



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 17 de noviembre de 2021.

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Karen Viviana Brand Quintero, con C.C. No.1075316526,

Juliana Cárdenas Castaño, con C.C. No. 1075315477,

Luis Javier Narváz Zamora, con C.C. No. 12964490, Asesor de la Tesis de grado.

Autor(as) de la tesis y/o trabajo de grado; Karen Viviana Brand Quintero y Juliana Cárdenas Castaño.

Titulado: Aprendizaje del concepto enlace covalente a través de simulación en espectroscopia infrarroja, en estudiantes de primer semestre de la licenciatura en ciencias naturales y educación ambiental de la Universidad Surcolombiana.

presentado y aprobado el día 22 de Octubre de 2021 como requisito para optar al título de

Licenciadas en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología;

Autorizo(amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Karen Viviana Brand Quintero

Firma: 

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Juliana Cárdenas Castaño

Firma: 

EL ASESOR:

Firma: 

		UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO							
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Aprendizaje del concepto enlace covalente a través de simulación en Espectroscopia Infrarroja, en estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Brand Quintero	Karen Viviana
Cárdenas Castaño	Juliana

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Narváez Zamora	Luis Javier

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Licenciadas en Ciencias Naturales; Física, Química y Biología.

FACULTAD: Educación

PROGRAMA O POSGRADO: Licenciatura en Ciencias Naturales; Física, Química y Biología.

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2021

NÚMERO DE PÁGINAS:111

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general Grabados
Láminas Litografías Mapas Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones Tablas
o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Software Ir Tutor

MATERIAL ANEXO: No

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): **Meritoria**

Aprobada con distinción de Meritoria en sesión del Comité de Currículo del Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental del día 22 de octubre de 2021

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Enlace covalente	<i>Covalent bond</i>
2. Simulador IR- Tutor	<i>IR-Tutor simulator</i>
3. TIC's	<i>TIC's</i>
4. Grado de Aprendizaje	<i>degree of learning</i>
5. Espectroscopia infrarroja	<i>infrared spectroscopy.</i>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Utilizando un enfoque metodológico cuasiexperimental, esta investigación tiene como objeto de estudio, estimar el nivel de aprendizaje alcanzado sobre enlace covalente a través del uso del software IR-Tutor como estrategia didáctica, en estudiantes de primer semestre de la Licenciatura de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana de Neiva. El software usado permite medir la interacción de los enlaces covalentes con la radiación infrarroja, hecho que facilita

comprender la estructura y dinámica de este tipo de enlaces químicos. A través de un cuestionario se pudo establecer que los estudiantes abordan el estudio del concepto enlace covalente con un 60,40% de significancia conceptual, para alcanzar un 74,20%, es decir un 13,8% de superación conceptual gracias a la estrategia didáctica usada. La muestra estuvo conformada por 25 estudiantes del curso de Química General del período académico 2020-2.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

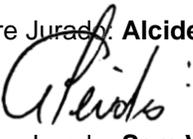
Using a quasi-experimental methodological approach, this research aims to estimate the level of learning achieved on covalent bond through the use of IR-Tutor software as a didactic strategy, in first semester students of the Bachelor of Natural Sciences and Environmental Education of the University Surcolombiana of Neiva. The software used makes it possible to measure the interaction of covalent bonds with infrared radiation, which makes it easier to understand the structure and dynamics of this type of chemical bonds. Through a questionnaire it was possible to establish that students approach the study of the concept covalent bond with 60.40% of conceptual significance, to reach 74.20%, that is 13.8% of conceptual improvement thanks to the didactic strategy used. The sample was made up of 25 students of the General Chemistry course of the academic period 2020-2.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: **Alcides Polanía Patiño**

Firma: 

Nombre Jurado: **Sem Vladimir Alvear Guerrero**

Firma: 



**FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y
BIOLOGÍA.**

**APRENDIZAJE DEL CONCEPTO ENLACE COVALENTE A
TRAVÉS DE SIMULACIÓN EN ESPECTROSCOPIA INFRARROJA, EN
ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**TESIS DE GRADO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN CIENCIAS
NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA.**

**PRESENTAN:
KAREN VIVIANA BRAND QUINTERO
JULIANA CÁRDENAS CASTAÑO**

**ASESOR: LUIS JAVIER NARVÁEZ ZAMORA, MAGISTER EN
EDUCACIÓN CON ACENTUACIÓN EN PROCESOS DE APRENDIZAJE.**

NEIVA, HUILA

13 DE OCTUBRE DE 2021

**APRENDIZAJE DEL CONCEPTO ENLACE COVALENTE A
TRAVÉS DE SIMULACIÓN EN ESPECTROSCOPIA INFRARROJA, EN
ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Presentado por:

Karen Viviana Brand Quintero

Juliana Cárdenas Castaño

Aprobado por los jurados

Alcides Polania Patiño

Sem Vladimir Alvear Guerrero

9 de octubre de 2021

DEDICATORIAS

*A Dios Padre,
...por permitirnos cumplir con este gran proyecto,
habernos otorgado salud en medio de esta emergencia sanitaria,
además de su infinita bondad y amor.*

*A nuestros estudiantes de primer semestre 2020-2 de la
Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental
de la Universidad Surcolombiana de Neiva
por haber valorado el esfuerzo de la enseñanza y
por motivarnos cada día a progresar como persona y profesional.*

A nuestros padres, hermanas y hermanos por brindarnos apoyo, amor y paciencia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por colmarme de bondad, salud, misericordia y sabiduría, a mis padres Darío Cárdenas Bonilla y Gloria Inés Castaño Castañeda por ser los principales motores en mi vida, gracias por apoyarme y confiar en mí, a mis hermanas por la motivación y guía en la responsabilidad y deseos de superación, al Maestro. Luis Javier Narváez Zamora, magister en educación con acentuación en enseñanza, por ser el mentor en este proyecto, por la paciencia, apoyo y sabiduría en el desarrollo de esta tesis, a mi compañera Karen Viviana. Brand Quintero por el apoyo y la constancia, por la ayuda brindada y por los buenos momentos en los que convivimos. Finalmente, agradecerles a los estudiantes que fueron participes de esta experiencia, por la paciencia y la motivación en el desarrollo de este proyecto.

Juliana Cárdenas Castaño

A Dios, por colmarme de bendiciones para alcanzar este logro en mi vida profesional y personal, a mis padres Luz Adriana Quintero Herrera y José Edith Brand Trujillo por ser el motor de mi vida y confiar en mi cada instante, a mis hermanos Andrés Felipe y Alan José por ser el ejemplo de motivación y fortaleza, a mi compañera Juliana Cárdenas Castaño por el apoyo y la perseverancia en este proceso de nuestras vidas, a mi familia y a mis ángeles que desde el cielo me guían en cada paso de mi vida y en especial a mi estimado Maestro. Luis Javier Narváez Zamora, magister en educación con acentuación en enseñanza, por ser el mentor en este proyecto, por su paciencia, cariño, dedicación y orientaciones para hacer posible este trabajo. Finalmente, a los estudiantes participantes de esta experiencia, por la constancia, dedicación y motivación para en el desarrollo de este proyecto

Karen Viviana Brand Quintero

**APRENDIZAJE DEL CONCEPTO ENLACE COVALENTE A
TRAVÉS DE SIMULACIÓN EN ESPECTROSCOPIA INFRARROJA, EN
ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Resumen

Utilizando un enfoque metodológico cuasiexperimental, esta investigación tiene como objeto de estudio, estimar el nivel de aprendizaje alcanzado sobre enlace covalente a través del uso del software IR-Tutor como estrategia didáctica, en estudiantes de primer semestre de la Licenciatura de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana de Neiva. El software usado permite medir la interacción de los enlaces covalentes con la radiación infrarroja, hecho que facilita comprender la estructura y dinámica de este tipo de enlaces químicos. A través de un cuestionario se pudo establecer que los estudiantes abordan el estudio del concepto enlace covalente con un 60,40% de significancia conceptual, para alcanzar un 74,20%, es decir un 13,8% de superación conceptual gracias a la estrategia didáctica usada. La muestra estuvo conformada por 25 estudiantes del curso de Química General del período académico 2020-2.

Palabras claves: Enlace covalente, simulador IR-Tutor, TIC's, grado de aprendizaje, espectroscopia infrarroja.

**LEARNING THE CONCEPT OF COVALENT BONDING THROUGH
SIMULATION INFRARED SPECTROSCOPY, IN STUDENTS OF THE FIRST
SEMESTER OF THE DEGREE IN NATURAL SCIENCES AND ENVIRONMENTAL
EDUCATION OF THE UNIVERSITY SURCOLOMBIANA**

Abstract

Using a quasi-experimental methodological approach, this research aims to estimate the level of learning achieved on covalent bond through the use of IR-Tutor software as a didactic strategy, in first semester students of the Bachelor of Natural Sciences and Environmental Education of the University Surcolombiana of Neiva. The software used makes it possible to measure the interaction of covalent bonds with infrared radiation, which makes it easier to understand the structure and dynamics of this type of chemical bonds. Through a questionnaire it was possible to establish that students approach the study of the concept covalent bond with 60.40% of conceptual significance, to reach 74.20%, that is 13.8% of conceptual improvement thanks to the didactic strategy used. The sample was made up of 25 students of the General Chemistry course of the academic period 2020-2.

Keywords: *Covalent bond, IR-Tutor simulator, TIC's, degree of learning, infrared spectroscopy.*

Tabla de Contenido

DEDICATORIAS.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
Resumen	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1 Contexto.....	11
1.2 Definición del Problema.....	11
1.3 Pregunta de Investigación.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo General.....	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3. ANTECEDENTES	14
Antecedentes Nacionales.....	16
Antecedentes Regionales.....	19
3. MARCO TEÓRICO	20
3.1 Perspectiva Filosófica y Epistemológica.....	21
3.2 Perspectiva Sicológica y Pedagógica	21
3.2.1.1 El software Ir-Tutor.	24
3.3 El Proceso de Aprendizaje.....	24
3.4 El Enlace Covalente.....	24
3.4.1 El Enlace Covalente a Partir de Pauling	30
3.4.1.1 Hibridación sp.	33
3.4.1.2 Hibridación sp^2.	34
3.4.1.3 Hibridación sp^3.	35
3.4.1.4 La radiación electromagnética y la espectrofotometría infrarroja en enlaces covalentes.	40
3.4.1.5 El espectro infrarrojo	46
4. METODOLOGÍA.....	51
4.1. Fase Inicial.....	51
4.2. Fase de Planeación.....	51
4.2.1. Cuestionario.	52

4.3. Fase de Ejecución	55
4.4. Fase de Análisis de Resultados.....	56
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
5.1 Estructura Cognitiva Inicial del Grupo Objeto de Estudio.....	58
5.2 Estructura Cognitiva Final del Grupo Objeto de Estudio.....	59
5.3 Prueba Z.....	60
6. CONCLUSIONES.....	66
7. RECOMENDACIONES	68
8. REFERENCIAS	69
9. ANEXOS	79
Datos de la Unidad	81
Objetivos.....	81
Objetivo General.....	81
Objetivos Específicos	81
9.1 Justificación	82
9.2 Contexto de la problemática	82
9.3 Marco Epistemológico.....	85
9.4 Marco Legal.....	89
9.5 Diseño de la Unidad Didáctica	90
9.5.1 Test.....	90
9.5.2 Formato de la Unidad Didáctica	93

Índice de Tablas

Tabla No. 3.1. Carácter iónico porcentual de un enlace simple.-----	30
Tabla No. 4.2. Opciones de respuesta para un cuestionario con escala Likert.-----	53
Tabla No. 4.3. Valoración de respuesta correcta para la opción Totalmente de acuerdo.-----	53
Tabla No. 4.4. Valoración de respuesta correcta para la opción De acuerdo.-----	53
Tabla No. 4.5. Valoración de respuesta correcta para la opción Sin opinión.-----	53
Tabla No. 4.6. Valoración de respuesta correcta para la opción Totalmente de acuerdo.-----	53
Tabla No. 4.7. Índice de validez de constructo del instrumento.-----	54
Tabla No. 5.8. Conceptos involucrados en el cuestionario.-----	57
Tabla No. 5.9. Estructura cognitiva inicial.-----	58
Tabla No. 5.10. Medidas de tendencia central de la estructura cognitiva inicial.-----	59
Tabla No. 5.11. Estructura cognitiva final.-----	59
Tabla No. 5.12. Medidas de tendencia central de la estructura cognitiva final.-----	60
Tabla No. 5.13. Diferencia conceptual del grupo objeto de estudio.-----	63

Índice de Ilustraciones

Ilustración No. 3.1. Enlace iónico (Thornton & Neilson, 1998)-----	32
Ilustración No. 3.2. Estructura de puntos.-----	33
Ilustración No. 3.3. Estructura de guiones.-----	33
Ilustración No. 3.4. Orbitales moleculares de N ₂ .-----	33
Ilustración No. 3.5. Estado basal y excitado para el átomo de nitrógeno.-----	34
Ilustración No. 3.6. Estado excitado del átomo de oxígeno.-----	35
Ilustración No. 3.7. Estructura de Lewis O ₂ .-----	35
Ilustración No. 3.8. Estructura de puntos del O ₂ .-----	35
Ilustración No. 3.9. Hibridación sp ² para la molécula de O ₂ .-----	35
Ilustración No. 3.10. Estructura de puntos del H ₂ O.-----	36
Ilustración No. 3.11. Estructura de guiones del H ₂ O.-----	36
Ilustración No. 3.12. Orbitales participantes en de la hibridación sp ³ .-----	36
Ilustración No. 13. Detalle de la hibridación sp ³ .-----	36
Ilustración No. 14. Disposición geométrica tetraédrica de la hibridación sp ³ .-----	37

Ilustración No. 3.15.Hibridaciones sp^3 y sp^2 del 1-buteno. -----	37
Ilustración No. 3.16.Orbitales moleculares del 1-buteno. -----	38
Ilustración No. 3.17.Hibridaciones sp^3 y sp del 2-butino. -----	38
Ilustración No. 3.18.Orbitales moleculares del 2-butino. -----	38
Ilustración No. 3.19.Espectro de frecuencias electromagnéticas.-----	43
Ilustración No. 3.20.clasificación de la radiación infrarroja. -----	44
Ilustración No. 3.21.tipos de vibraciones en moléculas. -----	45
Ilustración No. 3.22.Señales de algunos enlaces covalentes sencillos.-----	49
Ilustración No. 3.23.Regiones de hibridaciones sp , sp^2 y sp^3 del átomo de carbono.-----	50

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Contexto

La implementación del microdiseño correspondiente al curso de Química General, el cual forma parte del núcleo específico del plan de estudios del Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales, involucra el estudio del concepto enlace químico y específicamente el enlace covalente. Este abordaje teórico implica el uso de algunos principios de la mecánica cuántica, los cuales por lo general no se abordan en la educación media de donde proviene la población objeto del presente estudio.

Con el desarrollo del curso anteriormente citado, se pretende revisar las bases teóricas sobre las cuales se ha construido el saber disciplinar de la química y con él, brindar el apoyo teórico a las demás disciplinas del plan de estudios como la Química Inorgánica, Orgánica, Analítica, Bioquímica y también a las disciplinas de la Biología y la Física, que requieren del abordaje teórico práctico de la química. Por otra parte, el enlace químico es uno de los conceptos fundantes de la química, sino el más importante, gracias a él se puede explicar la existencia de todas las formas materiales del universo, las conocidas y aquellas aún por descubrir.

Así las cosas, el estudio del enlace covalente dentro de las estructuras moleculares inorgánicas y orgánicas particularmente, permite entender las propiedades fisicoquímicas de las sustancias químicas que lo contienen.

