	
26	Desarrollo		Pueden mencionarse las variables de temperatura, presión y volumen, tomando en cuenta el equipo para realizar las mediciones y realizando algunas observaciones de restricciones y posibilidades.	Integración	Diapositiva 5 de "Equipo Boyle Méndez"; Sección Análisis de variables de Tabla Estudio de la situación real - Equipo Boyle Méndez; ; incorporar a mitad de pantalla la presentación de José Andrés Valenzuela			26	13	
27	Desarrollo		Para este video, el objetivo es realizar un análisis del comportamiento del aire a temperatura constante, haciendo cambios de volumen en función de la presión.	Integración	Diapositiva 6 de "Equipo Boyle Méndez"; Sección Definición de objetivo y alcance de Tabla Estudio de la situación real - Equipo Boyle Méndez; ; incorporar a mitad de pantalla la presentación de José			25	12.5	

## Continuación apéndice 4.

28	Desarrollo		Las cuatro secciones anteriores integran la primera fase del proceso de modelización	Integración	Diapositiva 13 de "Modelización matemática" y presentación de José Andrés Valenzuela, mitad			12	6
29	Desarrollo		En seguida se inicia con un análisis de resultados previos o similares, que puedan aportar al caso de estudio.	Integración	Diapositiva 13 de "Modelización matemática" y presentación de José Andrés Valenzuela, mitad	Elaboración de un modelo matemático		19	9.5
30	Desarrollo		En la pantalla se muestra un ejercicio de generación de hipótesis conceptual y la identificación de tipos de variables. En este caso el compuesto de análisis es el aire. Siempre podrán surgir interrogantes como si habrá diferencia entre las tendencias experimentales en el laboratorio y otros modelos empíricos o	Diapositiva	Sección Formulación de modelo conceptual de Tabla Elaboración de un modelo matemático - Equipo Boyle Méndez; Diapositiva 7 y 8 de "Equipo Boyle Méndez";			53	26.5
31	Desarrollo		Para la formulación del modelo matemático, cabe destacar que es necesario definir los tipos de datos a necesitar, desde definir constantes, rangos y otros factores influyentes.	Diapositiva	Sección Formulación de modelo matemático de Tabla Elaboración de un modelo matemático - Equipo Boyle Méndez; Diapositiva 9 de "Equipo Boyle Méndez";			26	13
32	Desarrollo		Las pruebas de hipótesis permitirán acercarse a responder al objetivo primario: conocer el comportamiento experimental y comparar con otros modelos propuestos. Para ello debe tomarse en cuenta la estadística implicada, como ANOVA, coeficientes de correlación, de confianza y otras propuestas de análisis estadístico, como con el análisis de los resultados obtenidos.	Diapositiva	Sección Formulación de modelo matemático de Tabla Elaboración de un modelo matemático - Equipo Boyle Méndez; Diapositiva 10 y 11 de "Equipo Boyle Méndez";			51	25.5
33	Desarrollo		Existen modelos propuestos que pueden utilizarse, según los criterios del investigador.	Diapositiva	Sección Formulación de modelo matemático de Tabla Elaboración de un modelo matemático - Equipo Boyle Méndez; Diapositiva 10 y 11 de "Equipo Boyle Méndez";			11	5.5
34	Desarrollo		En el diseño del método de recolección de datos debe contemplarse el área de anotación para las variables requeridas, como la presión, temperatura y volumen.	Diapositiva	Sección Diseño de método de recolección de datos de Tabla Elaboración de un modelo matemático - Equipo Boyle Méndez; Diapositiva 12 de "Equipo Boyle Méndez";			25	12.5
35	Desarrollo		Para la solución del modelo matemático,	Integración	Diapositiva 13 de "Modelización matemática" y presentación de José Andrés Valenzuela, mitad	Solución del modelo matemático		6	3
36	Desarrollo		es necesario establecer una base control para iniciar la generación de relaciones de enlace	Diapositiva	Diapositiva 13 de "Equipo Boyle Méndez"			14	7
37	Desarrollo		La base control puede incluir volumen inicial para cada corrida, condiciones de presión y	Diapositiva	Diapositiva 13 de "Equipo Boyle Méndez"			15	7.5
38	Desarrollo		Una recomendación es llevar los resultados teóricos según las propuestas de ecuaciones para comparar los resultados experimentales el día de la experiencia en el laboratorio.	Diapositiva	Diapositiva 13 de "Equipo Boyle Méndez"			25	12.5
39	Transición			Integración	Diapositiva 13 de "Modelización matemática" y presentación de José Andrés Valenzuela, mitad			1	0.5
40	Desarrollo		Los criterios de validación de un modelo matemático dependerá del investigador, del equipo y del alcance que se espera, evaluando exactitud, de realismo descriptivo, de precisión, de robustez y de generalidad para los resultados del Equipo Boyle Méndez.	Diapositiva	Diapositiva 14 de "Equipo Boyle Méndez"	Validación del modelo matemático		38	19
41	Desarrollo		Dependiendo de los criterios, como el cumplimiento de las hipótesis conceptuales y estadísticas propuestas, se procede a la	Diapositiva	Diapositiva 15 de "Equipo Boyle Méndez"			23	11.5
42	Desarrollo		El rechazo del modelo permitirá reiniciar el ciclo de modelización matemática, teniendo en cuenta resultados de experiencias previas.	Diapositiva	Diapositiva 15 de "Equipo Boyle Méndez"			18	9
43	Desenlace	Recess	Finalizamos esta experiencia instructiva para todos los usuarios del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			17	8.5
44	Desenlace	Recess	Agradecemos a todos los asesores, colaboradores y familiares que han apoyado en la creación de estos videos.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			17	8.5
45	Créditos	Recess		Créditos				1	0.5

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Guionización – ELV**

<b>Sección</b>	<b>Sumatoria</b>
Escenas totales	54
Escenas totales de introducción, desenlace y créditos	4
Escenas totales de transición	4
Escenas totales de desarrollo	37
Escenas totales con diapositivas	4
Escenas totales con video	38
Escenas totales con diapositivas y video (integración)	1
Cantidad de palabras en audio	858
Cantidad de tiempo estimado (minutos)	7.23