1.2 Definición del Problema

En los últimos años la educación se ha visto influenciada por las TIC's con el objetivo de promover y potencializar el proceso de aprendizaje y en especial de la química, el cual, se encuentra sesgado por concepciones negativas por parte del estudiantado, basado principalmente en su complejidad conceptual. La propuesta plantea el uso del software IR-Tutor como estrategia didáctica para facilitar el aprendizaje del concepto enlace covalente mediante la espectroscopia infrarroja en los estudiantes matriculados en el primer semestre de la Licenciatura de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana del periodo académico 2020-2, este software con su potencial simulativo facilita la visualización derivada de la interacción de

la radiación infrarroja del espectro electromagnético con los enlaces covalentes, su identificación y análisis desde la perspectiva de la física cuántica. Es decir, hace tangible y observable un fenómeno submicroscópico al que no se puede acceder con nuestros órganos de los sentidos. Este trabajo, pretende suplir la carencia de espacios tecnológicos por parte de las instituciones educativas sobre todo de carácter público, donde se pueda implementar el uso de simuladores o programas de software de manera motivadora e innovadora en la búsqueda de aprendizaje relevante por parte de los estudiantes.

1.3 Pregunta de Investigación

Esta propuesta investigativa plantea el uso de una estrategia didáctica tendiente a facilitar el aprendizaje del concepto enlace covalente y su resignificación; para responder a este reto, las autoras plantean la siguiente pregunta orientadora.

¿Cómo facilitar el aprendizaje del concepto enlace covalente, a través de su identificación espectroscópica, usando el software IR-Tutor, en estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar la eficacia del software IR-Tutor como estrategia didáctica en el aprendizaje del concepto enlace covalente en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana

2.2 Objetivos Específicos

1. Estimar el grado de aprendizaje sobre el concepto enlace covalente, alcanzado por estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana, a través del software IR-Tutor.

2. Diseñar e implementar una unidad didáctica para el aprendizaje del enlace covalente a través del Software IR-Tutor en estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana.

3. ANTECEDENTES

En las diferentes disciplinas del saber humano existe bastante información, en cuanto al uso de TIC's como estrategia para facilitar el aprendizaje y reconstrucción de conceptos; sin embargo y a pesar de haber realizado un recorrido exhaustivo en las bases de datos educacionales más importantes, se encontraron algunos trabajos sobre el uso de las herramientas tecnológicas en el proceso de aprendizaje del enlace covalente desde la perspectiva de la interacción entre la materia y la energía electromagnética.

Estos trabajos sobre el uso apropiado de las TIC's han demostrado ser una estrategia útil en la búsqueda de aprendizaje de un sin número de conceptos, en experiencias didácticas correspondientes a todos los niveles educativos; en ese sentido, y para tratar de establecer el estado del arte, las autoras presentan una compilación de estudios tanto en el ámbito internacional, nacional y local. Esta revisión literaria se establece para fundamentar el desarrollo de la propuesta de aprendizaje del concepto enlace covalente a través de herramientas TIC's en estudiantes de la Universidad Surcolombiana de Neiva- Huila.

Antecedentes Internacionales

De este nivel, se exaltan trabajos tanto a nivel didáctico como disciplinar, en primera instancia, Romero & Quesada, 2014 en su artículo "*Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias*" sugieren una reflexión sobre el potencial de la tecnología educativa para un conocimiento duradero y transferible, con aplicaciones didácticas que permiten herramientas de adquisición de datos, programas de modelización y prácticas de laboratorios virtuales entre otros. La propuesta destaca el uso de la tecnología como medio pedagógico para mejorar tanto la enseñanza como el aprendizaje a lo largo del proceso educativo, puesto que no solo permite la mejora docente, sino que constituye un paradigma adecuado para la evaluación de las pedagogías basadas en los TIC's.

Cleophas, Cavalcanti , & Leão, 2016 en su estudio "*Estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y su relación con los dispositivos móviles*" expresan el aprovechamiento de las TIC's, especialmente de mobile learning en los estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales de la *Universidad Federal do Vale do São Francisco* como estrategia de aprendizaje en

química, quienes desconocían la utilidad de sus dispositivos móviles para su proceso de formación y de enseñanza-aprendizaje, advierten que mobile learning como contribución a la química es deficiente, por igual, exhortan a los educandos a explorar los beneficios de las estrategias digitales disponibles para su formación, asimismo, demuestra el interés en los estudiantes con el manejo e implementación de las TIC's para el fortalecimiento de las competencias y capacidades, además, reconocen los dispositivos electrónicos la potencialidad para implementar sus prácticas pedagógicas para facilitar el aprendizaje en química.

Del mismo modo, Santo Hermel, Bervian, & Dos Santos, 2018 en su artículo "*Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências: compreensões na formação de professores*" describen los enfoques utilizados en la investigación sobre la formación del profesorado en relación con las TIC's en la educación científica. De esta manera, se categorizan los programas tecnológicos usados como el AVA Moodle, el TPACK (conocimiento tecnológico del contenido pedagógico) que busca entender como los docentes activan e integran el conocimiento para enseñar, además, se crea una estrategia en educación científica de las TIC's, donde se identifican los estímulos para la educación científica mediante estrategias virtuales.

Por otro lado, a nivel disciplinar y siendo este el estudio más relacionado con la propuesta investigativa de las autoras, se destaca el estudio de Morrill, Kammeyer, & Garg, 2017 "*Spectroscopy 101: A Practical Introduction to Spectroscopy and Analysis for Undergraduate Organic Chemistry Laboratories*" en prácticas de laboratorios de química orgánica de pregrado con el fin de brindar una introducción sobre diversas técnicas espectroscópicas, desarrollando habilidades y generando sobre todo un aprendizaje significativo mediante prácticas acerca de la radiación electromagnética y la espectroscopia infrarroja desde el punto de vista teórico-práctico, lo cual facilita el desarrollo de protocolos experimentales para ayudar a los estudiantes a utilizar una variedad de técnicas en el laboratorio con base en las reacciones químicas.

Asimismo, Vosegaard, 2018 en su artículo: "*iSpec: A Web-Based Activity for Spectroscopy Teaching*", plantea el desarrollo de habilidades en estudiantes para el esclarecimiento de la estructura de moléculas orgánicas a través de la comprensión de mediciones espectroscópicas avanzadas para dilucidar moléculas pequeñas, a través de espectrometría de masas (MS), infrarrojo (IR), ultravioleta (UV) y resonancia magnética nuclear (RMN), usando técnicas como ^1H Spec, esta experiencia permitió desarrollar los conocimientos y la

capacidad de priorizar los recursos de los espectros para responder preguntas determinadas y trabajar con los datos procesados, estimulando el interés y el aprendizaje.

En la misma línea, en el aporte de Rodríguez, Jaraíces, Romero-Ariza, & Montejo, 2019 *“Developing Students’ Scientific Reasoning Abilities with an Inquiry Based Learning Methodology: Applying FTIR Spectroscopy to the Study of Thermodynamic Equilibria in Hydrogen-Bonded Species”* sustentan las experiencias de las prácticas de laboratorio como parte clave e integral para los estudiantes en formación de Licenciatura en Química para afianzar los conocimientos científicos, su capacidad de razonamiento, comprensión e incertidumbres experimentales del aprendizaje basados en la investigación e indagación científica, emplean como estrategia la resolución de problemas por parte de estudiantes, acerca de conceptos espectroscópicos y termodinámicos relacionados con átomos enlazados a hidrogeno y su equilibrio químico; de acuerdo con la evaluación realizada, los estudiantes no solo se involucraron de manera activa y significativa en la construcción y apropiación de conocimientos de la representación de enlaces hidrogeno en el infrarrojo, sino también logran el abordaje conceptual del equilibrio químico logrado en este tipo de especies químicas.

Finalmente, Dunnagan, y otros, 2020 en su aporte, *“Production and Evaluation of a Realistic Immersive Virtual Reality Organic Chemistry Laboratory Experience: Infrared Spectroscopy”* proponen el uso de la realidad virtual en entornos educativos, evaluando la viabilidad de remplazar los laboratorios de química orgánica basados en instrumentación por una experiencia de realidad virtual para enseñar a los estudiantes cómo usar un espectrómetro infrarrojo y dilucidar la estructura desconocida de un espectro resultante. Este aporte obtiene resultados prometedores para la inclusión de aquellos estudiantes que por discapacidades o problemas de seguridad no pueden presentarse de manera presencial, además, demostró un mayor desempeño por parte de los estudiantes con respecto al laboratorio presencial al lograr dilucidar de manera rápida y correcta la estructura que proporciona un espectro del IR.

Antecedentes Nacionales

A nivel nacional, existen diversos autores con aportes significativos para la didáctica de la química a través del uso de las TIC's en el aula de clase, entre ellos, se destacan a Duarte, Gallego, Pérez, & Gallego , 2018 en su trabajo de maestría *“Construcción histórico – epistemológica del modelo del octeto para enlace químico”* demostraron que el concepto de enlace químico inicialmente se elaboró como una representación icónica o de modelación,

llevado a cabo en profesores en formación de Maestría en Docencia Química en la Universidad Pedagógica Nacional, de este modo, los resultados evidenciaron que el concepto enlace químico “se elaboró inicialmente como una representación icónica” o gráfica, destacando la importancia de la didáctica química para fundamentar conceptual y metodológicamente la modelación en el aula de clase como estrategia de aprendizaje, toda vez que la construcción histórica de la química, es diferente, de la física ya que esta utiliza modelos simbólicos.

Seguidamente, Guerrero, Beltrán, & Cabellero , 2012 en su propuesta “*Sobre las perspectivas pedagógicas para la educación virtual en Colombia*” otorgan la importancia histórica y contextual de la educación virtual en Colombia para la educación superior, acerca de los aspectos generales de la transición del proceso virtual-presencial en la estructuración de diversos modelos alternos tales como b-learning, que dan a conocer los procesos de teleformación, los cuales se hacen relevantes para las acciones formativas que asumen tanto el docente como el estudiante, planteando la educación mixta como eje de gran impacto en el país desde los años ochenta, con lo cual se permite un proceso más activo para el estudiante a pesar que se denota un cierto fracaso para el uso del b-learning en el ámbito educativo.

Igualmente, en el ámbito de la didáctica química, Sarmiento Navarrete, 2015 en su estudio “*Diseño de un objeto virtual de aprendizaje para mejorar la enseñanza-aprendizaje del tema de reacciones químicas*” promueve el diseño de un objeto virtual que facilite la enseñanza y apropiación de los conceptos sobre clases de reacciones químicas, facilitando en los estudiantes de grado decimo, elementos didácticos con la intención de facilitar un proceso de aprendizaje significativo, el cual demostró la necesidad de formar docentes capacitados para involucrar el uso de las TIC’s en el aula y adquirir competencias para el desarrollo interactivo de las clases, del mismo modo, resalta el incremento en la motivación de los estudiantes, dando paso a un aprendizaje significativo en su cotidianidad.

Al mismo tiempo, con relación a las estrategias virtuales, Crespo, Cortazar, Julián , & Martín-Díaz, 2014 en su propuesta de “*Ordenadores en el aula ¿estamos preparados los profesores?*” enfatizan la necesidad de integrar las TIC’s en el aula de Física y Química, pues se evidencia el poco uso de las nuevas tecnologías en el aula de clase por desconocimiento de recursos que permitan a los profesores su uso adecuado en el proceso educativo, exaltando que las TIC’s son un instrumento importante para ayudar a los profesores a facilitar las tareas el aprendizaje de sus alumnos y de esa manera potenciar el desarrollo de su proceso pedagógico.

Simultáneamente, en el campo didáctico y digital, Useda & Castañeda, 2015 en su propuesta *“El ambiente digital en la comunicación, la actitud y las estrategias pedagógicas utilizadas por docentes”*, identifican estrategias docentes para ambientes de aprendizajes en la actualidad con respecto al manejo de las TIC’s, enaltecen actitudes positivas e innovadoras en las redes del conocimiento en la globalización y la necesidad de los docentes de involucrarse en la ola tecnológica, evidenciando resultados en los estudiantes para el desarrollo de competencias dinámicas con respecto al mundo contemporáneo, asimismo, dando paso a una revolución educativa que propone mejorar la educación a través de objetos electrónicos que hacen parte del día a día de los estudiantes, de este modo sean incorporarlos de manera educativa en su proceso de aprendizaje.

Del mismo modo, Téllez-Acosta, Becerra, & Tovar, 2016 en su artículo *“Laboratorios virtuales como estrategia de evaluación en ciencias desde los espacios de formación a distancia”* destacan los laboratorios virtuales como fuentes de evaluación por competencias de Física y Química en estudiantes de formación a distancia, empleando la estrategia de evaluación formativa, puesto que se emplea un proceso de retroalimentación teniendo en cuenta las necesidades y falencias de los estudiantes para alcanzar las competencias necesarias para la vida, de manera que, logran relacionar de manera fructífera el conocimiento tecnológico-científico y su enseñanza-aprendizaje-evaluación, aunque se considera que no pueden reemplazar los laboratorios presenciales, no obstante se vinculan dichas alternativas como complemento a esas actividades formativas.

Finalmente, Barón & Narváez, 2009 *“Grado de aprendizaje alcanzado por estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad Surcolombiana sobre el concepto de enlace químico, mediante la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada”* resaltan la importancia de las estrategias didácticas de modelación de estructuras moleculares para la resignificación del concepto enlace químico, exaltando la motivación e interés de los estudiantes a la modificación de sus estructuras cognitivas iniciales. Dado que, se evidenció un incremento de aprendizaje en los estudiantes de 5.77% con respecto a la estructura cognitiva inicial, demostrado así la importancia de la implementación de recursos didácticos para el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos en química.

Antecedentes Regionales

A nivel regional se reconocen los estudios de algunos autores tales como, Rios, 2011 *“Aprendizaje del concepto enlace químico a través de la resolución de problemas en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental”* en busca de un aprendizaje sustentable del concepto de enlace químico con el fin de fortalecer competencias personales, actitudinales, conceptuales y procedimentales a través de la resolución de problemas. De esta manera, logró incremento del 11.33% en el nivel de aprendizaje, además, afianza el trabajo cooperativo en el aula con las competencias de analizar y discutir una solución consensuada para algunos problemas relacionados con el tema.

De igual forma a lo anterior, Sanchez & Medina, 2011 *“Aprendizaje significativo del concepto enlace químico mediante el uso de materiales educativos computacionales (MECS) en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales”*. (MECS) como medios de aprendizaje para el concepto de enlace químico entre los estudiantes de la Universidad Surcolombiana, a través de laboratorios virtuales enfocados en un modelo constructivista. Obtienen un aprendizaje significativo del 16.36% con respecto a las estructuras cognitivas iniciales de los estudiantes, Ese grado de aprendizaje alcanzado es debido al uso de las TIC's en el aula y de paso se potencializa la comprensión y el aprendizaje en los estudiantes.

Finalmente, Paredes & Molina, 2019 en su propuesta investigativa *“Enseñanza de la cinética química por medio de simulaciones y aprendizaje activo”*, utilizan el aprendizaje activo de los factores que modifican la velocidad de una reacción química, entre estudiantes de la Institución Educativa San Lorenzo del municipio de Suaza en el departamento de Huila. En su propuesta integran actividades a través del simulador de cinética química “virtual LabCin” como el desarrollo de talleres de interacción y demostración. De este modo, resaltan opción de la educación bajo el enfoque tecnológico de aprendizaje activo, la cual desarrolla capacidades intelectuales y procedimentales, tales como, observar, medir, explorar, predecir, generar hipótesis, confrontar ideas y debatir. Por otro lado, el simulador virtual LabCin posibilitó en los estudiantes un aprendizaje innovador de forma interactiva, incorporando conceptos en química idóneos y correctos, modificando las ideas alternativas con las que iniciaron el proceso de aprendizaje.

3. MARCO TEÓRICO

El abordaje teórico de los conceptos involucrados en este estudio, implica la definición de dos variables participantes; la variable independiente o determinante según Giroux & Tremblay, 2004, constituida por la pertinencia del objeto virtual de aprendizaje denominado IR-Tutor sobre la variable dependiente o fenómeno (en términos de las mismas autoras) identificada como el aprendizaje del concepto enlace covalente, específicamente en estudiantes de un curso de Química General del nivel universitario, perteneciente al primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana. El aprendizaje de este concepto se constituye en la variable dependiente, por cuanto, esta variable es el resultado o la acción, como “variable que se va a predecir o predictando” Martínez Bencardino, 2012, pág. 816 o también en el sentido de Giroux & Tremblay, 2004, pág. 18” manifestación de la realidad que tiene su origen en uno o más determinantes”; en este caso de la variable independiente representada por el uso del software IR Tutor, independiente en el sentido de ser la “variable que usamos para predecir o predictor Martínez Bencardino, 2012, pág. 816, es decir la variable determinante Giroux & Tremblay, 2004, pág. 18 o “factor que influye de manera más o menos importante sobre un fenómeno”.

El aprendizaje del concepto enlace covalente como ya se precisó es una variable de naturaleza continua desde el punto de vista estadístico, en el sentido de admitir valores numéricos enteros y fraccionarios, tal como lo plantea Martínez Bencardino, 2012. Por su parte, el uso del simulador IR-Tutor como estrategia didáctica para alcanzar el aprendizaje del concepto enlace covalente, carece de valores numéricos enteros, propios de las variables discretas.

La incorporación de estas dos variables, hacen obligado el uso de otros conceptos los cuales apoyan su desarrollo teórico, es decir, se hace necesaria una revisión de la perspectiva filosófica, epistemológica, psicológica y pedagógica del aprendizaje correspondiente al reconocimiento de

enlaces covalentes en general a través de espectrofotometría infrarroja, específicamente a través del uso del software ya citado.

3.1 Perspectiva Filosófica y Epistemológica

Desde la perspectiva filosófica y epistemológica, las autoras aceptamos la pertinencia de los postulados de Kuhn, 1972 al plantear que las teorías científicas son reemplazadas por otras con mayor poder conceptual de manera revolucionaria y repentina, en el sentido de asumir la conceptualización del enlace covalente como un modelo novedoso, capaz de explicar su naturaleza fisicoquímica, el cual no se hace posible a través de la mecánica newtoniana. Es prácticamente con los hallazgos de Bohr, descritos en su tesis doctoral de 1911, donde describe el problema de las partículas libres con propiedades metálicas como la conductividad, la cual no podía abordarse desde los preceptos de la mecánica clásica y lo obliga a plantear un modelo atómico semicuántico el cual requiere una nueva explicación matemática y obviamente una nueva mirada física por fuera de las leyes de la mecánica y la gravitación newtonianas. Esta necesidad de una nueva perspectiva del saber disciplinar de la física conlleva a la aceptación que estos hallazgos deben incorporarse en los programas de investigación propuestos por Lakatos, 1978, los cuales se constituyen también en estructuras conceptuales, que, con el avance del conocimiento humano, reemplazan a otros programas investigativos vigentes por algún tiempo.

Esta implicación filosófica involucra la perspectiva de la neurociencia sobre el aprendizaje, es decir, conduce a disertar sobre los mecanismos involucrados durante el proceso de aprendizaje humano; si bien cada cerebro es diferente a los demás y fue dotado de una estructura cognoscitiva única e irrepetible, por igual posee una arquitectura orgánica similar al cerebro de los demás humanos, esa unicidad y esa especificidad se constituyen en la base del proceso neurobiológico del aprendizaje y sus diferentes estilos, entendido como un proceso permanente y cambiante como producto de su interacción, además de sus órganos accesorios con la realidad, bien sea la naturaleza o bien la sociedad.

3.2 Perspectiva Sicológica y Pedagógica

Desde la perspectiva sicológica se ha podido demostrar como los conceptos convergen para modificar sus definiciones, estableciéndose de paso una jerarquización conceptual con la cual cada persona organiza su mente; es evidente entonces, la estrecha relación entre los conceptos prexistentes en la mente humana y los nuevos significados por aprender. A esas ideas prexistentes se les ha denominado de varias maneras: ideas previas, preconceptos, preconcepciones, ideas

alternativas, etc., y se constituyen en el soporte teórico del constructivismo humano, una corriente de pensamiento filosófico, psicológico y pedagógico vigente desde cuatro décadas atrás. En su obra magna, los fundadores de este paradigma educativo, Ausubel, Novak, & Hanessian, 2006, sintetizan sus planteamientos educacionales en una frase contundente, “averígüese lo que el estudiante ya sabe y enséñese consecuentemente”. Este postulado confiere a los preconceptos el valor de concepto estructurante o fundante en el proceso del aprendizaje.

Paralelo a este postulado y como un aporte novedoso al paradigma constructivista, Galagovsky, retoma los criterios sociolingüísticos de Noam Chomsky quien plantea que los seres humanos heredan una capacidad de lenguaje similar, capaz de construir o proveer una gramática universal a través de la cual funciona la comunicación entre ella y los saberes científicos, sobre este aspecto, Galagovsky L. , 1993, pág. 301, postula: “Una persona que conoce un lenguaje específico controla una gramática que puede generar un conjunto infinito de estructuras profundas. La representación lingüística de la estructura profunda es una oración” y son los conceptos involucrados en las oraciones gramaticales los que se almacenan en la memoria para constituir la ecología conceptual o redes conceptuales de cada persona, la cual se corresponde con el producto de procesos de aprendizaje permanentes ligados a su existencia.

Más tarde Galagovsky reafianza estas concepciones y además de reiterar la crucialidad de las ideas previas a las cuales denomina conceptos sostén o de anclaje, establece la teoría del aprendizaje sustentable, dentro de la cual establece la relación entre el aprendizaje memorístico defendido por la escuela conductista y el aprendizaje significativo, herencia de la escuela constructivista. En este sentido la autora comparte con Ausubel, la idea del aprendizaje memorístico como una de las rutas para llegar al aprendizaje significativo y trasciende ese planteamiento hacia el aprendizaje sustentable, a través del modelo de aprendizaje cognitivo consciente sustentable, Galagovsky, 2004, sin embargo disiente de la teoría de asimilación conceptual ausubeliana en algunos aspectos como por ejemplo el papel del discurso docente, el cual bajo esta óptica es un discurso organizado, como debe ser en cualquier acto de aprendizaje, sin embargo descuida la interacción entre el docente y sus estudiantes, la cual se hace efectiva gracias a los canales comunicativos humanos. Si bien los contenidos a enseñar han de ser significativos o motivantes en el sentido de vincular conceptos científicos con eventos cotidianos donde aplicarse, entenderse y por supuesto aprenderse, el aprendizaje sustentable ocurre cuando quien aprende, puede vincular la nueva información proveniente del exterior con los conceptos

construidos por su estructura cognoscitiva, es decir una relación efectiva entre información y conocimiento; de no lograrse este vínculo, el aprendizaje será memorístico.

La propuesta de usar un simulador de espectroscopía infrarroja apunta al establecimiento de la relación antes planteada por Galagovsky para obtener un aprendizaje sustentable y aplicable en nuevos contextos donde se ponga a prueba y pueda demostrarse su acierto y eficacia. En consecuencia se requiere “la mediación de un lenguaje” para facilitar la significación de la información en forma de conocimiento, en el caso particular de este trabajo investigativo, el lenguaje escogido como interfaz es un simulador u objeto de aprendizaje, con el cual se pretende facilitar el aprendizaje del concepto enlace covalente, el cual por su naturaleza fisicoquímica, requiere ahondar en los conceptos de la mecánica cuántica, campo del saber humano con ciertas dificultades cognitivas como se evidencia más adelante.

3.2.1 El Papel del Lenguaje en el Aprendizaje

Se resalta la importancia del lenguaje en el proceso de aprendizaje del concepto enlace covalente y en su interacción con la espectroscopia infrarroja, tal proceso ocurre gracias a la interacción de la estructura cognoscitiva de quien aprende y la nueva información conceptual, obviamente, tanto el conocimiento alojado en la estructura cognitiva y la nueva información, están etiquetados lingüísticamente con palabras propias del contexto donde se va a generar el aprendizaje; estas palabras como ya se dijo, son las etiquetas con las cuales se identifican o rotulan los conceptos en la lengua materna. El aprendizaje ocurre cuando se logra establecer algún tipo de conexión entre los conceptos por aprenderse y aquellos construidos por quien aprende durante toda su existencia es decir su ecología conceptual.

Este modelo implica la reconsideración del discurso docente, su capacidad para comunicarse y las estrategias didácticas involucradas, al respecto, Galagvosky, 2004 propone el modelo de aprendizaje cognitivo consciente sustentable (MACCS), en el cual, el estudiante relaciona la nueva información con aquella que éste ya posee, estructurada en forma de redes mentales con el fin de desarrollar las operaciones cognitivas necesarias para utilizarlas en situaciones novedosas de aprendizaje, donde se ponga a prueba el aprendizaje alcanzado, momento en el cual ese aprendizaje se torna sustentable, cabe la pena resaltar en este proceso de aprendizaje, la importancia de los factores afectivos y comunicacionales –positiva o negativamente– para el logro de aprendizajes sustentables, descontando una capacidad cognitiva normal de los sujetos aprendices.

3.2.1.1 El software Ir-Tutor.

3.3 El Proceso de Aprendizaje

Es muy importante plantear la idea relacionada con la carencia de certeza sobre como ocurre el aprendizaje en los humanos, no obstante, el acto de aprender va mucho más allá de recibir información, Heidegger, citado por Salas Silva, 2008, pág. 12 enuncia lo siguiente: “aprender no es solo tomar, si el estudiante solo toma posesión de algo que le es ofrecido, no aprende”, lo hace cuando “vivencia lo que capta como algo que él mismo ya tiene”, es decir, el aprendizaje ocurre cuando pone lo aprendido a prueba en un contexto; la vivencia personal de los conceptos aprendidos, por tanto, aprender significa adaptarse a la realidad no solamente con el cerebro, sino con los sentidos y todo el sistema nervioso.

Ahora bien, resultan muy evidentes las etapas acaecidas durante el proceso de aprendizaje; este se inicia con la percepción donde juega un papel preponderante el uso de los sentidos, aquí se hace evidente el polimorfismo como las personas adquieren la información, lo cual está íntimamente relacionado con cada estilo de aprendizaje, es decir el tipo de inteligencia usado para este efecto. Por tanto, se hace necesario incorporar el planteamiento de las inteligencias múltiples de Gardner.

En la siguiente etapa, los conceptos así obtenidos requieren procesarse, es decir, ligarse de alguna forma a los significados preexistentes, los cuales forman parte de la ecología conceptual, es decir, el acervo conceptual alojado en la mente de quien aprende, perfilado con cada una de las experiencias de aprendizaje durante toda su existencia. Si bien esta ecología conceptual personal le permite a cada persona pensar y con ello configurar su cosmovisión o los anteojos conceptuales con los cuales analiza su entorno; también le sirve de alguna forma para establecer conexiones conceptuales con eventos nuevos de aprendizaje. Este aspecto aparentemente tan sencillo de explicar es la base fundamental de la cognición humana: para aprender, la estructura cognoscitiva de cada persona debe establecer un punto de contacto con la nueva información, con el nuevo concepto por aprender.

3.4 El Enlace Covalente

A lo largo de la historia humana, se resaltan una serie de sucesos que permiten el desarrollo del conocimiento en el proceso de aprendizaje, por una parte, se destaca el saber científico, el cual se ha comprendido como el producto del saber humano en determinado momento histórico inmerso en las situaciones sociales y culturales de cada época, Fernandez , 2000, sin embargo, el

proceso de enseñanza de las ciencias naturales se caracteriza por el abordaje con poca profundidad de conceptos y teorías científicas que sustentan dichos saberes González, 2017.

Aquí es muy importante esclarecer lo siguiente; el objeto de estudio de esta propuesta investigativa es el enlace covalente, sin embargo las autoras son conscientes de la dificultad conceptual generada al asumir este tipo de enlace, cuando en realidad el enlace entre dos o más átomos, es decir, el enlace químico en general debe abordarse desde la perspectiva de una sola interacción covalente-iónico-metálico, tal como lo plantean García, Garritz, & Chamizo, 2009. Sobre este aspecto, resulta muy relevante expresar lo siguiente: si bien el enlace químico ocurre entre dos o más átomos, la intencionalidad de este estudio se enfoca en la interacción electrostática resultante entre átomos cuyos núcleos atraen para sí a los electrones de los átomos vecinos, electrones que en últimas impiden que los núcleos se rechacen y permitan el denominado enlace covalente.

Uno de los conceptos estructurantes de la Química y sobre el que se fundamenta una buena parte de sus contenidos, es el de enlace químico. Gilbert Newton Lewis sustenta que el enlace químico es “la combinación entre átomos para alcanzar una configuración electrónica más estable. La estabilidad máxima se logra cuando un átomo es isoelectrónico con un gas noble” Pauling plantea la dificultad para definir el concepto de enlace químico por sus implicaciones fisicoquímicas, sin embargo señala: “ hay un enlace químico entre dos grupos de átomos, en el caso que las fuerzas que actúan entre ellos conduzcan a la formación de un agregado con la suficiente estabilidad para que sea considerado por los químicos como una especie independiente” y contundentemente defiende la idea que las fuerzas que mantienen unidos a los átomos son de naturaleza electrostática, pag 112. Por su parte Cárdenas & Narvaéz, 2018, afirman que “El enlace químico es la fuerza necesaria para mantener dos o más átomos unidos formando compuestos moleculares o cristales iónicos, cualquiera sea el caso, la diferencia entre los valores de electronegatividad de dos átomos comprometidos en un enlace permite establecer el tipo de enlace establecido entre ellos, inicialmente”, haciendo la aclaración que no existe solamente la posibilidad de tener enlace covalente, iónico o metálico, sino más bien un continuo covalente-iónico-metálico como un solo modelo explicativo, tal como lo plantean García et al, 2009.

El reconocimiento histórico-epistemológico acerca de la concepción y evolución del enlace químico, Cubillos, Poveda, & Villaveces, 1989, se origina con las ideas acerca del átomo desde

Platón (427-347 a.C) y Aristóteles (384-322 a.c), bajo la denominación del sustancialismo quienes utilizaban el saber químico con el objetivo de explicar los fenómenos conocidos hasta entonces, basados en tradiciones griegas fundadas en los elementos constitutivos de la naturaleza, concepciones que se oponen al atomismo, asimismo, la escuela de Demócrito y Leucipo postula la teoría atómica no determinista, la cual era al mismo tiempo una explicación al problema de la constitución de la materia y del movimiento, quienes suponían la existencia de elementos innumerables, es decir, los átomos, esbozando la idea atómica desde la investigación científica.

Del mismo modo, Cubillos, Poveda, & Villaveces, 1989, postulan el planteamiento desarrollado de Aristóteles como elemento explicatorio al movimiento y al cambio físico, asimismo, desde la perspectiva alquimista se genera un cambio gradual en el conocimiento para la epistemología de la química, en el mismo sentido, Aristóteles formula la supuesta existencia de un quinto elemento en la naturaleza el cual denomino teoría del éter. Sin embargo, estas teorías predominaron hasta el siglo XVII. Más adelante, González, 2017 identificó a Descartes (1596-1650) quien propuso su idea de partículas constituyentes de sustancias a partir de sus propiedades macroscópicas, de este modo se concibió que los átomos se mantienen unidos mediante pequeños “ganchos”, basada en la filosofía mecánico-corpúscular influenciada por concepciones sustancialistas, en el mismo siglo, Robert Boyle (1627-1691) planteó que partículas diminutas de la materia primaria se combinan de diversas maneras formando corpúsculos, en su teoría atómica, cuyos postulados se abordan más adelante.