## Continuación apéndice 5.

Total de escenas	Escenas de introducción, desenlace y créditos	Escenas de transición	Escenas de desarrollo	Cantidad de escenas con diapositiva	Cantidad de escenas con video	Cantidad de escenas con diapositiva y video (integración)		Cantidad total de palabras del audio	Tiempo total calculado
54	4	4	37	4	38	1		959	7.23
Escena	Sección	Audio	Sonido	Imagen (Diapositiva o Escena)	Descripción de Imagen	Título en Imagen	Texto en Imagen	Cantidad de palabras del audio	Tiempo (s) calculado
1	Introducción	Recess	¡Bienvenidos! Soy José Andrés Valenzuela, estudiante de Ingeniería química de la Universidad de San Carlos de Guatemala y	Video	Captura de José Andrés Valenzuela Molina en la Rectoría de la Universidad de San Carlos de			18	9
2	Introducción	Recess	creador de esta experiencia instructiva para los estudiantes del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería.	Video	Captura de entrada y corredor del laboratorio de fisicoquímica	Trabajo de investigación: DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOS INSTRUCTIVOS PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 1 DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Estudiante: José Andrés Valenzuela Molina; Asesor: César Ariel Villela Rodas; Asesor externo: José Antonio Quiroa Mendoza	17	8.5
	Transición	Recess			Tiempo de transición				
3	Introducción	Recess	En este recurso videográfico se presentará el procedimiento para realizar la práctica experimental del equilibrio de fases líquido vapor de una mezcla de cloroformo y acetona.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			26	13
4	Introducción	Recess	Previo a realizar la práctica experimental, asegúrate de utilizar tu equipo de seguridad completo. Iniciemos	Video	Video experimento 2; 5:32-5:50		Referencia: Video de Cultura de Seguridad	15	7.5
5	Transición		En el sistema de destilación seleccionado,		Tiempo de transición		Referencia: VILLELA, C., <i>Optimización de los Recursos Ambiental-Energéticos en el Laboratorio de Fisicoquímica utilizando un Círculo de Producción Ecológica (CPE) en el Área de Fisicoquímica, FIUSAC</i> , Junio 2019.	6	3
6	Desarrollo		se tratará una mezcla azeotrópica de cloroformo acetona, para la obtención de datos necesarios en la construcción de su diagrama de fases.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			22	11
7	Desarrollo		El procedimiento básico integra: armar el equipo de destilación, limpiar el sistema completo de destilación, destilar la sustancia base y enriquecer la sustancia base	Diapositiva	Diapositiva 2 de "Equilibrio ..."		Armar equipo de destilación; Limpiar sistema de destilación; Destilar sustancia base; Enriquecer sustancia base	24	12
8	Desarrollo		Para armar el equipo de destilación,	Diapositiva	Diapositiva 3 de "Equilibrio ..."	Armar equipo de destilación		6	3
9	Desarrollo		se ubica toda la cristalería, equipo, material descartable y material reusable a necesitar.	Video	Diapositiva 3 de "Equilibrio ..."		Indicación 1	13	6.5
10	Desarrollo		La cristalería necesaria es: beaker o recipiente para calentamiento, balón de tres bocas, condensador tipo recto, tubo corto conector de tres cuellos y tubo largo conector de tres cuellos, condensador de tipo bolas, ampolla de condensación, probeta y tubo de escape.	Video	Imágenes de equipo y cristalería.			41	20.5
11	Desarrollo		Se necesitarán soportes de metal, pinzas de soporte, estufa eléctrica, bomba recirculadora, hielera y termómetro de mercurio	Video	Imágenes de equipo y cristalería.			17	8.5
12	Desarrollo		El papel parafilm y glicerina serán los materiales descartables	Video	Imágenes de equipo y cristalería.			9	4.5
13	Desarrollo		El gel enfriador, el tapón de hule y las tuberías de hule para la circulación del agua serán los materiales reusables.	Video	Imágenes de equipo y cristalería.			21	10.5
14	Desarrollo		Se asegura el funcionamiento del medio de calentamiento	Video	Video Experimento 2; 0:00-0:07		Indicación 2	8	4
15	Desarrollo		Se aseguran las conexiones, iniciando con la colocación de soportes universales	Video	Colocación de soportes universales. Video Experimento 2; 0:08-0:10		Indicación 3	11	5.5
16	Desarrollo		Se coloca el beaker en la estufa eléctrica	Video	Colocación de estufa eléctrica. Video Experimento 2; 0:10-0:16		No iniciar calentamiento.	8	4
17	Desarrollo		Se agrega el aceite o medio de calentamiento en beaker.	Video	Colocación de aceite en recipiente de metal. Video experimento 2; 0:16-0:25			10	5
18	Desarrollo		Todos las conexiones de vidrio deben de untarse con glicerina, previo a la conexión con otra cristalería	Video	Colocación de glicerina en cristalería; Video Experimento 2; 0:44-1:01 & 1:26-1:38			10	5
19	Desarrollo		Se coloca el balón de tres bocas dentro de beaker.	Video	Colocación de balón en recipiente de metal. Video Experimento 2; 0:25-0:35		Asegurarlo a través del soporte universal.	17	8.5
20	Desarrollo		Se coloca el condensador de tipo recto seguido de la abertura izquierda del balón de tres bocas	Video	Colocación de condensador sobre balón de tres bocas. Video Experimento 2; 0:35-0:44 & 1:01-1:11		Asegurarlo a través del soporte universal.	9	4.5
21	Desarrollo		Deben ajustarse los espacios y alturas según las variables de tamaños y volúmenes de la cristalería a utilizar.	Video	Colocación de caja y acercamiento de pletas. Video Experimento 2; 1:12-1:25				
26	Desarrollo		Se coloca el tubo largo conector de tres cuellos sobre el cuello de salida del condensador de tipo recto y sobre el cuello de salida del tubo corto conector de tres cuellos.	Video	Se coloca el tubo largo conector sobre las posiciones indicadas; Video experimento 2; 1:38-1:46		Asegurarlo a través del soporte universal.	32	16
23	Desarrollo		Seguido a la ampolla, se coloca el tubo corto conector de tres cuellos.	Video	Colocación de tubo corto conector de tres cuellos sobre la ampolla Video Experimento 2; 1:48-2:24			13	6.5
22	Desarrollo		Se coloca la ampolla de condensación en soporte universal	Video	Colocación de ampolla con las pinzas en soporte universal; Video Experimento 2; 2:25-2:46			13	6.5