Un siglo más tarde, se esboza la ciencia de carácter experimental estableciendo las leyes ponderales de las reacciones químicas y se expresan los primeros estudios acerca del enlace químico en la historia de la humanidad. Igualmente, Isaac Newton (1643-1727) apoyó la teoría de enlace químico apoyando la existencia del electrón para la formación de enlaces, Jaimes, 2004, considerado como fuerzas presentes al entrar en contacto con diferentes partículas, articulando los conceptos de afinidad a la tendencia de unión de ciertos elementos para formar una sustancia compuesta, González, 2017.

El aporte con respecto a la apropiación del conocimiento de la naturaleza eléctrica de la materia produce un cambio frente a la concepción del enlace químico, más adelante, Humphry Davy (1778-1829) afirma que al proporcionar electricidad a los enlaces permite descomponer diversas sustancias químicas, para comprender la acción de la electrolisis, Cubillos, Poveda, & Villaveces, 1989. Años más tarde, Charles Coulomb en 1785, bajo la perspectiva de la física

clásica vislumbra “la fuerza de interacción entre cargas diferentes y repulsión entre cargas similares son proporcionales al producto de sus cargas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa” Cruz, Garritz y Chamizo, 1987, este postulado permitió explicar la interacción tanto de los núcleos con los electrones comprometidos en un enlace, este postulado se retoma posteriormente en la mecánica cuántica cuando explicita la naturaleza cuántica de la energía interna de los átomos, en paralelo a la naturaleza ondulatoria de la luz con los hallazgos de Maxwell, Hertz y otros físicos, al reconocer la luz como una onda electromagnética; donde su energía está cuantizada y “se emite y absorbe en forma de paquetes semejantes a partículas de energía definida, llamados *fotones* o *cuantos*”. En ese sentido, para cada átomo en particular, “la energía no puede tener un valor cualquiera; sólo son posibles valores discretos, llamados *niveles de energía*”. Desde esta perspectiva, los núcleos y los electrones de dos átomos enlazados, también generan el efecto fotoeléctrico en términos de emisión y absorción de fotones, donde “dos electrones se repelen entre sí cuando uno emite un fotón y el otro lo absorbe, del mismo modo, sucede para la interacción entre un electrón y un protón” Young, H D; Freedman, R A; Sears, F W, 2009, pág. 1513. Este concepto de fotones y niveles de energía, explican en últimas, las longitudes de onda de absorción o emisión de los elementos químicos en estado gaseoso y las frecuencias o números de onda generados por dos átomos enlazados.

No fue sino hasta finales del siglo XVIII y principios del XIX que se confiere a los átomos como corpúsculos invisibles capaces de combinarse en relación de proporciones sencillas, capaces de producir todas las formas de la naturaleza. Las experiencias de Galvani con los músculos del anca de la rana, le permitieron vislumbrar la “electricidad animal, idéntica a los espíritus vitales provenientes del cerebro” como responsable de la contracción muscular, en analogía al comportamiento de un condensador o una botella de Leyden. Esta experiencia da origen al galvanismo como explicación electrostática para el comportamiento molecular de las sustancias. Años después, Humphry Davy, basado en las experiencias de electrólisis de varias sustancias, concluye que “la fuerza de la combinación no es otra que la de las cargas eléctricas opuestas”, en lo que se constituye en una primera explicación eléctrica del enlace químico.

Posteriormente en 1812, Jóns Jacob Berzelius retoma las experiencias de contacto entre metales para producir electricidad desarrolladas por Volta para concluir que “la electricidad desarrollada por contacto se encuentra en relación con las propiedades químicas de los metales comprometidos y su afinidad por el oxígeno, mientras más sea su afinidad por el oxígeno, mayor

la cantidad de electricidad despendida por su contacto”, con este planteamiento se establece con mayor claridad la naturaleza electroquímica del enlace químico, y para ahondar en la temática, Berzelius afirma “ todas las combinaciones químicas generan neutralización de electricidades opuestas y esta neutralización produce fuego en la misma forma que lo produce cuando se descarga una botella de Leyden” Berzelius, citado por (Villaveces, 1984). En todas las combinaciones químicas advierte Berzelius para complementar, siempre están presentes dos fuerzas opuestas, la electricidad positiva y la electricidad negativa y concluye afirmando de manera crucial “la fuerza de atracción entre estas dos electricidades es la responsable del enlace químico”, fuerza a la que Lavoisier denominaba “fuerza vital”

En 1828, Wöhler tratando de producir cianato de amonio hizo reaccionar cianato de potasio con sulfato de amonio, pero obtuvo úrea una sustancia que según él no necesitaba la fuerza vital porque era una sustancia orgánica con características diferentes a las miles de sustancias estudiadas a esa fecha, razón que lo impulsó a estudiar los enlaces de estas sustancias para descubrir que estaban constituidos por enlaces entre carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, enlazados de manera peculiar: mediante enlaces covalentes. Apartir de allí se descubrieron los radicales orgánicos, cuya estructura no cambia a pesar de las reacciones a las cuales se sometían, siendo capaces de sustituir sus átomos de hidrógeno por otro tipo de elementos como el cloro, el bromo, etc.

Con respecto a la química del siglo XX se plasmaron algunos aportes sobre la naturaleza de la concepción de enlace químico, de este modo, Thomson en 1904 expresa la formación de enlaces mediante transferencia de átomos cargados para formar compuestos, en 1913 Lewis con base en los estudios desarrollados por Drude y Lorentz estableció la existencia del enlace iónico, covalente y metálico, Jaimes, 2004. Tres años más tarde, en 1916 Lewis presentó a la comunidad científica un modelo de enlace covalente, desarrollando la idea de enlace por pares de electrones interactuantes, dando paso a los denominados enlace simple, enlace doble y enlace triple con el objetivo de obtener las configuraciones electrónicas de los gases nobles, para el cumplimiento de la ley de octeto, González, 2017, el cual fue cuestionado el mismo año por Kossel, dando paso a la concepción del enlace iónico, estructurado desde la regla de Abegg. Por otro lado, Langmuir en 1919 estableció dos tipos de enlaces de acuerdo con lo expresado tiempo atrás por Kossel y Lewis, denominando la existencia de enlaces covalentes y electrovalentes.

Hund y London influenciados por el pensamiento de la mecánica cuántica, plantearon la existencia de fuerzas distintas a las del enlace químico para poder explicar la atracción intermolecular, asimismo, en 1926 Erwin Schrödinger realizó una investigación donde describe el enlace químico desde un modelo mecánico-cuántico del átomo, concibió al electrón como un sistema dual de onda-partícula y, tan solo un año más tarde, Heitler y London lograron desarrollar la explicación cuantitativa del enlace químico, al demostrar que entre dos átomos con electrones de spins opuestos aumenta la densidad electrónica, generando un sistema de energía estable, logrando explicar la formación del enlace, Morant, 2018.

Es así como Pauling en 1939 con base en su teoría de enlace de Valencia (TEV) desarrolla los principios de hibridación de orbitales atómicos, sin embargo, debido a la falta de explicación para el paramagnetismo, nace la teoría de orbitales moleculares (TOM) desarrollada por Mulliken quien fundamentaba que al solapar los orbitales atómicos se crean orbitales moleculares, a partir de estos postulados, surgen los conceptos de orbital enlazante y orbital antienlazante, Solbes & Vilches, 1991.

En 1929 Lennard-Jones incluyó el método de combinación lineal de orbitales atómicos (CLOA), finalmente, Walter Kohn introdujo la teoría funcional de la densidad electrónica como una función de onda, Espinoza, 2004. Retomando los aportes físicos para la comprensión del enlace covalente, se estableció el concepto de momentos dipolares eléctricos moleculares que se conciben como “un par de cargas puntuales de igual magnitud y signos opuestos correspondientes a cargas negativas y cargas positivas separadas por una distancia” Young, H D; Freedman, R A; Sears, F W, 2009, un claro ejemplo es la molécula de agua (H_2O) la cual se comporta como un dipolo eléctrico, es decir, Young, H D; Freedman, R A; Sears, F W, 2009, pág. 735 “la molécula del agua en su totalidad es eléctricamente neutra, no obstante, los enlaces químicos dentro de la molécula del agua ocasionan un desplazamiento de la carga”, desplazando la carga neta negativa hacia el átomo de oxígeno y la carga neta positiva hacia los átomos de hidrógeno formando un dipolo. Este planteamiento les confiere a las moléculas distintos momentos dipolares eléctricos, es decir, uno de sus extremos se encuentra cargado eléctricamente positivo y otro eléctricamente negativo propios de moléculas polares, responsables de su constante dieléctrica.

Asimismo, la comprensión de la naturaleza eléctrica de la materia abre la perspectiva de muchos aspectos del mundo físico. Los enlaces químicos que mantienen unidos los átomos para

formar moléculas se deben a las interacciones eléctricas entre ellos, tanto de sus electrones como de sus núcleos. Incluyen los enlaces iónicos fuertes que unen a los átomos de sodio y cloro para formar la sal de mesa, y los enlaces relativamente débiles entre las cadenas de DNA que contienen el código genético.

3.4.1 El Enlace Covalente a Partir de Pauling

Se ha comprobado que es posible asignar a los átomos, valores de electronegatividad que representan su poder de atracción de los electrones en un enlace, mediante los cuales se puede estimar la cantidad o porcentaje de carácter iónico parcial y de esta manera establecer el tipo de enlace entre ellos. Este poder de atracción de los electrones en un enlace se denomina electronegatividad. Inicialmente, en 1959 Pauling planteó la escala de electronegatividad que se extiende desde el francio con 0,7 hasta el flúor con un valor de 4,0. El flúor es con diferencia el elemento más electronegativo de la tabla periódica, con el oxígeno en segundo lugar y el nitrógeno y el cloro en tercer lugar. El hidrógeno y los metaloides característicos están en el centro de la escala, con valores de electronegatividad cercanos a 2. Los metales tienen valores de alrededor de 1.8 o menos, Pauling, 1959.

Cuanto más alejados estén dos elementos entre sí en la escala, mayor es la cantidad de carácter iónico de un enlace entre ellos. Cuando la separación en la escala es 1,9 el enlace tiene un carácter iónico de aproximadamente 50%. Si la separación es mayor que esto, parecería apropiado describir una estructura iónica para la sustancia, y si es menor, se describir una estructura covalente Pauling, 1959. No obstante, dicho valor ha sido reducido hasta 1.6 con el descubrimiento e invención de nuevos compuestos y elementos. En la tabla No. 3.1 se muestra la relación entre diferencia de electronegatividad y el porcentaje de carácter iónico.

Tabla No. 3.1. Carácter iónico porcentual de un enlace simple.

Diferencia de electronegatividad	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
% de carácter iónico	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	9.0	12	15	19	22	28	30	34	39	43	47
...continuación Tabla No.3.1. Carácter iónico porcentual de un enlace simple.																
Diferencia de electronegatividad	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
% de carácter iónico	51	55	59	63	67	70	74	78	79	82	84	86	88	89	91	92

Fuente: Welch, 2014.

Esta tabla permite evidenciar la dualidad en cuanto a la naturaleza de los enlaces químicos, es decir, si por ejemplo la diferencia de electronegatividad de dos átomos enlazados es 1.7, el enlace es 51% iónico, pero también es 49% covalente, en consonancia con el continuo covalente-iónico-metálico planteado por García, Garritz y Chamizo.

Lewis señaló que la misma tendencia opera en la formación de moléculas que contienen enlaces covalentes, describe un núcleo cargado positivamente rodeado de electrones ordenados en capas o niveles energéticos concéntricos. Hay un máximo de electrones que se pueden acomodar en cada capa de acuerdo con el algoritmo $2n^2$, donde n es el nivel de energía, por tanto, es obvio esperar: dos en la primera, ocho en la segunda, dieciocho en la tercera, treinta y cuatro en la cuarta capa energética, al igual que la quinta, dieciocho en la sexta, y finalmente, ocho electrones en la séptima capa energética. sin embargo, la última capa de energía de cualquier átomo no puede contener más de ocho electrones en observancia de la ley octeto, asimismo, el número cuántico azimutal o momento angular, permite reconocer la orientación del orbital y de esta forma mayores probabilidades de encontrar electrones debido a la identificación del orbital, donde el llenado de los electrones pertenece a los electrones de Pauling. La estabilidad máxima se alcanza cuando se completa la capa externa, como en los gases nobles. Tanto enlaces iónicos como covalentes surgen de la tendencia de los átomos por alcanzar esta configuración electrónica estable, explicitando que la ley de octeto no es la causa del enlace químico sino más bien una consecuencia, tal como lo plantean Taber & Coll, 2002. El enlace iónico resulta de la transferencia de electrones, como, por ejemplo, en la formación de fluoruro de litio. Un átomo de litio tiene dos electrones en su capa interna y uno en su capa externa o de valencia; un átomo de flúor a cambio, consta de dos electrones en su capa interna y siete en su capa externa, lo cual permite la ganancia de un electrón proveniente del litio y esto le confiere al flúor una capa externa completa con ocho electrones. El fluoruro de litio se forma por la transferencia de un electrón del litio al flúor; el litio tiene ahora una carga positiva, y el flúor, una negativa, tal como se muestra en la ilustración No 3. 1. La atracción electrostática entre iones de carga opuesta se denomina enlace iónico, Thornton & Neilson, 1998; otro aspecto es precisar el tipo de sistema cristalográfico que este enlace configura espacialmente.

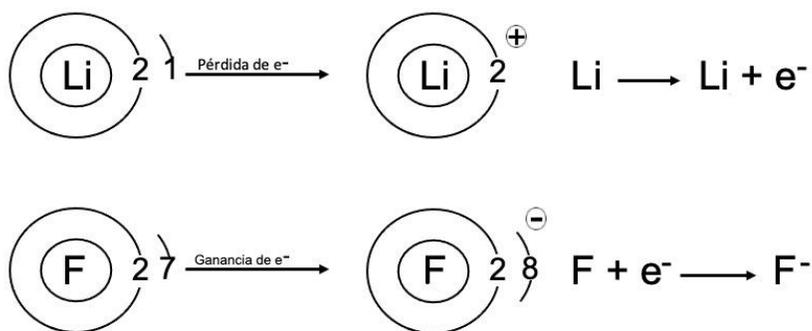


Ilustración No. 3.1. Enlace iónico (Thornton & Neilson, 1998)

El enlace covalente ocurre cuando un par de electrones son compartidos por dos átomos. En ese sentido, Chang, R, 2010, pág. 374 lo definió como “*un enlace en el que dos electrones son compartidos por dos átomos*”. Por su parte Pauling, 1959, pág. 212, lo definió como la propiedad que une a dos átomos, es decir, “*un par compartido de electrones*”. En términos de Brown, LeMay, Bursten, & Burdge, 2004, pág. 275, se define dicho enlace cuando “*se comparten uno o más pares de electrones entre átomos, según sea necesario para lograr un octeto de electrones en torno a cada átomo*”.

Para el explicar el concepto de enlace covalente, es necesario abordar el significado de la hibridación de orbitales atómicos, no sin antes precisar que en “los enlaces covalentes de moléculas con octeto están comprometidos los orbitales correspondientes a los subniveles s y p del último nivel de energía, pues la sumatoria de sus electrones da como resultado 8. Aquellas moléculas con octeto aumentado o expandido, además de los 4 orbitales mencionados anteriormente, involucran uno o dos orbitales del subnivel *d* (*dark*)”, Cárdenas & Narvaéz, 2018.

Cárdenas, 2017 sustenta que “Un orbital atómico es un campo electromagnético donde existe la probabilidad de encontrar como máximo un par de electrones con spin contrario; pues, los orbitales híbridos u orbitales moleculares resultan de la interacción o solapamiento de orbitales atómicos comprometidos en un enlace”, tal como ocurre en las moléculas sencillas, no obstante, para “las moléculas poliatómicas, los orbitales atómicos se deben traslapar formando orbitales híbridos, cuyas disposiciones espaciales son diferentes a las de los orbitales atómicos, así son posibles varios tipos de hibridación, a saber: sp , sp^2 , sp^3 , sp^3d^1 , sp^3d^2 ,” Cárdenas & Narvaéz, 2018. Por tal razón, el traslape de orbitales híbridos explica la formación de interacciones sigma (σ) y la interacción electrostática de orbitales no híbridos produce interacciones pi (π).

3.4.1.1 Hibridación *sp*.

La hibridación *sp* es “un acomodo lineal de dominios de electrones” formando un ángulo de 180°” Brown, LeMay, Bursten, & Burdge, 2004, pág. 332, dicho en otras palabras, es la interacción o traslape de un orbital de tipo s con un orbital de tipo Px, formando dos orbitales híbridos de tipo *sp* (σ) y dejando libres dos orbitales no híbridos de tipo Py y Pz (π). Como un ejemplo de este caso de hibridación se plantea la molécula de N₂ para dar explicación, “se inicia ubicando al N en el grupo 15 (5A) y una electronegatividad de 3.0; al efectuar la resta se tiene: $3.0 - 3.0 = 0 < 1.6$, esta diferencia de acuerdo con el umbral, de Pauling determina el carácter covalente del enlace, con esta clasificación se elaboran las estructuras de Lewis para explicitar el tipo de enlace covalente establecido, tal como se muestra en las ilustraciones 3.2 y 3.3.” Cárdenas & Narvaéz, 2018.

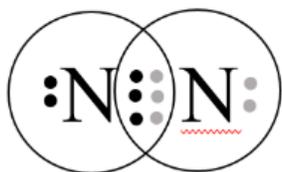


Ilustración No.
3.2. Estructura de
puntos.



Ilustración No.
3.3. Estructura de
guiones.

Utilizando Chem Sketch se diagrama la interacción o solapamiento de orbitales híbridos y libres de los dos átomos de nitrógeno, tal interacción se muestra en la ilustración No. 3.4

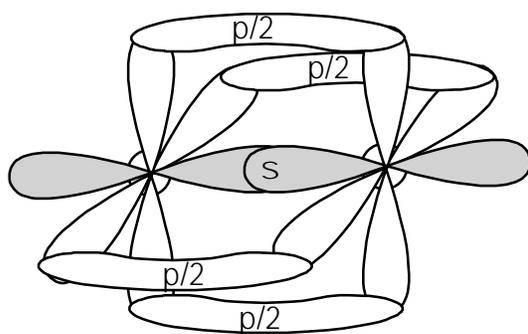


Ilustración No. 3.4. Orbitales moleculares de N₂.

Se evidencia entonces la formación de un “enlace covalente triple entre los dos átomos de nitrógeno, este enlace se explica a través de hibridación *sp* con un ángulo de enlace de 180°; este enlace covalente triple en realidad y tal como se muestra en la ilustración No. 3.4, se encuentra formado por una interacción *sigma* como producto del solapamiento o traslape de dos orbitales

híbridos y dos interacciones pi formadas por el traslape de los orbitales no híbridos $2P_y$ y $2P_z$ ”, Cárdenas & Narvaéz, 2018.

Según el modelo de “RPECV (Repulsión del Par Electrónico de la Capa de Valencia) la molécula de nitrógeno, debe poseer dos orbitales híbridos idénticos orientados linealmente; cada átomo de N ($1s^2, 2s^2, 2p^3$) tiene cinco electrones en la capa de valencia, además en el estado excitado tiene tres electrones $2p$ desapareados en cada uno de los orbitales $2p_x, 2p_y$ y $2p_z$, los cuales pueden enlazarse con cada uno de los electrones promovidos del otro átomo excitado de nitrógeno, obviamente la promoción energética obedece al principio de Hund para poder enlazarse, porque en el estado basal es imposible el enlace; porque tiene dos pares de electrones de valencia apareados como pares anti enlazantes, la promoción o excitación antes mencionada le permite a uno de los dos electrones del orbital $2s$ y $2p_x$, saltar a los orbitales $2p$ disponibles y en esas condiciones enlazarse al otro átomo de nitrógeno. Las configuraciones basales (estado neutro) y excitada del átomo de nitrógeno se muestran en la ilustración No. 3.5.”, Cárdenas & Narvaéz, 2018.

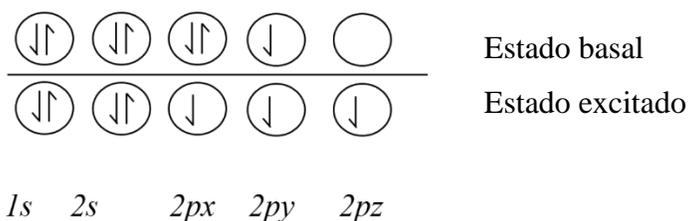


Ilustración No. 3.5. Estado basal y excitado para el átomo de nitrógeno.

3.4.1.2 Hibridación sp^2 .

La hibridación sp^2 es la interacción de “dos orbitales p (P_x y P_y) con un orbital s, para generar 3 orbitales híbridos dispuestos en el mismo plano de simetría con ángulos de 120° , posición de máximo rechazo y comodidad energética. El orbital p_z no participa de la interacción y queda por fuera del plano de simetría de los tres orbitales híbridos sp^2 , formando un ángulo de 90° con este plano”, Cárdenas & Narvaéz, 2018. Para este caso se plantea la molécula de O_2 , el número atómico del oxígeno es ocho, por tal razón su configuración electrónica en el estado excitado se ilustra en la ilustración No. 3.6.”, Cárdenas & Narvaéz, 2018.

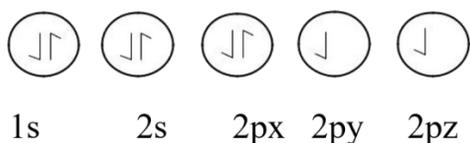
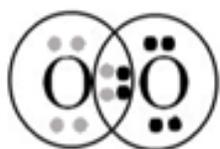
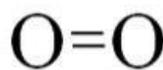


Ilustración No. 3.6. Estado excitado del átomo de oxígeno.

En este sentido, “cada átomo de oxígeno tiene la posibilidad de formar un enlace covalente doble con otro semejante. La resta de la electronegatividad $3.5 - 3.5 = 0 < 1.6$ confirma el tipo de enlace antes anunciado. Solo resta elaborar las estructuras de Lewis correspondientes, las cuales se muestran en las ilustraciones 3.7 y 3.8”, Cárdenas & Narvaéz, 2018.



*Ilustración No. 3.8.
Estructura de puntos del
O₂.*



*Ilustración No. 3.7.
Estructura de Lewis O₂.*

La hibridación sp^2 correspondiente a esta molécula se indica en la ilustración No. 3.9.

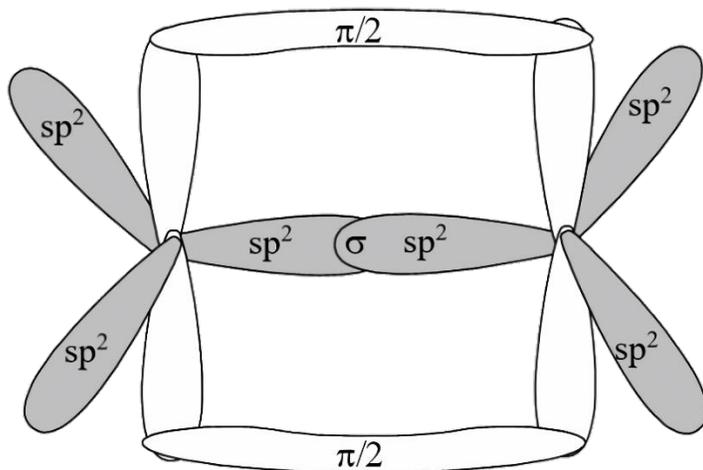
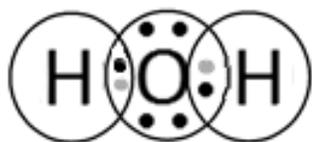


Ilustración No. 3.9. Hibridación sp^2 para la molécula de O₂.

3.4.1.3 Hibridación sp^3 .

Para explicar la hibridación sp^3 se presenta “la molécula de agua donde interaccionan tres orbitales p (P_x , P_y y P_z) con un orbital s del átomo de oxígeno, para generar cuatro orbitales híbridos dispuestos espacialmente de forma tetraédrica con el fin de contrarrestar el rechazo electrostático debido a la presencia de dos electrones en cada uno de ellos. El oxígeno y el

hidrógeno se encuentran ubicados en los grupos 6A o 16 y 1A o 1 respectivamente y los valores de sus electronegatividades son 3.5 y 2.1. La diferencia de electronegatividades $3.5 - 2.1 = 1.4 < 1.6$ conduce a plantear la ocurrencia de un enlace covalente. Las estructuras de Lewis para la molécula de agua se indican en las ilustraciones 3.10 y 3.11.”, Cárdenas & Narvaéz, 2018.



*Ilustración No.3.10.
Estructura de puntos del H₂O.*



*Ilustración No.3.11.
Estructura de guiones del H₂O.*

La hibridación sp^3 es un solapamiento o traslape de un orbital de tipo s y tres de tipo p , tal como se anunció anteriormente, tal interacción se ilustra en las ilustraciones No. 3.12, 3.13 y 3.14.

La hibridación sp^3 es un solapamiento o traslape de un orbital de tipo s y tres de tipo p , tal como se anunció anteriormente, tal interacción se evidencia en las figuras No. 3.12, 3.13 y 3.14.

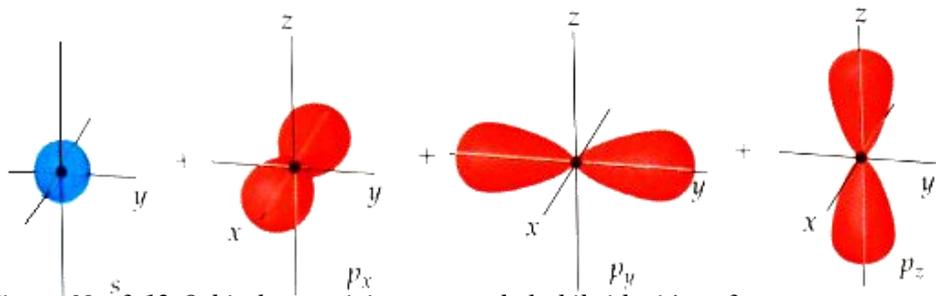


Figura No. 3.12. Orbitales participantes en de la hibridación sp^3 .

Fuente: Brown, LeMay, Bursten, & Burdge, 2004, pág. 325.

La interacción de los cuatro orbitales antes anunciada se denota detalladamente en la figura No. 3.13.

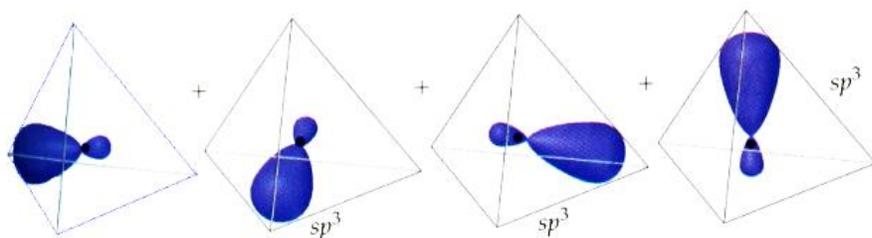


Figura No. 3.13. Detalle de la hibridación sp^3 .

Fuente: Brown, LeMay, Bursten, & Burdge, 2004, pág. 335.

El arreglo final se muestra en la figura No. 3.14.

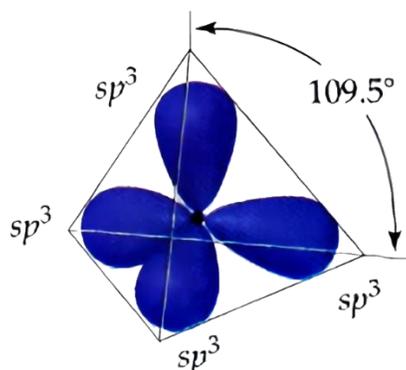


Figura No. 3.14. Disposición geométrica tetraédrica de la hibridación sp^3 .

Fuente: Brown, LeMay, Bursten, & Burdge, 2004, pág. 325.

Cárdenas & Narvaéz, 2018, afirman que “la hibridación sp^3 produce cuatro orbitales híbridos, responsables de interacciones sigma cuando se traslapan con orbitales del mismo tipo. Bajo este tipo de hibridación no son posibles las interacciones π por carecer de orbitales libres en la interacción electrostática.”

Por otro lado, se encuentran las moléculas con hibridación mixta, para tal caso se plantea la molécula del 1-buteno, cuya fórmula molecular es C_4H_8 posee hibridación sp^3 y sp^2 tal como se indica en las figuras No. 3.15 y No. 3.16, Cárdenas, 2017.

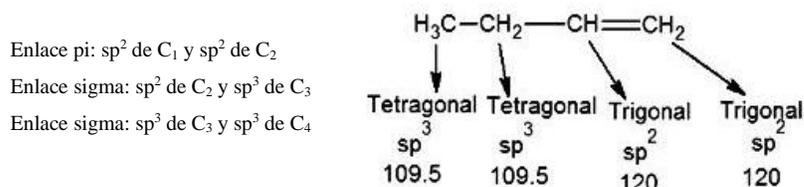


Figura No. 3.15. Hibridaciones sp^3 y sp^2 del 1-buteno.

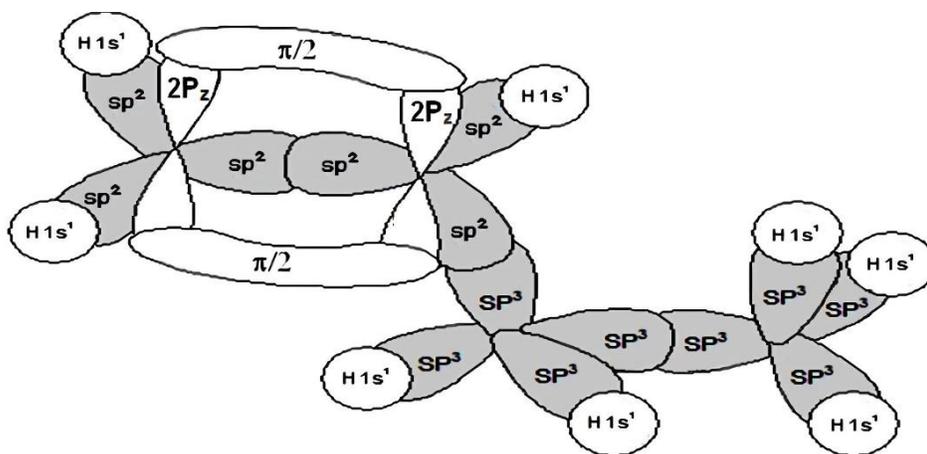


Figura No. 3.16. Orbitales moleculares del 1-buteno.

En cuanto a la estructura molecular del 2-butino, un alquino con hibridación sp^3 y sp , sus estructuras se detallan en las figuras No. 3.17 y No. 3. 18, Cárdenas, 2017.

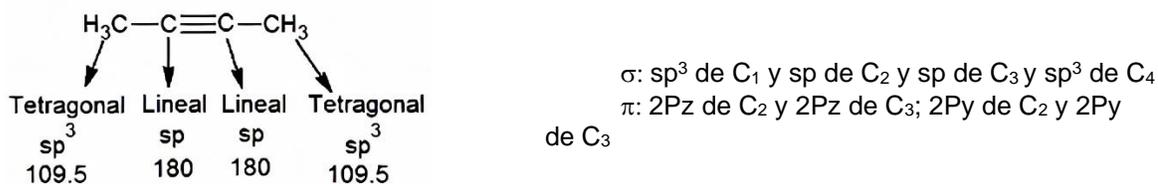


Figura No. 3.17. Hibridaciones sp^3 y sp del 2-butino.