## Continuación apéndice 5.

24	Desarrollo	Se asegura el espacio suficiente para la colocación de la probeta debajo de la ampolla de condensación	Video	Colocación de probeta debajo de la ampolla; Video Experimento 2, 2:46			17	8.5
25	Desarrollo	Se coloca el condensador de tipo bolas sobre cuello curvo de tubo corto conector de tres cuellos	Video	Colocación de condensador de tipo bolas; Video Experimento 2, 2:59-3:08			17	8.5
27	Desarrollo	Se colocan los tapones de vidrio y hule, junto al termómetro.	Video	Se colocan todos los sellos. Video experimento 2, 4:33-5:12; tratar de acelerar (menos segundos mismas acciones) y de colocar en simultáneo con		Ajustar termómetro según rango de temperaturas esperadas.	11	5.5
28	Desarrollo	Se aseguran todas las conexiones de vidrio con papel parafilm	Video	Colocación de papel parafilm en al menos tres piezas de vidrio. 3:43-4:29; probar acelerar del minuto 3:43-4:06; continuar normal con 4:07-4:15 y tratar de colocar en simultáneo del 4:15-4:19 con 4:19-4:23, 4:23-4:29.			10	5
29	Desarrollo	Se coloca el equipo de circulación de agua, incluyendo las mangueras y el gel.	Video	Colocación de sistema. Video experimento 2, 3:11-3:42			14	7
30	Desarrollo	Se realiza la prueba de circulación de agua.	Video	Se realiza la prueba de circulación. Video experimento 2, 5:22-5:27 &		Recordar: contraflujo, no flujo paralelo.	8	4
31	Desarrollo	Si se selecciona cloroformo como sustancia base y acetona como sustancia de enriquecimiento, el proceso de destilación comienza	Integración	Diapositiva 4 de "Equilibrio ..." en conjunto con el Video experimento 2, 5:52-5:57	Proceso de destilación		18	9
32	Desarrollo	Al tomar 150 mL de cloroformo	Video	Procedimiento de tomar muestra de cloroformo. Video experimento 2, 5:57-6:51			6	3
33	Desarrollo	Se colocan 75 mL de cloroformo en balón de tres bocas.	Video	Procedimiento de tomar muestra de cloroformo. Video experimento 2, 5:57-6:51			11	5.5
34	Desarrollo	Se inicia el calentamiento del balón de tres bocas hasta obtener entre 5 a 10 mL de destilado.	Video	Repetir el procedimiento de forma rápida, indicando el texto de apoyo. Video experimento 2, 6:51-7:32; dejar completa la sección.		Obtención de destilado entre 5 a 10 mL	18	9
35	Transición	Se detiene el calentamiento.	Video	Video experimento 2, 6:51-6:53 en reversa		Detener calentamiento	4	2
36	Desarrollo	Se anota la temperatura de ebullición.	Video	Video experimento 2, 6:51-6:55 en reversa			6	3
37	Desarrollo	Se espera a que enfrie el sistema, al menos 10°C debajo del punto de ebullición obtenido.	Video	Video experimento 2, 7:01-7:05 en reversa		Diferencia de 10°C del punto de ebullición obtenido.	16	8
38	Desarrollo	Se extrae 5 mL de remanente, 5 mL de destilado y se coloca en tubos de ensayo	Video	Obtención de muestras de destilado. 7:36-7:51			17	8.5
39	Desarrollo	El sobrante se regresa al balón de tres bocas.	Video	Obtención de muestras de destilado. 7:36-7:51			9	4.5
40	Desarrollo	Se mide la densidad de cada muestra al llega a temperatura ambiente.	Diapositiva	Obtención de muestras de destilado. 7:36-7:51		No olvidar la correcta identificación de cada muestra (nombre, fecha, contenido)	12	6
41	Transición	Recordando que la acetona es la sustancia de enriquecimiento	Diapositiva	Diapositiva 6 de "Equilibrio ..." en conjunto con Video experimento 2, 7:52-8:23	Enriquecimiento de sustancia base		9	4.5
42	Desarrollo	Se agrega 10 mL de acetona al balón de tres bocas.	Video	Diapositiva 6 de "Equilibrio ..." en conjunto con Video experimento 2, 7:52-8:23			11	5.5
43	Desarrollo	Se reinicia el calentamiento, hasta obtener de nuevo un volumen de destilado entre 5 a 10 mL.	Video	Repetir forma rápida desde 7:06-7:20		¡Cuidado! Utilizar siempre el equipo de protección personal completo.	17	8.5
44	Desarrollo	Al obtener el volumen deseado, se toma la lectura de temperatura de ebullición, se deja enfriar y se toman las muestras de remanente y destilado.	Video	Repetir forma rápida desde 7:06-7:20			25	12.5
45	Desarrollo	Debe enfriarse el equipo para continuar con el procedimiento de enriquecimiento. Y se aconseja no excederse de 10 procesos de enriquecimiento.	Diapositiva	Diapositiva 5 de "Equilibrio ..."		Diferencia de 10°C del punto de ebullición obtenido.	21	10.5
46	Transición	Cuando el proceso de enriquecimiento de acetona en cloroformo haya finalizado, se inicia un proceso de limpieza.	Integración	Diapositiva 6 de "Equilibrio ..." en conjunto con presentación de José Andrés Valenzuela Molina	Limpieza de equipo		17	8.5
47	Transición	Puede realizarse al retirar del sistema el volumen remanente. Se agrega 75 mL de agua destilada, se inicia el calentamiento hasta obtener 25 mL de destilado.	Integración	Diapositiva 4 de "Equilibrio ..." en conjunto con presentación de José Andrés Valenzuela Molina			26	13
48	Desarrollo	Al limpiar el sistema, se realiza el proceso de destilación de nuevo, tomando en cuenta que ahora la acetona es la sustancia base y el cloroformo es la sustancia de enriquecimiento.	Diapositiva	Diapositiva 2 de "Equilibrio ..."			31	15.5
49	Desarrollo	Es decir que se empezará con 75 mL de acetona en el balón de tres bocas, y se irán introduciendo muestras de 10 mL de cloroformo conforme el proceso de enriquecimiento.	Diapositiva	Diapositiva 2 de "Equilibrio ..."		75 mL de acetona; 10 mL de cloroformo	31	15.5
50	Desarrollo	En seguida se presenta un resumen del procedimiento descrito: desde armar el equipo, haciendo énfasis en la colocación de conexiones y aseguramiento, hasta la limpieza del sistema de destilación previo y/o posterior a utilizarlo.	Diapositiva	Diapositiva 3-6 de "Equilibrio ..."		ARMAR EQUIPO DE DESTILACIÓN: Identificación de secciones de sistema; Obtención y ubicación de cristalería, equipo, material descartable y material reusable; Prueba de funcionamiento de medio de calentamiento; Colocación de conexiones y aseguramiento; Prueba de funcionamiento de circulación de agua. LIMPIEZA DE SISTEMA DE DESTILACIÓN: Desechar muestras anteriores (si aplica); Colocar 75 mL de agua destilada en balón de tres bocas e iniciar calentamiento; Obtener 15 mL de destilado; Detener calentamiento y desechar 25 mL de destilado; Repetir procedimiento a consideración, iniciando con un volumen de agua destilada de 75 mL.	34	17

Continuación apéndice 5.