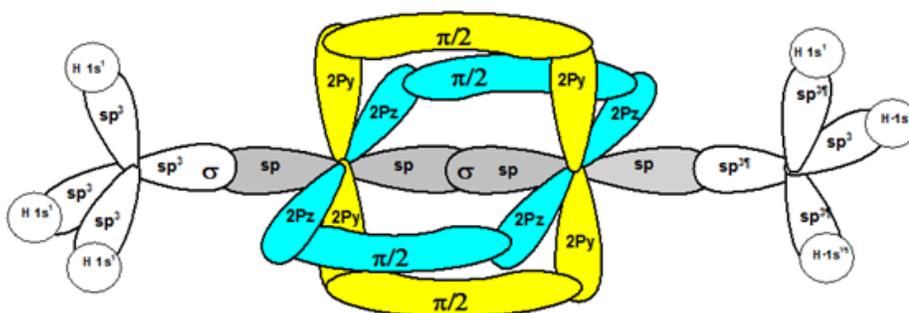


Figura No. 3.18. Orbitales moleculares del 2-butino.

A nivel disciplinar, el concepto de enlace químico es denominado como concepto estructurante de la química, Gagliardi & Giordan, 2006, quien permite comprender conceptos como, la formación de enlaces, tipos de sustancias y reacciones químicas, entre otros, dicho en otras palabras y según Pauling “el concepto de enlace químico es el concepto más valioso de la química” Pauling, 1992 citado en Alvarado Zamorano, 2005 y González, 2017. De esta manera, Chamizo, García, & Garritz, 2008 exponen, que las fuerzas que conservan la unión de los átomos

en los diferentes compuestos se deben a su naturaleza eléctrica, debido a que son eléctricamente neutros gracias a la composición de cantidades iguales de cargas negativas (electrones) y positivas (protones), por tanto, un enlace solo se puede constituir cuando las interacciones atractivas sean mucho más poderosas que las repulsivas, puesto que la atracción existente entre los electrones y el núcleo facilitan al vencer la repulsión nuclear.

En la misma línea, el modelo de enlace recae en las electronegatividades de los elementos presentes en un enlace químico, en su igualdad o compartición de electrones, de este modo, el concepto de enlace covalente “es aquel en el cual dos átomos comparten electrones, provenientes de cada uno de ellos” Chamizo, García, & Garriz, 2008. Del mismo modo, resulta beneficioso el abordaje del concepto químicos bajo la perspectiva de la mecánica cuántica, fundamentado por la Ley de Coulomb expuesta en el siglo XVIII acerca de las cargas electrostáticas, puesto que dicha naturaleza cumple un papel importante en la formación del enlace químico y a su vez se entiende la “fuerza eléctrica de atracción entre dos electrones el enlace y los núcleos positivos del átomo, conocido como enlace covalente” Caamaño, 2016.

Por otro lado, desde el punto de vista pedagógico la ciencia y primordialmente la química presenta una serie de definiciones, a lo que no siempre son sencillas de comprender o interiorizar en los educandos conforme a su amplio nivel de conceptualización, Taber, 2001, por tanto, debido a la desarticulación de conceptos enseñados en ciencias naturales, especialmente en los conceptos que permiten comprender el enlace químico Giraldo Galvéz, 2007, se visibiliza uno de los problemas fundamentales con el aprendizaje de dicho concepto a nivel de textos universitarios, dando lugar a la tergiversación del mismo por parte de los estudiantes al momento de abordar la fundamentación desde perspectiva cuántica, tales como, teoría de enlace de valencia (TEV) y teoría de orbitales moleculares (TOM) con el objetivo de explicar y describir la formación del enlace covalente. Por ello, plasmar el alcance e importancia de la mecánica cuántica es de suma relevancia para la explicación del enlace químico y su integridad, demostrando que dicho concepto se debe a las fuerzas electromagnéticas presentes entre los átomos Villaveces C, 1897.

De acuerdo a anteriormente mencionado, se evidencia una relación entre el aprendizaje de la física y la química, en donde, se reconoce la existencia de conceptos independientes los cuales no componen el concepto total de enlace covalente, mientras que la unificación de los mismo permite una visión ampliada del mismo, por tanto, los “conceptos introducidos posteriormente

deben relacionarse de forma significativa con el enlace químico como concepto estructurante” De Posada, 1993 citado en Giraldo Galvéz, 2007. Asimismo, se emplea la necesidad de integración de representaciones puntuales de Lewis, además, del concepto de electronegatividad, ley del octeto y polaridad, reiterando que la ley de octeto es una consecuencia del enlace químico, no un principio explicativo del mismo.

3.4.1.4 La radiación electromagnética y la espectrofotometría infrarroja en enlaces covalentes.

Para abordar estos dos conceptos se hace imprescindible explicitar la naturaleza o comportamiento de los enlaces covalentes al interior de las moléculas donde se ubican: dos átomos unidos mediante enlace covalente, debido a la participación de las cargas eléctricas tanto de sus electrones como de sus núcleos, generan movimientos característicos, los cuales se equiparan a los de un oscilador armónico simple, los cuales se denominan de flexión y tensión respectivamente, y a su vez pueden ser simétricos o asimétricos. Cuando se hace incidir una radiación electromagnética cualquiera sobre la trayectoria de dos átomos enlazados, estos absorben parte de ella generando el fenómeno de la absorbancia, y dejan pasar la radiación sobrante, es decir producen transmitancia.

Los enlaces covalentes producen el fenómeno absorbancia-transmitancia en el campo del infrarrojo del espectro electromagnético, es decir con números de onda comprendidos entre 0.1 a 13000 cm^{-1} , aunque de manera específica, estos enlaces vibran con frecuencias entre 400 a 4000 cm^{-1} . Tales vibraciones generan señales electromagnéticas, las cuales se hacen evidentes en un espectro de absorbancia o de transmitancia, al respecto,

Narváez Zamora, 2018, plantea que “un enlace covalente cualquiera se comporta como un resorte u oscilador armónico simple por el cual cumple la ley de Hooke esta ley plantea el cálculo de la fuerza de ese resorte F_r en los momentos de máxima y mínima elongación, tal fuerza se cuantifica usando el algoritmo”:

$$F_r = -kx$$

(Ecuación 1)

K hace referencia a la constante elástica del resorte y el signo negativo a la fuerza de restauración de este, y x se entiende como el desplazamiento del resorte. A partir de esto, se tiene.

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$$

(Ecuación 2)

La frecuencia oscilatoria v , se comprende como la frecuencia de oscilación, K la constante de elasticidad y m , la masa del cuerpo oscilante; sin embargo, en un enlace están comprometidos dos átomos, entonces, en la ecuación 2 debe incorporarse la masa de estos dos átomos, para ello se usa el concepto de masa reducida (crítica) μ , la cual se calcula usando el algoritmo siguiente” Narváez Zamora, 2021:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

Así, la ecuación 2 queda en los siguientes términos:

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

(Ecuación 3)

La ecuación 3 es aplicable para una sustancia con enlaces covalentes, para trabajar con la masa atómica comprometida en un enlace covalente, basta con dividir la masa crítica entre el número de Avogadro, así

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\mu/6.023 \times 10^{23}}}$$

resolviendo se tiene:

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K(6.023 \times 10^{23})}{\mu}}$$

sacando la raíz cuadrada del número de Avogadro:

$$v = \frac{7.76 \times 10^{11}}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

finalmente, como $v = \tilde{\nu} c$ entonces

$$\tilde{\nu} = \frac{7.76 \times 10^{11}}{2\pi c} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

utilizando la velocidad de la luz al vacío:

$$\tilde{\nu} = \frac{7.76 \times 10^{11}}{2\pi \left(\frac{3 \times 10^{10} \text{ cm}}{\text{seg}} \right)} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

Esta ecuación se modifica así:

$$\tilde{\nu} = \frac{7.76 \times 10^{11}}{2\pi \left(3 \times 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \right)} \sqrt{\frac{K}{\mu}}, \text{ resolviendo se tiene:}$$

La constante K para un enlace covalente sencillo es igual a

$$5 \times 10^5 \text{ g} \frac{\text{dinas}}{\text{cm}}$$

Por tanto, este valor se usa en todos los cálculos requeridos,

$$\tilde{\nu} = \frac{7.76 \times 10^{11}}{2\pi \left(3 \times 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \right)} \sqrt{\frac{K}{\mu}} = \frac{4,12}{\frac{\text{cm}}{\text{seg}}} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

de este modo,

(Ecuación 4)

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\frac{\text{cm}}{\text{seg}}} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

Reemplazando en la ecuación 4 y teniendo en cuenta el valor de K, el cual para un enlace covalente sencillo es igual a $5 \times 10^5 \text{ g} \frac{\text{dinas}}{\text{cm}}$, sin embargo, una dina equivale a la energía necesaria para desplazar 1.0g de masa durante 1 seg^2 , es decir, $1.0 \text{ dina} = \text{g} \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2}$, reemplazando en la ecuación, se tiene:

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\frac{\text{cm}}{\text{seg}}} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\frac{\text{cm}}{\text{seg}}} \sqrt{\frac{5 \times 10^5 \text{ g} \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2}}{\mu (\text{g})}}$$

ahora, se operan las unidades paso a paso,

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\frac{cm}{seg}} \sqrt{\frac{5 \times 10^5 \frac{g}{seg^2} \frac{cm}{seg^2}}{\mu (g)}} = \frac{4,12}{\frac{cm}{seg}} \sqrt{\frac{5 \times 10^5 \frac{1}{seg^2}}{\mu}}$$

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\frac{cm \cdot seg}{seg}} \sqrt{\frac{5 \times 10^5}{\mu}} = \frac{4,12}{cm} \sqrt{\frac{5 \times 10^5}{\mu}}$$

De este modo, las unidades equivalentes a dinas se cancelan al realizar los cálculos de cada enlace covalente.

La región infrarroja se ubica en el contexto del espectro electromagnético completo, tal como lo muestra la ilustración No. 3.19.

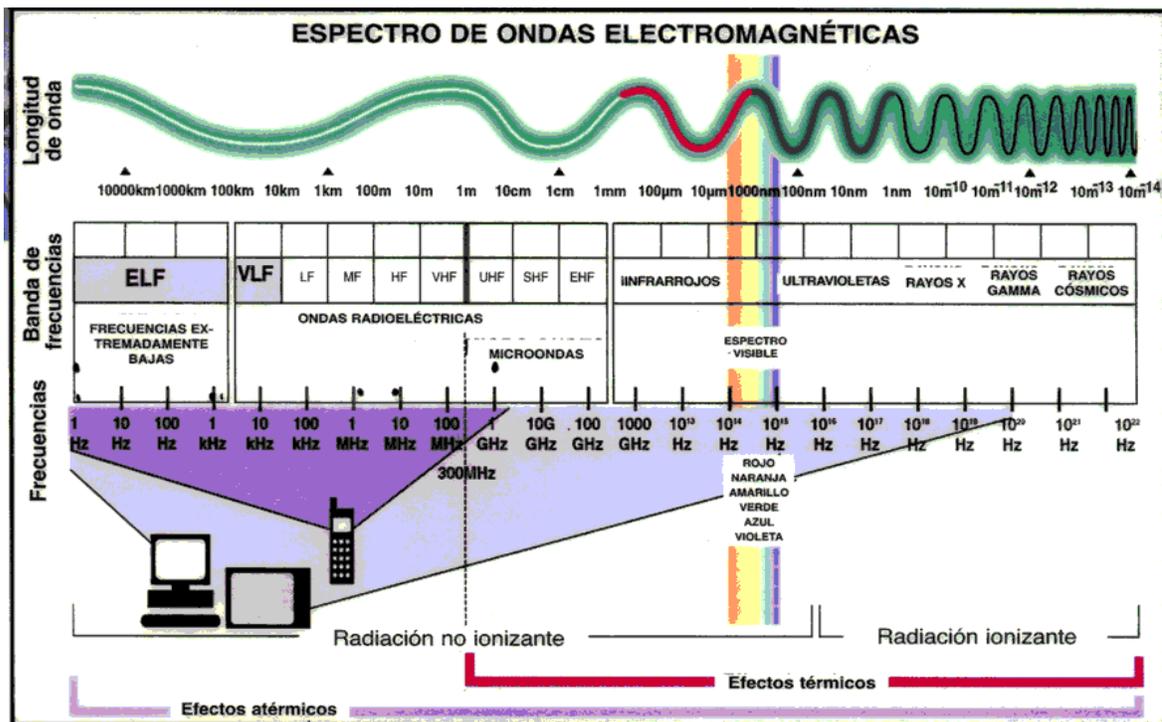


Ilustración No. 3.19. Espectro de frecuencias electromagnéticas.

Fuente: Tomasi, 2003.

De acuerdo con las diversas zonas del espectro electromagnético, “La radiación infrarroja se encuentra en el intervalo de 13000 y 10 cm⁻¹ o, entre 0.77 y 1000 μm”, Mondragón, 2015, con base a las distintas aplicaciones de la espectroscopia de infrarrojo se ha clasificado en tres

intervalos correspondientes a infrarrojo cercano, infrarrojo medio e infrarrojo lejano. En donde se reconoce el infrarrojo medio en el cual se han encontrado las aplicaciones fundamentales.

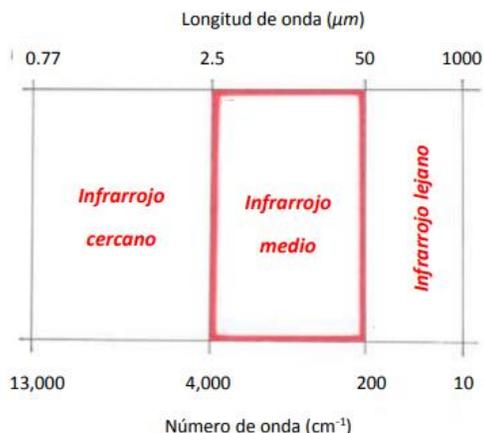


Ilustración No. 3.20. clasificación de la radiación infrarroja.

Fuente: Mondragón, 2015.