51	Desarrollo		El proceso de destilación se ha demostrado anteriormente. Es importante siempre utilizar el equipo de protección personal completo durante toda la práctica. Es aconsejable determinar cuál será la sustancia base y cuál la sustancia de enriquecimiento previo a la práctica experimental.	Diapositiva	Diapositiva 3-6 de "Equilibrio ..."		PROCESO DE DESTILACIÓN: Definir sustancias base y de enriquecimiento; Colocar 75 mL de sustancia base en balón de tres bocas e iniciar calentamiento; Obtener temperatura de ebullición y detener calentamiento; Tomar muestras de remanente (5 mL) y destilado (5mL), y regresar sobrante al balón de tres bocas; Medir densidad de muestras de remanente y destilado. ENRIQUECIMIENTO DE SUSTANCIA BASE; Mantener volumen constante; agregar 0 mL de sustancia de enriquecimiento a balón de tres bocas e iniciar calentamiento.; Obtener temperatura de ebullición y detener calentamiento; Tomar muestras de remanente (5mL) y destilado (5 mL) y regresar sobrante al balón de tres bocas. Medir densidad de muestras de remanente y destilado; Repetir enriquecimiento de sustancia base hasta acercarse a densidad de sustancia base (máximo 10 enriquecimientos).	41	20.5
52	Desenlace	Recess	Finalizamos esta experiencia instructiva para todos los usuarios del laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			17	8.5
53	Desenlace	Recess	Agradecemos a todos los asesores, colaboradores y familiares que han apoyado en la creación de estos videos.	Video	Presentación de José Andrés Valenzuela Molina			17	8.5
54	Créditos	Recess		Créditos				1	5

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 6. Diapositivas de apoyo – Cultura de seguridad



EPP. Plan de contingencia general. Uso de extintor

**CONDICIONES SEGURAS**

- **OIT**  
Organización Internacional del Trabajo, Naciones Unidas
- **INSST**  
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, España
- **NIOSH**  
Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, Estados Unidos
- **Acuerdo Gubernativo**  
229-2014 y sus reformas, Guatemala

**Equipo de Protección Personal**

Tipos

Colocación

Protección

**Plan de contingencia**

Indicaciones generales

Ruta de evacuación

Uso de extintor

**Sismos**

**Incendios**

**T**IRAR  
**A**PUNTAR  
**P**RESIONAR  
**E**SPARCIR

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 7. Diapositivas de apoyo – Modelización matemática

VIDEO NO. 2

### MODELIZACIÓN MATEMÁTICA

Estructura evaluativa, método científico, modelización matemática

“

Proceso gestor de cambio y de contextualización (...), una filosofía de trabajo (...), de la realidad hacia el modelo y del modelo a la realidad

MENDIBLE & ORTIZ

### ¿Ingeniería Química?

CONTROL DE PROCESOS, OPTIMIZACIÓN, DIAGNÓSTICOS, PLANIFICACIONES

#### LÓGICA BÁSICA ADAPTADA A TÉRMINOS GENERALES

Rice & Doung  
Formulaciones de problemas fisicoquímicos.

#### DESCRIPCIÓN DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA

Aders Rasmouson, Beng Andersson, Louise Olsson & Ronnie Andersson  
Mathematical Modelin In Chemical Engineering

Concepto

#### ESTUDIO DE LA SITUACIÓN REAL

- Diagramación de sistema.
- Identificación de especificaciones.
- Análisis de variables.
- Definición de objetivo y alcance.

#### ELABORACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO

- Análisis de resultados previos.
- Formulación de modelo conceptual.
- Formulación de modelo matemático.

#### Formulación de modelo matemático

- **Constantes físicas**  
Funciones dependientes o independientes.
- **Hipótesis**
- **Modelos propuestos**  
Lineales, Estacionarios, Variables continuas, Modelos empíricos.

#### ELABORACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO

- Análisis de resultados previos.
- Formulación de modelo conceptual.
- Formulación de modelo matemático.
- Diseño de método de recolección de datos

#### SOLUCIÓN DEL MODELO

- Establecimiento de base control
- Generación de relaciones de enlace
- Generación de resultados

#### VALIDACIÓN DEL MODELO

- Revisión de calidad de modelo.
- Revisión de escenario.

#### Revisión de calidad de modelo

- Exactitud: semejanza a tendencia deseada
- Realismo descriptivo: fundamento en suposiciones correctas
- Precisión: números definidos
- Robustez: aumento de inmunidad de errores
- Generalidad: aplicabilidad a otras situaciones
- Fructífero: inspiración a nuevos desarrollos

#### Revisión de escenario

- Rechazo completo de modelo:
  - Ajuste de parámetros
  - Correcciones
  - Aproximación de cálculo
  - Replanteamiento de hipótesis
- Rechazo de modelo pero aceptación de que es el adecuado para el análisis del fenómeno:
  - Revisión de agentes externos
  - Información asumida

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 8. Diapositivas de apoyo – Metodologías de evaluación

### Desarrollo

**Estructura**

- Realización de prácticas experimentales
- Buenas prácticas de laboratorio

**Inv. Cuantitativa**

- Recopilación de datos

**M. Matemática**

- Solución del modelo

### Área de fisicoquímica

- Equipo intermedio
- Transmisión de conocimientos
- Comprobación experimental
- Análisis de datos

### Interpretación & divulgación

**Estructura**

- Reportes
- Exámenes cortos, exámenes parciales y examen final
- Presentaciones

**Inv. Cuantitativa**

- Análisis de datos
- Divulgación de resultados

**M. Matemática**

- Solución del modelo
- Validación del modelo

- PREPARACIÓN pre-reportes
- DESARROLLO prácticas de laboratorio
- INTERPRETACIÓN & DIVULGACIÓN reportes, evaluaciones y presentaciones

### Estructura evaluativa

Estructura evaluativa		Método científico	Modelización matemática
Preparación (Reporte)		01-07	01-03
Método científico		01-07	01-03
Modelización matemática		01-07	01-03
01	01	02	03
02	02	03	04
03	03	04	05
04	04	05	06
05	05	06	07
06	06	07	08
07	07	08	09
08	08	09	10

### Pre Reporte Justificación

**Investigación cuantitativa**

- Idioma
- Planteamiento del problema
- Literatura y marco teórico
- Alcance

**Modelización matemática**

Elaboración de un modelo matemático

### Estructura evaluativa

Estructura evaluativa		Método científico	Modelización matemática
Desarrollo		08	03
Método científico		08	03
Modelización matemática		08	03
08	08	03	04
09	09	04	05
10	10	05	06

### Razones de penalización

- Ausencia de conocimientos
- Falta de estrategias prácticas
- Inadecuado comportamiento

- Ausencia de limpieza
- Agitación no adecuada
- Incorrecto uso de EPP
- Entregas fuera de tiempo

### Relación de la estructura evaluativa con la investigación cuantitativa y la modelización matemática

Estructura evaluativa		Método científico	Modelización matemática
Desarrollo		08	03
Método científico		08	03
Modelización matemática		08	03
08	08	03	04
09	09	04	05
10	10	05	06

### Reportes

- Metodología de cálculo
- Datos calculados
- Análisis de error

**Investigación cuantitativa**

- Análisis de datos
- Divulgación de resultados

**Modelización matemática**

- Solución del modelo
- Validación del modelo

### Exámenes

- Cortos
- Parciales
- Finales

**Preguntas directas**

**Interpretación, conclusiones y resumen de prácticas**

**Presentaciones orales**

### Presentaciones

- Comunicación adecuada
- Dominio y comprensión
- Aplicación y apoyo visual
- Integración de equipos
- Gestión de tiempo

### Estructura evaluativa

Estructura evaluativa		Método científico	Modelización matemática
Evaluación		09-10	03-04
Método científico		09-10	03-04
Modelización matemática		09-10	03-04
09	09	03	04
10	10	04	05

### Estructura evaluativa

Estructura evaluativa		Método científico	Modelización matemática
Preparación (Reporte)		01-07	01-03
Desarrollo		08	03
Evaluación		09-10	03-04
Método científico		01-07	01-03
Modelización matemática		01-07	01-03
01	01	02	03
02	02	03	04
03	03	04	05
04	04	05	06
05	05	06	07
06	06	07	08
07	07	08	09
08	08	09	10

### Pre-reportes

Estructura		Inv. Cuantitativa	M. Matemática
Justificación		01-07	01-03
Objetivos		01-07	01-03
Hipótesis		01-07	01-03
Algoritmo experimental		01-07	01-03
Algoritmo de cálculo		01-07	01-03
Cálculo de reactivos		01-07	01-03
Formato de toma de datos		01-07	01-03
Comunicación de ideas		01-07	01-03
Planteamiento del problema		01-07	01-03
Revisión de literatura y desarrollo de marco teórico		01-07	01-03
Visualización del alcance de estudio		01-07	01-03
Definición de objetivos		01-07	01-03
Elaboración de hipótesis y definición de variables		01-07	01-03
Diseño del diseño de investigación experimental		01-07	01-03
Diseño del diseño de investigación experimental		01-07	01-03
Elaboración de un modelo matemático		01-07	01-03
Elaboración de un modelo matemático		01-07	01-03
Validación del modelo		01-07	01-03

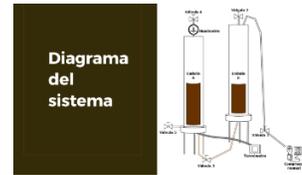
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 9.

## Diapositivas de apoyo – Equipo Boyle Méndez



Procedimiento, modelización matemática



ESTUDIO DE LA SITUACIÓN REAL

**Especificaciones**

**Conceptos:**

- Ecuaciones y comportamientos
  - De estado de gas ideal
  - De estado para gases reales
- Ley de presiones parciales

**Variables:**

- Temperatura
- Presión
- Volumen

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN REAL

**Análisis de variables**

Temperatura      Presión      Volumen

¿Se puede elevar la temperatura del sistema?      ¿Se puede liberar la presión acumulada?      ¿Existe riesgo de derrame en el condensador?

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN REAL

**Definición de objetivos y alcance**

Comportamiento del aire       $V = f(P)$

Comparación de tendencias      Van der Waals  
Redlich Kwong

Volumen residual       $V = f(P)$

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN REAL

**Formulación de un modelo conceptual**

**Hipótesis conceptual:**

- Según la ley de Boyle, la presión y el volumen son inversamente proporcionales, para una cantidad fija de gas y a temperatura constante.

ELABORACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO

¿Habrá diferencia entre el comportamiento experimental del aire y los modelos propuestos de Van der Waals y Redlich Kwong, respecto al comportamiento del volumen y la presión a temperatura constante?

**ELABORACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO**

**Formulación de un modelo matemático**

**Datos necesarios**

- Valor de constante R
- Rango de temperatura y presión
- Ecuaciones de estado propuestas
- Simulaciones
- Repeticiones de experimento

ELABORACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO

**Modelos propuestos**

- Lineales y no lineales
- Estacionarios y transitorios
- Parámetros agrupados y distribuidos
- Variables continuas y discretas
- Interpolación y extrapolación

**Diseño de método de recolección**

No.	P (bar)	Corrida 1 T (°C)    V (mL)	...
1	10		
2	15		
...	...		

ELABORACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO

**Base control**

- ¿Volumen inicial de cada corrida?
- ¿Existe liberación de aire al inicio de las corridas?
- ¿La temperatura es constante?

SOLUCIÓN DEL MODELO

**Revisión de calidad del modelo**

- Exactitud, cumplimiento de hipótesis
- Realismo descriptivo, coherente con fundamentos
- Precisión, a través de ANOVA
- Robustez, sin resultados fuera de rango

VALIDACIÓN DEL MODELO

**Revisión de escenario**

- Aceptación completa
- Rechazo,
  - Ajuste de parámetros
  - Correcciones
  - Aproximaciones
  - Replantear hipótesis
  - Revisión de agentes externos

VALIDACIÓN DEL MODELO

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 10. Diapositivas de apoyo – Equilibrio de fases líquido-vapor en sistemas binarios

**Video 10.1**  
**EQUILIBRIO DE FASES LÍQUIDO VAPOR, EN SISTEMAS BINARIOS**

Procedimiento

**Proceso**

- Armar equipo de destilación
- Limpiar sistema de destilación
- Destilar sustancia base
- Enriquecer sustancia base

**Armar equipo de destilación**

- Ubicación de
  - Cristalería
  - Equipo
  - Material descartable
  - Material reusable
- Funcionamiento de:
  - Medio de calentamiento
  - Bomba de agua
- Conexiones
- Circulación