En síntesis, la interacción entre la radiación infrarroja media con los enlaces covalentes, permite establecer la estructura molecular de las sustancias químicas, es decir, aporta información precisa sobre el tipo de enlaces de acuerdo con el número de onda generado, el cual se evidencia como un pico o vibración, cuya área bajo la curva por transformadas de Fourier, muestra la intensidad de la interacción resultante entre la radiación infrarroja y el tipo específico de enlace covalente. Esencialmente la energía de la radiación, localizada en determinada longitud de onda del infrarrojo, es absorbida por una molécula (o parte de ella) que se encuentra vibrando en su estado basal a la misma longitud de onda que la radiación infrarroja incidente, provocando con ello un cambio en la intensidad de la vibración” Mondragón, 2015. En otras palabras, un “espectro de IR consiste en una representación gráfica de la interacción producida entre la radiación infrarroja con una molécula”; no toda la energía incidente a traviesa el campo electromagnético de un enlace, una parte se absorbe cuando colisiona momentáneamente con un átomo (absorbancia) y el resto logra atravesarlo (transmitancia) generándose una señal visible como una banda o un pico característico de acuerdo con el tipo de átomos enlazados. Estas bandas o picos se ubican en determinadas regiones del espectro infrarrojo con una longitud de onda, una frecuencia o unos números de onda inconfundibles y fáciles de ubicar e identificar

Las vibraciones moleculares pueden realizarse con ciertos valores de energía, los cuales se miden de acuerdo con el área bajo la curva y este procedimiento matemático se hace con las

transformadas de Fourier, para lo cual, los equipos de espectrofotometría están dotados de un interferómetro diseñado para medir esas áreas y generar una señal electrónica que como ya se dijo anteriormente, se identifica como un pico del espectro. Mondragón, 2015, sustenta que “la existencia de estos valores, para producir una vibración implica que sí se hace incidir fotones de energía adecuados (en el infrarrojo), éstos serán absorbidos solamente por aquellas uniones atómicas que posean un momento dipolar.” La vibración es a menudo muy compleja, pero puede considerarse la combinación de varios movimientos vibratorios muy simples, a los que se les denomina modos normales de vibración. Existen dos tipos de vibraciones moleculares: “tensión (s) y flexión (d) según que un átomo vibre en la misma dirección del enlace (tensión) o perpendicularmente a él (flexión)”, Castañeda, 2020, como se evidencia en la gráfica No. 3.21

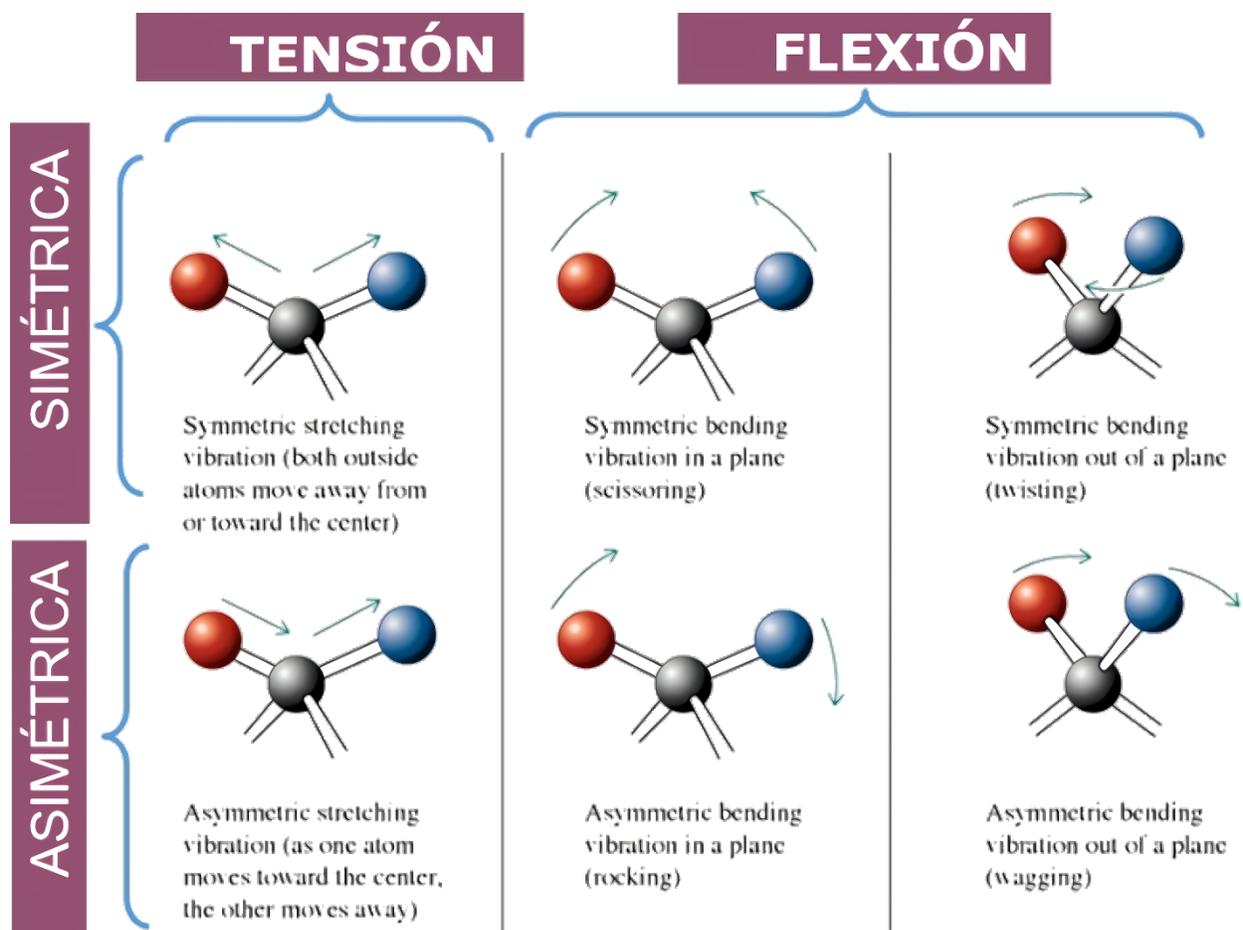


Ilustración No. 3.21. Tipos de vibraciones en moléculas.

Fuente: Castañeda, 2020.

Estas clases de movimientos o elongaciones, similares a las de un oscilador armónico, son las responsables de los espectros infrarrojos producidos por enlaces covalentes; a continuación, se describen algunos enlaces covalentes muy frecuentes y relevantes.

3.4.1.5 El espectro infrarrojo

Tal como se enunció anteriormente, un espectro infrarrojo es una gráfica derivada de la interacción entre la radiación electromagnética correspondiente al infrarrojo medio y una molécula con enlaces covalentes. En un espectro infrarrojo se distinguen dos regiones típicas, la zona de análisis y la zona de la huella dactilar, las cuales se describen a continuación.

Por una parte, la zona de la huella dactilar está ubicada entre $1400\text{-}600\text{ cm}^{-1}$, donde las bandas que surgen en esta zona son el producto de varios tipos de vibraciones de los enlaces detectados en una estructura molecular, por lo cual es difícil asignar el origen de una banda en particular, debido a las diferentes vibraciones de alargamiento y contracción experimentadas por todos los enlaces que cada compuesto contiene, los cuales generan una absorción característica. En esta zona de huella dactilar se ubican de forma comprimida, todas las vibraciones producidas por todos los enlaces moleculares.

Por otra parte, la zona de análisis situada entre $4000\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$ permite la identificación de los grupos funcionales presentes en las moléculas orgánicas, las absorciones referentes a la zona de análisis usualmente provienen de vibraciones de estiramientos, los cuales se hacen marcadamente visibles guardando relación con la energía absorbida-trasmitida. Estos movimientos normales de vibración de cada molécula generan señales, las cuales se grafican como bandas o picos característicos como producto de la interacción de los enlaces con los fotones de la región del infrarrojo. Cuando se absorbe energía la molécula se dice que pasa a un estado de vibración superior en el que los modos de vibración no varían, ni sus frecuencias, pero sí la amplitud de la vibración, Mondragón, 2015.

Para el análisis de los enlaces covalentes, se presentan algunos cálculos relacionados con los tipos de enlace covalente más frecuentes a nivel molecular, tales como C–C, C=C y C≡C, C–O, C–H, O–N, los cuales no siempre tienen el mismo valor y esto ocurre debido a los diferentes tipos de equipos usados o los niveles de pureza de las sustancias analizadas, además, es común encontrar señales inusuales las cuales constituyen el “ruido molecular” provenientes de

impurezas, generalmente imposibles de evitar, debido a la imposibilidad de conseguir sustancias puras al 100%, Narváez Zamora, 2021.

Enlace C–C

Las masas atómicas son: C = 12.011 g/mol, por tanto, la masa crítica se calcula empleando el algoritmo:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$
$$\mu = \frac{12.011 \text{ g} (12.011 \text{ g})}{12.011 \text{ g} + 12.011 \text{ g}} = 6.0 \text{ g}$$

Retomando las ecuaciones planteadas anteriormente, se permite reemplazar en la ecuación 4.

$$\tilde{\nu} = 4,12 \sqrt{\frac{\text{K}}{\mu}}$$
$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\text{cm}} \sqrt{\frac{(5 \times 10^5 \text{ g})}{6.0}} = 1189.34 \text{ cm}^{-1}$$

Enlace C=C

Las masas atómicas son: C = 12.011 g/mol, por tanto, la masa crítica se calcula empleando el algoritmo:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$
$$\mu = \frac{12.011 \text{ g} (12.011 \text{ g})}{12.011 \text{ g} + 12.011 \text{ g}} = 6.0 \text{ g}$$

Reemplazando en la ecuación 4.

$$\tilde{\nu} = 4,12 \frac{\text{seg}}{\text{cm}} \sqrt{\frac{\text{K}}{\mu}}$$
$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\text{cm}} \sqrt{\frac{2(5 \times 10^5)}{6.0}} = 1681.98 \text{ cm}^{-1}$$

Enlace C=C

Las masas atómicas son: C = 12.011 g/mol, por tanto, la masa crítica se calcula empleando el algoritmo:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$\mu = \frac{12.011 \text{ g} (12.011 \text{ g})}{12.011 \text{ g} + 12.011 \text{ g}} = 6.0 \text{ g}$$

Reemplazando en la ecuación 4.

$$\tilde{\nu} = 4,12 \frac{\text{seg}}{\text{cm}} \sqrt{\frac{\text{K}}{\mu}}$$

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\text{cm}} \sqrt{\frac{3(5 \times 10^5)}{6.0}} = 2060 \text{ cm}^{-1}$$

Enlace C–O

Las masas atómicas son: C = 12.011 g/mol e O = 15.9994 g/mol, por tanto, la masa crítica se calcula empleando el algoritmo:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$\mu = \frac{12.011 \text{ g} (15.9994 \text{ g})}{12.011 \text{ g} + 15.9994 \text{ g}} = 6.86 \text{ g}$$

Reemplazando en la ecuación 4.

$$\tilde{\nu} = 4,12 \frac{\text{seg}}{\text{cm}} \sqrt{\frac{\text{K}}{\mu}}$$

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\text{cm}} \sqrt{\frac{(5 \times 10^5)}{6.86}} = 1112.29 \text{ cm}^{-1}$$

Enlace C–H

Las masas atómicas son: C = 12.011 g/mol e H = 1.0079 g/mol, por tanto, la masa crítica se calcula empleando el algoritmo:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$\mu = \frac{12.011 \text{ g} (1.0079 \text{ g})}{12.011 \text{ g} + 1.0079 \text{ g}} = 0.9298 \text{ g}$$

Reemplazando en la ecuación 4.

$$\tilde{\nu} = 4,12 \frac{\text{seg}}{\text{cm}} \sqrt{\frac{\text{K}}{\mu}}$$

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\text{cm}} \sqrt{\frac{(5 \times 10^5)}{0,9298}} = 3021.25 \text{ cm}^{-1}$$

Enlace O–N

Las masas atómicas son: O = 15.9994 g/mol e N = 14.006 g/mol, por tanto, la masa crítica se calcula empleando el algoritmo:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$\mu = \frac{15.9994 \text{ g} (14.006 \text{ g})}{15.9994 \text{ g} + 14.006 \text{ g}} = 7.4682 \text{ g}$$

Reemplazando en la ecuación 4.

$$\tilde{\nu} = 4,12 \frac{\text{seg}}{\text{cm}} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

$$\tilde{\nu} = \frac{4,12}{\text{cm}} \sqrt{\frac{(5 \times 10^5)}{7.4682}} = 1066.04 \text{ cm}^{-1}$$

De esta manera, se ubican los números de onda antes calculados en la ilustración No.3.22

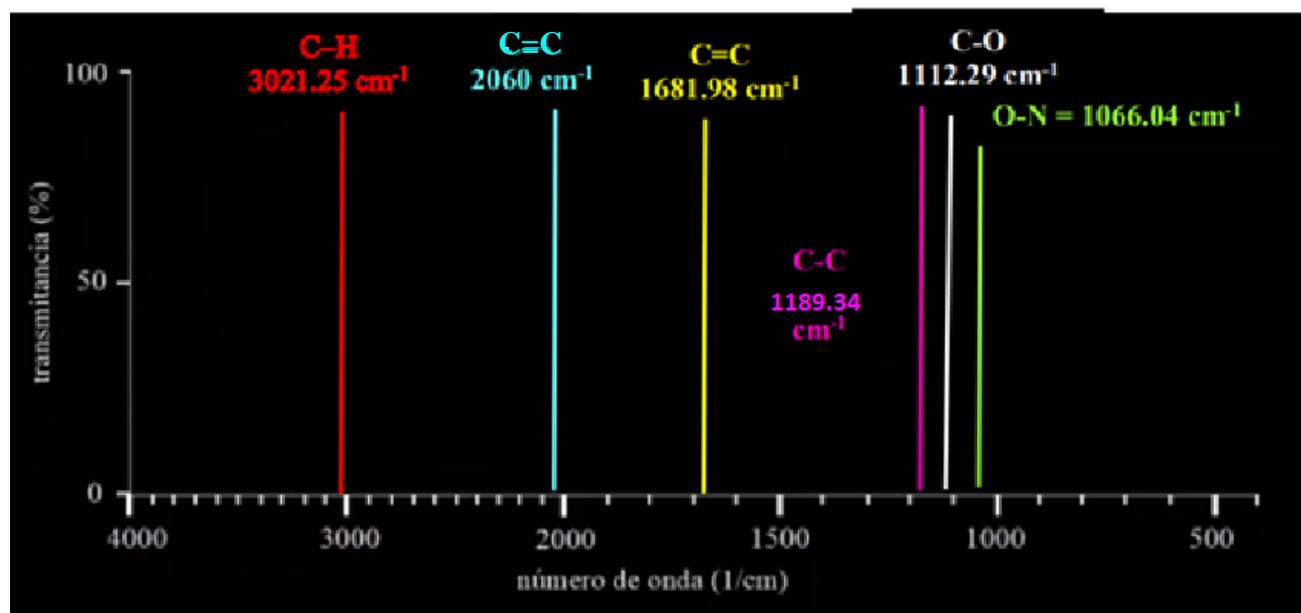


Ilustración No. 3.22. Señales de algunos enlaces covalentes sencillos.

Fuente: Narváez Zamora, 2021.

Asimismo, a partir de los anteriores cálculos, se resaltan las regiones correspondientes a las señales provenientes de átomos de carbono enlazados a través de hibridación sp , sp^2 y sp^3 las cuales se muestran en la ilustración No. 3.23.

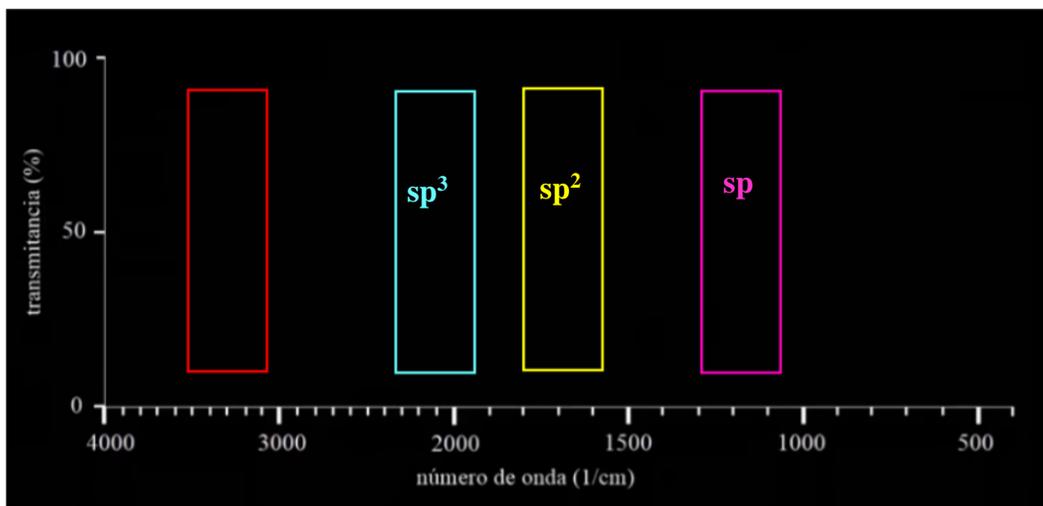


Ilustración No. 3.23. Regiones de hibridaciones sp , sp^2 y sp^3 del átomo de carbono.

Fuente: Narváez Zamora, 2021.