**Limpiar sistema de destilación**

- Colocar 75 mL de agua destilada en balón de tres bocas e iniciar calentamiento
- Obtener 25 mL de destilado
- Detener calentamiento, y desechar el destilado
- Repetir procedimiento

**Destilar sustancia base**

- Colocar 75 mL de sustancia base en balón de tres bocas e iniciar calentamiento
- Obtener temperatura de ebullición
- Detener calentamiento
- Tomar muestras de remanente (5 mL) y destilado (5 mL)
- Regresar sobrante a balón de tres bocas
- Medir densidad de muestras

**Destilar sustancia base**

- Agregar 10 mL de sustancia de enriquecimiento a balón de tres bocas e iniciar el calentamiento
- Obtener temperatura de ebullición y detener calentamiento
- Tomar muestras de remanente (5 mL) y destilado (5 mL) y regresar sobrante al balón de tres bocas
- Medir densidad de muestras
- Repetir enriquecimiento hasta alcanzar la densidad de la sustancia base

**Enriquecer sustancia base**

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 11. Diapositivas de apoyo para inducción LFAQ1

**Videos Instructivos**  
José Andrés Valenzuela Molina

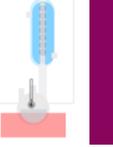
- Equipo de Protección Personal
- Modelización matemática
- Metodologías de evaluación
- Equipo Boyle Méndez

Equilibrio Líquido Vapor

- Validación del modelo
- Estudio de la situación real
- Solución del modelo
- Elaboración de modelo matemático

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 12. Diapositivas de apoyo para inducción LFQ2

 <p>VIDEO NO. 5 <b>Equilibrio de fases líquido vapor en sistema binario</b></p> <p>Procedimiento &amp; Encuesta</p>	<p><b>Proceso</b></p> <p>Armar equipo de destilación Limpiar sistema de destilación Destilar sustancia base Enriquecer sustancia base</p> 	<p><b>Armar equipo de destilación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación de             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Cristalería</li> <li>◦ Equipo</li> <li>◦ Material descartable</li> <li>◦ Material reusable</li> </ul> </li> <li>• Funcionamiento de             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Medio de calentamiento</li> <li>◦ Bomba de agua</li> </ul> </li> <li>• Conexiones</li> <li>• Circulación</li> </ul> 	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar 75 mL de agua destilada en balón de tres bocas e iniciar calentamiento.</li> <li>• Obtener 25 mL de destilado</li> <li>• Detener calentamiento y desechar el destilado.</li> <li>• Repetir procedimiento</li> </ul>	<p><b>Limpiar sistema de destilación</b></p> 	<p><b>Destilar sustancia base</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar 75 mL de sustancia base en balón de tres bocas e iniciar calentamiento.</li> <li>• Obtener temperatura de ebullición</li> <li>• Detener calentamiento</li> <li>• Tomar muestras de remanente (5 mL) y destilado (5 mL)</li> <li>• Regresar sobrante a balón de tres bocas</li> <li>• Medir densidad de muestras</li> </ul> 
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregar 10 mL de sustancia de enriquecimiento a balón de tres bocas e iniciar el calentamiento.</li> <li>• Obtener temperatura de ebullición y detener calentamiento.</li> <li>• Tomar muestras de remanente (5 mL) y destilado (5 mL) y regresar sobrante al balón de tres bocas.</li> <li>• Medir densidad de muestras</li> <li>• Repetir enriquecimiento, hasta alcanzar la densidad de la sustancia base.</li> </ul>	<p><b>Enriquecer sustancia base</b></p> 	<p><b>Proceso</b></p> <p>Armar equipo de destilación Limpiar sistema de destilación Destilar sustancia base Enriquecer sustancia base</p> 

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 13. Encuesta de percepción para LFQ1

Encuesta: Laboratorio de Físicoquímica 1 & 2, Escuela de Ingeniería Química, semestre 1 del año 2020.

### Laboratorio de Físicoquímica 1:

Marca (con una X) el nivel de acuerdo o desacuerdo:

1. Todos los componentes del diseño del curso de Laboratorio de Físicoquímica 1 (contenidos, actividades, metodologías, evaluación, bibliografía, equipo de protección personal, cristalería, reactivos y dispositivos) estaban claramente expuestos y suficientemente especificados en el programa de la asignatura, en el proceso de inducción y durante las sesiones de prácticas.

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	--------------------------------	---------------	--------------------------

2. Se utilizaron materiales complementarios para facilitar la explicación del curso de Laboratorio de Físicoquímica 1 (plataformas virtuales, presentaciones, esquemas, videos, ejemplos, conferencias).

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	--------------------------------	---------------	--------------------------

3. Los conocimientos previos al Laboratorio de Físicoquímica 1 han sido útiles para aprobar el curso (áreas de Ciencias Básicas y Complementarias, Química, Físicoquímica).

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	--------------------------------	---------------	--------------------------

4. Los contenidos prácticos del Laboratorio de Físicoquímica 1 se dominan con facilidad.

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	--------------------------------	---------------	--------------------------

5. Es fundamental recurrir al equipo académico (catedráticos y auxiliares) para la resolución de dificultades en el aprendizaje del curso del Laboratorio de Físicoquímica 1.

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	--------------------------------	---------------	--------------------------

### Área académica:

Marca (con una X) una respuesta:

6. Indica el número de créditos aprobados desde el inicio de tu carrera hasta cursos aprobados en exámenes de segunda reñsa del semestre 2 del 2019.

Menos de 101	101-125	126-150	151-175	Más de 175
--------------	---------	---------	---------	------------

7. ¿Cuál es tu edad actual?

Menos de 18	18-22	23-27	28-32	Más de 32
-------------	-------	-------	-------	-----------

### Recursos educativos:

Marca (con una X) las opciones que consideres:

8. El Área de Físicoquímica es un equipo académico intermediario entre los estudiantes, el laboratorio experimental y la formación teórica y práctica en fundamentos básicos de físicoquímica, con la finalidad de transmitir conceptos, instruir en la comprobación experimental de los fenómenos propuestos y analizar las variables involucradas a través de la observación, métodos, modelos numéricos y criterios estadísticos. ¿Qué metodologías consideras adecuadas?

<input type="checkbox"/>	Instrucción en clase: exposición de técnicas y métodos de resolución.
<input type="checkbox"/>	Tutoría individual: revisiones de evaluaciones y motivación de aprendizaje.
<input type="checkbox"/>	Plataforma virtual: referencias, libros, artículos, programas de curso.
<input type="checkbox"/>	Otro: _____

9. ¿Qué material encuentras en la plataforma virtual?

<input type="checkbox"/>	Programas del curso y Manual del estudiante
<input type="checkbox"/>	Ponderación de evaluaciones (exámenes, cortos, parciales, final)
<input type="checkbox"/>	Referencias bibliográficas (libros, artículos científicos, revistas)
<input type="checkbox"/>	Material videográfico (videos de conceptos o instructivos, conferencias)
<input type="checkbox"/>	Otro: _____

10. El diseño de videos instructivos se inicia con un análisis de situación, seleccionando un contenido específico. ¿Qué fuentes de información consideras adecuada para determinar un contenido específico?

<input type="checkbox"/>	Preguntas frecuentes de estudiantes sobre teoría específica
<input type="checkbox"/>	Tendencias globales industriales, científicas y estrategias de aprendizaje
<input type="checkbox"/>	Instrucciones de procesos prácticos (experimentos de laboratorio)
<input type="checkbox"/>	Otro: _____

11. Selecciona las ventajas de utilizar videos instructivos en el Área de Físicoquímica.

<input type="checkbox"/>	Facilidad de acceso con dispositivos electrónicos
<input type="checkbox"/>	Tiempos cortos para obtener una vista rápida de contenido
<input type="checkbox"/>	Facilidad de comprensión de conceptos abstractos de ingeniería
<input type="checkbox"/>	Aumento de calidad de cátedras al compararlos con clase tradicional
<input type="checkbox"/>	Acercamiento a la realidad de los conceptos transmitidos
<input type="checkbox"/>	Repetitividad disponible
<input type="checkbox"/>	Otro: _____

### Videos instructivos:

Marca (con una X) una respuesta:

12. ¿Qué duración es adecuada para un video instructivo?

<input type="checkbox"/>	Menos de 4 min	<input type="checkbox"/>	4-8 min	<input type="checkbox"/>	8-12 min	<input type="checkbox"/>	Más de 12 min
--------------------------	----------------	--------------------------	---------	--------------------------	----------	--------------------------	---------------

13. ¿Consideras los videos instructivos como una referencia complementaria adecuada para el proceso de enseñanza-aprendizaje del Laboratorio de Físicoquímica 1?

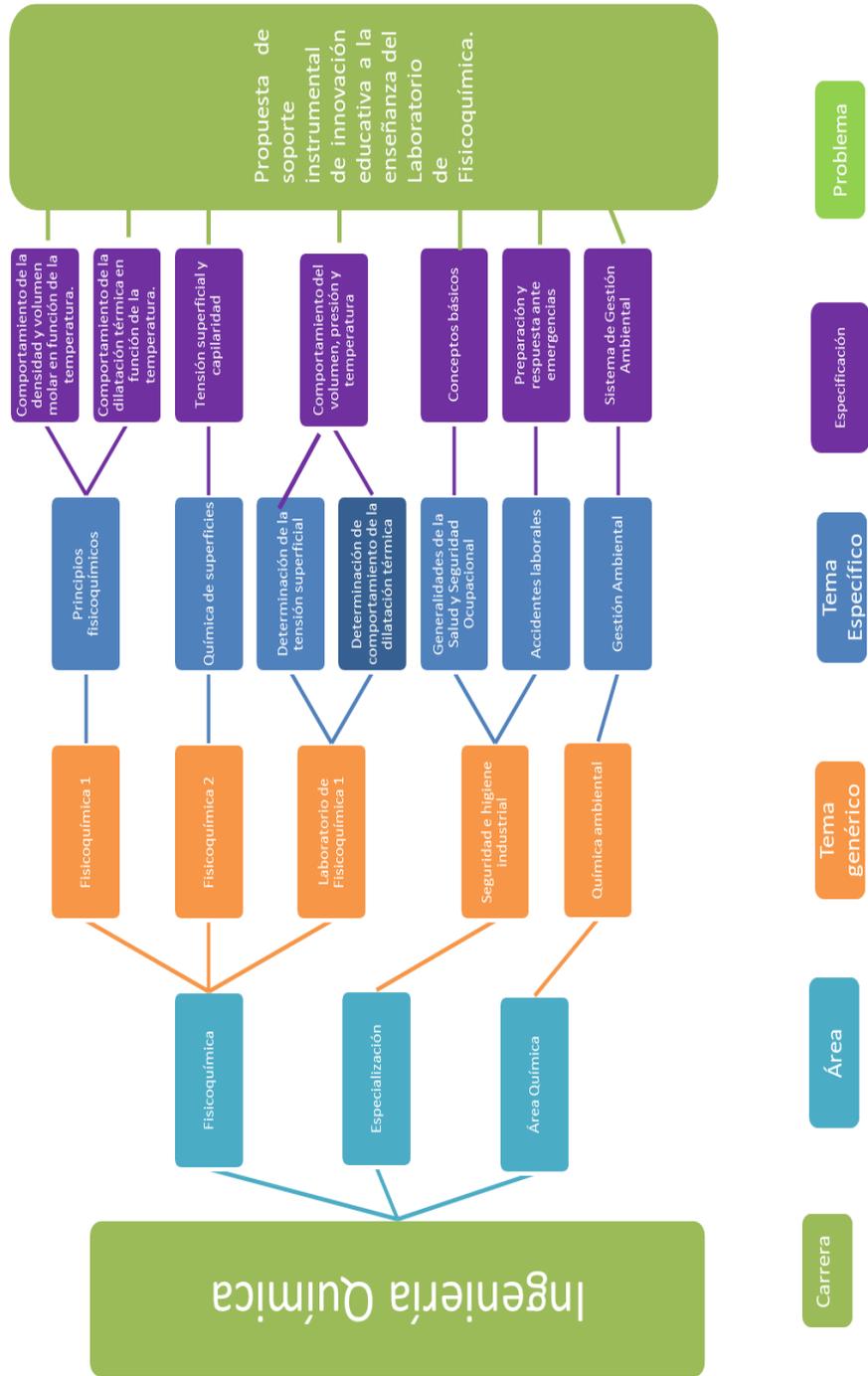
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
--------------------------	----	--------------------------	----

¿Por qué?

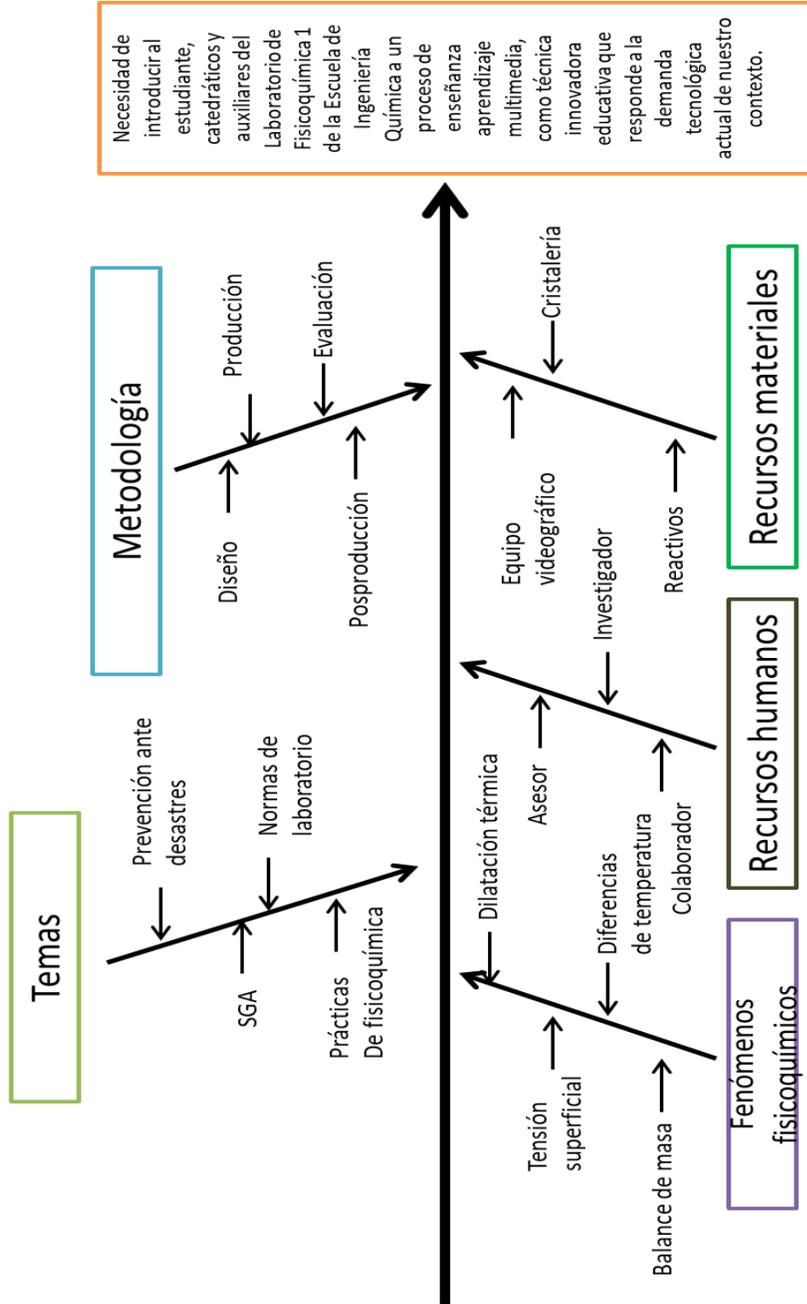
Fuente: elaboración propia.



Apéndice 15. **Tabla de requisitos académicos**



## Apéndice 16. Diagrama de Ishikawa



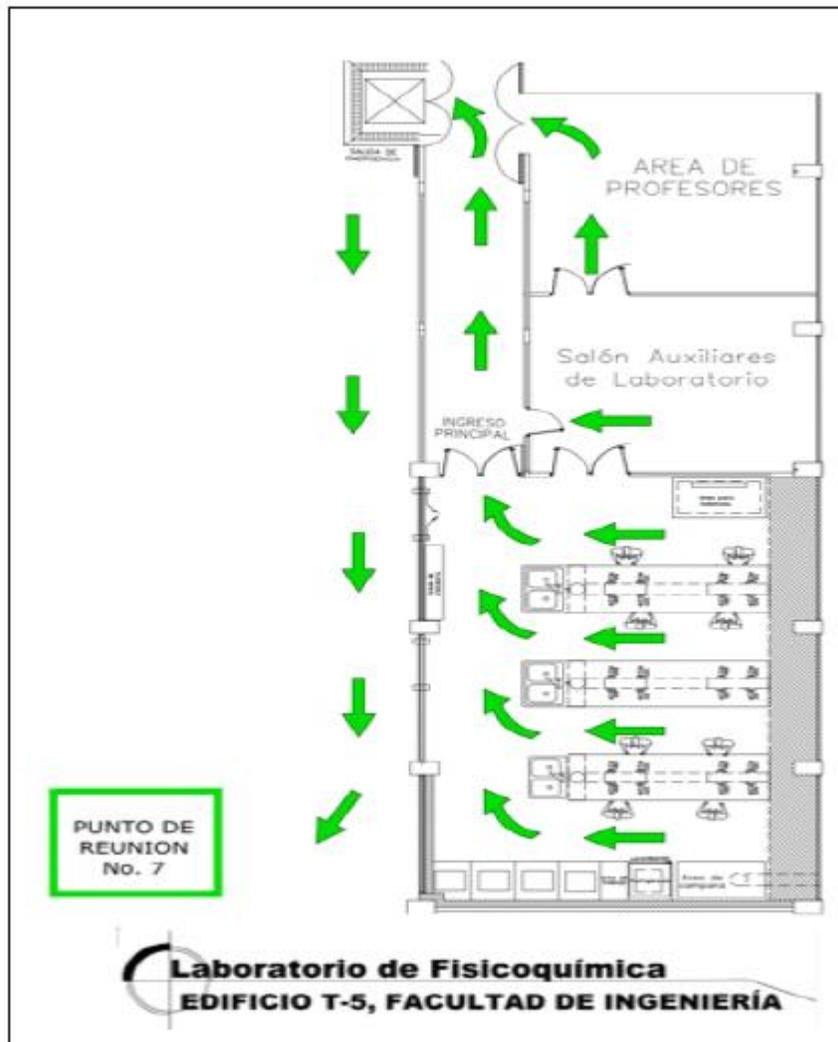
## ANEXOS

### Anexo 1. Puntos de reunión de la Facultad de Ingeniería.



Fuente: GUILLERMO, Patricia. *Plan de Contingencia 2018. Escuela de Ingeniería Química.*  
<https://equimica.ingenieria.usac.edu.gt/index.php/otros/seguridad-y-prevencion> Consulta:  
octubre 2019.

Anexo 2. Ruta de evacuación y punto de reunión No.7



Fuente: GUILLERMO, Patricia. *Plan de Contingencia 2018. Escuela de Ingeniería Química.*  
<https://equimica.ingenieria.usac.edu.gt/index.php/otros/seguridad-y-prevencion>. Consulta:  
octubre 2019.