El tipo de hibridación involucrado en un enlace covalente, determina el número de onda de la señal generada en un espectro IR. A continuación, se presentan los tres casos posibles de hibridación de un átomo de carbono, enlazado a su vez con un átomo de hidrógeno C–H, es decir, el átomo de carbono presenta enlace covalente triple, doble y sencillo con otro átomo de carbono vecino pero enlazado también a un átomo de hidrógeno.

A pesar de los cálculos mostrados anteriormente para el enlace sencillo $\equiv C-H$, el tipo de hibridación del átomo de carbono genera una modificación en el número de onda ν ; en este enlace $\equiv C-H$, la hibridación es de tipo sp , en ella el orbital s representa el 50% del orbital híbrido, generando una señal de 3300 cm^{-1} .

Por igual en el enlace $=C-H$, el carbono tiene hibridación sp^2 y en ella el orbital s representa el 33.33% del orbital híbrido, produciendo una señal a 3100 cm^{-1} .

Por su parte en el enlace $-C-H$, el átomo de carbono posee hibridación sp^3 , donde el orbital s representa el 25% del orbital híbrido, generando una señal de 2900 cm^{-1} . Las regiones de este tipo de señales se muestran en la ilustración No. 3.23.

4. METODOLOGÍA

Con relación a la naturaleza de las variables involucradas en este estudio, el diseño metodológico de la investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, si bien la estrategia didáctica del Ir-Tutor es una variable discreta, el grado de aprendizaje es una variable continua, lo cual permite su cuantificación y análisis estadístico descriptivo e inferencial, a través de los cuales se puede determinar el alcance de los objetivos propuestos, tal como lo plantean Hernández, Hernández, Fernández, & Baptista, 1997. No obstante, la dificultad estadística de medir el grado de aprendizaje alcanzado por los estudiantes participantes y su relación con la variable independiente, el modelo metodológico es de tipo cuasiexperimental sin grupo de control tal y como lo sustentan Giroux & Tremblay, 2004, dirigido en este caso a determinar el efecto del uso de un simulador y su incidencia en el aprendizaje del concepto enlace covalente.

Dentro de este diseño metodológico se definen cuatro fases secuenciales, las cuales se describen a continuación.

4.1. Fase Inicial

En esta fase, las autoras explicitan el problema objeto de investigación; elaboran el anteproyecto y de común acuerdo con el asesor lo presentan al Comité de Currículo del Programa para obtener su aval de ejecución, así como también, la designación de jurados evaluadores. Por igual en esta fase, se precisan los referentes teóricos sobre los cuales descansa la propuesta investigativa.

4.2. Fase de Planeación

En esta fase se optimizan los objetivos, se estructuran los antecedentes, el marco teórico y se elabora el instrumento con el cual se recaba la información requerida, este instrumento se estructura teniendo en cuenta un plan de evaluación consensuado entre las autoras y el asesor del trabajo. El plan de evaluación mostrado en la tabla No.4.1, tiene como fin mejorar la validez y la confiabilidad del cuestionario. Su aplicación evita márgenes elevados de sesgo en la evaluación,

transformándola en parte integral del proceso de aprendizaje, que permite controlar los avances cognitivos alcanzados por los estudiantes.

El cuestionario pretende recabar en las y los estudiantes participantes de la investigación, datos iniciales y finales sobre el concepto de enlace químico, como concepto estructurante en el saber disciplinar de la química, Pauling, 1986; estos datos se incorporan en la tabla No. 4.1.

Tabla No. 4.1. Plan de Evaluación para elaborar el cuestionario.

Concepto	Peso Conceptual %	Ítems
1. Distribución electrónica	5	1
2. Electronegatividad	5	1
3. Tipos de enlace: iónico, covalente, metálico	20	4
4. Estructuras de Lewis	10	2
5. Hibridación	15	3
6. Polaridad de las moléculas	5	1
7. Geometría molecular	15	3
8. Ley de octeto	5	1
9. Ley periódica	5	1
10. Aplicabilidad	15	3
TOTAL		20

Una vez definido el plan de evaluación, se procede a elaborar el borrador inicial del instrumento o cuestionario con 20 ítems, distribuidos en función de su peso conceptual, peso consensuado por las autoras y el asesor.

El plan de evaluación permite construir un cuestionario válido y sin sesgo, el cual solamente debe contener un ítem o pregunta relacionado los conceptos: 1, 6, 8, y 9; dos ítems sobre el concepto 4, tres ítems sobre los conceptos: 5, 7 y 10 y cuatro ítems sobre el concepto 3. Para elaborar el plan de evaluación se hace necesario que un grupo de expertos del área se reúnan con el fin de conceptuar sobre los dos aspectos más importantes de un instrumento evaluativo: su validez y su confiabilidad, las cuales se miden a través del uso de algunos parámetros estadísticos básicos, descritos en el análisis de resultados de pruebas objetivas.

4.2.1. Cuestionario.

El cuestionario fue diseñado utilizando la escala Likert (Likert, 1932), un instrumento psicométrico que consiste en una serie de ítems o juicios a modo de afirmaciones ordenada y unidimensional ante los cuales se solicita la respuesta del sujeto, Luna, 2007, cada ítem va acompañado de una escala de valoración. Esta escala incluye cinco opciones de respuesta, las cuales se evidencian en la tabla No. 4.2.

Tabla No. 4.2. Opciones de respuesta para un cuestionario con escala Likert.

Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en Desacuerdo
-----------------------	------------	-------------	---------------	--------------------------

4.2.1.1 Operacionalización de las respuestas del cuestionario

Para evaluar las respuestas proferidas por las y los estudiantes participantes, se procede de la siguiente manera.

Si la respuesta correcta es *Totalmente de acuerdo*, la persona evaluada además de encontrar criterios suficientes en el enunciado, la acepta incondicionalmente, en este caso, la valoración se asume de acuerdo con los criterios mostrados en la tabla No. 4.3.

Tabla No. 4.3. Valoración de respuesta correcta para la opción Totalmente de acuerdo.

Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en Desacuerdo
5	4	1	3	2

Si la respuesta correcta es *De acuerdo*, la persona evaluada además de encontrar criterios insuficientes en el enunciado, lo acepta condicionalmente, en este caso, la valoración se asume de acuerdo con los criterios mostrados en la tabla No. 4.4.

Tabla No. 4.4. Valoración de respuesta correcta para la opción De acuerdo.

Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en Desacuerdo
4	5	1	3	2

Si la respuesta correcta es *En desacuerdo*, la persona evaluada considera la afirmación errónea e incompleta; la valoración otorgada se muestra en la tabla No. 4.5.

Tabla No. 4.5. Valoración de respuesta correcta para la opción Sin opinión.

Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en Desacuerdo
2	3	1	5	4

Si la respuesta correcta es *Totalmente en desacuerdo*, la persona evaluada considera la afirmación totalmente errónea, su valoración se ilustra en la tabla No. 4.6.

Tabla No. 4.6. Valoración de respuesta correcta para la opción Totalmente de acuerdo.

Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en Desacuerdo
2	3	1	4	5

Finalmente, si la respuesta otorgada por la persona evaluada es *Sin opinión*, la valoración es de 1.0.

4.2.1.2 Índice de validez del cuestionario

Para validar el contenido del cuestionario se determina el índice de validez de constructo según (Cohen & Swerdlik, 2001, pág. 188), utilizando la Razón de validez de contenido.

$$CVR = \frac{n_e - N/2}{N/2}$$

n_e = número de expertos que consideran esencial el ítem valorado.

N = número total de expertos.

Este algoritmo se aplica también como Índice de Validez de Contenido para todo el cuestionario y fue modificado por (Tristán-López, 2008).

$$CVI' = \frac{\Sigma CVR}{20}$$

En este proceso se acude a 11 expertos disciplinares, quienes formularon la valoración contenida en la tabla No. 4.7, en ella se incluyen los dos índices calculados con los dos algoritmos anteriores.

Tabla No. 4.7. Índice de validez de constructo del instrumento

Ítems	Expertos											CVR	Decisión
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,81	Incluir
2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,63	Incluir
3	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,45	Incluir
4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,63	Incluir
5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0,09	Incluir
6	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,81	Incluir
7	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0,45	Incluir
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,81	Incluir
9	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,63	Incluir
10	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,81	Incluir
11	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,63	Incluir
12	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0,63	Incluir
13	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,81	Incluir
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	Incluir
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	Incluir
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	Incluir
17	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,63	Incluir

... Continuación Tabla No.4.7.

18	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0,81	Incluir
19	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0,81	Incluir
20	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0,45	Incluir
Σ												13,86	

El índice de validez del cuestionario según Tristán-López, 2008, se calcula dividiendo la sumatoria CRV de los ítems y se divide entre el total de ellos, es decir 20.

$$CVI' = \frac{13,86}{20}$$

$$CVI' = 0,693$$

Este valor superior a 0.5 ratifica la validez del cuestionario en conjunto.

Los índices de validez de constructo CVR calculados en la tabla No. 4.7 A permitieron optimizar la redacción de cada ítem y así definir el instrumento final.

4.2.1.2 Muestra

El cuestionario fue aplicado en una muestra poblacional conformada por 25 estudiantes, conformado por 12 participantes de sexo masculino y 14 participantes de sexo femenino en modalidad virtual, con edades entre 17 y 21 años, de los estratos 1 y 2, matriculados al curso de Química General durante el periodo académico 2020-2 del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Universidad Surcolombiana sede Neiva.

4.3. Fase de Ejecución

En esta fase se implementan los pasos descritos a continuación. Primeramente, se caracterizó la estructura cognitiva inicial, posteriormente se desarrolló la unidad o secuencia didáctica (Anexo 9.1) durante los tiempos descritos en ella, dilucidando los conceptos de enlace covalente desde la perspectiva cuántica.

Se abordó la temática de propiedades atómicas periódicas, a su vez constituida por temas como tabla periódica, energía de ionización, afinidad electrónica, electronegatividad, entre otras. Seguidamente se trató la temática de enlace químico, abordando temas como ¿por qué se unen los átomos?, las moléculas, enlaces de pares electrónicos, entre otros, en tercera instancia se abordó la temática de enlace covalente y con él, temas como el umbral de Pauling, orbitales híbridos, hibridación sp , sp^2 , sp^3 y orbitales híbridos más complejos. Finalmente se plantea el contenido de espectroscopia, abordando temas como oscilador armónico (Cálculos de número de onda correspondiente a enlaces), tipos de vibración, absorción IR, constante de Planck, entre otros. Al

tiempo, se usó software Ir-Tutor, se diseñaron y se aplicaron actividades con trabajos prácticos de laboratorio virtual, organizados secuencialmente, por último, se caracterizó la estructura cognitiva final del grupo estudiado.

El tiempo empleado en la ejecución de esta fase duró cuatro semanas de clases, las cuales se llevaron a cabo bajo dos modalidades; una dentro del horario oficial del curso y otra en horario diferente, previamente convenido con los estudiantes y sus monitoras. En el desarrollo de la primera se emplearon 20 horas de intervención didáctica directa con los estudiantes. En la segunda modalidad se hicieron necesarias otras 20 horas de trabajo independiente, incluyendo las planeaciones de las clases, asesorías, revisión y corrección de talleres empleadas en el desarrollo de la temática.

4.4. Fase de Análisis de Resultados

El análisis de resultados obtenidos se sistematizó en hojas de cálculo Excel, con la finalidad de determinar las medidas de tendencia central correspondientes a la estadística descriptiva como el promedio y la varianza, y con ello estimar la eficacia del IR-Tutor sobre el aprendizaje del concepto enlace covalente a través de una prueba Z, ratificado con prueba t-student como parámetro de estadística inferencial.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para iniciar con la descripción de la información recabada, en la tabla No. 5.8 se muestran los 20 conceptos relacionados con el enlace covalente e involucrados en el instrumento con el cual se recabó la información.

Tabla No. 5.8. Conceptos involucrados en el cuestionario.

Concepto	Descripción
1	Valencia atómica
2	Electronegatividad
3	Ley de octeto
4	Enlace covalente por compartición de pares electrónicos
5	Estructuras de Lewis para enlaces covalentes
6	Polaridad molecular
7	Naturaleza del enlace covalente
8	Fuerza del enlace covalente
9	Ley de octeto para enlaces covalentes
10	Hibridación de orbitales atómicos para explicar el enlace covalente
11	Orbitales moleculares
12	Hibridación sp^2
13	Repulsión de orbitales moleculares
14	Hibridación sp
15	Hibridación sp^3
16	Zonas de absorbancia en un espectro infrarrojo
17	Vibraciones moleculares
18	Interacción de la radiación infrarroja y los enlaces covalentes
19	Descripción de un espectro infrarrojo
20	Relación del Ir-Tutor y los enlaces covalentes

Concluidas las actividades del componente metodológico, a continuación se presentan los resultados obtenidos, al tiempo de incorporar el análisis correspondiente; para lograrlo, se establece un paralelo entre los resultados derivados del pretest, frente a los resultados del postest, es decir se extrapolan las características correspondientes a la estructura cognitiva inicial del grupo de estudiantes objeto de estudio, frente a la estructura cognitiva final, producto de la implementación de la estrategia didáctica representada en el uso del simulador Ir-Tutor, en la búsqueda del aprendizaje relacionado con el enlace covalente.

5.1 Estructura Cognitiva Inicial del Grupo Objeto de Estudio

Antes de iniciar con la estrategia didáctica, los estudiantes pertenecientes al grupo objeto de estudio, previo consentimiento personal, fueron vinculados autónomamente al estudio investigativo, e inicialmente respondieron el cuestionario presentado como anexo No. 9.1; cuyos resultados obtenidos se presentan en la tabla No. 5.9.

Tabla No. 5.9. Estructura cognitiva inicial.

Casos	Ítems																				Puntos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	3	4	3	4	1	4	1	3	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	39
2	3	5	3	4	5	4	1	2	5	5	5	2	1	5	1	3	4	1	1	1	61
3	4	5	5	2	3	4	4	5	1	5	3	1	5	1	1	1	1	1	1	1	54
4	4	5	4	3	3	4	3	5	1	5	1	3	4	3	1	5	4	3	3	1	65
5	4	4	5	4	1	4	4	3	5	1	4	1	2	1	1	5	4	1	1	4	59
6	5	5	5	2	1	5	1	1	5	3	1	2	1	5	2	1	1	1	1	5	53
7	4	5	4	3	5	5	1	5	1	5	5	2	1	1	1	5	5	4	1	5	68
8	4	5	5	3	2	4	4	5	5	5	3	1	4	1	1	1	1	1	4	4	63
9	4	4	4	3	2	4	4	1	5	5	5	3	1	4	5	1	1	1	1	1	59
10	5	5	4	2	1	5	5	4	5	4	5	4	3	4	3	5	5	2	4	1	76
11	3	5	4	4	5	3	3	5	5	5	3	3	2	4	3	2	4	1	3	5	72
12	4	5	4	3	5	5	5	5	5	4	5	3	2	5	2	5	3	4	4	1	79
13	4	4	4	3	3	4	4	5	4	5	4	1	4	4	5	1	4	3	3	1	70
14	4	4	4	3	1	1	1	5	1	1	4	1	1	1	1	5	4	1	1	1	45
15	4	5	5	3	3	5	1	5	3	5	5	3	1	4	3	1	1	3	1	5	66
16	4	1	5	1	1	1	4	1	1	5	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	38
17	5	5	5	5	2	3	4	2	5	3	4	3	4	3	3	4	5	5	3	4	77
18	5	5	5	2	2	5	4	4	4	4	5	2	1	5	3	5	5	3	4	1	74
19	5	5	1	3	2	5	5	4	1	4	4	2	1	5	2	5	5	3	4	1	67
20	4	4	4	3	1	4	4	5	1	1	4	3	1	1	3	5	4	1	1	1	55
21	4	1	5	3	3	3	1	3	4	5	1	1	1	3	5	5	4	1	1	1	55
22	4	4	4	3	3	4	3	3	5	1	3	1	3	1	1	3	1	1	1	1	50
23	4	5	5	3	3	1	1	3	5	5	1	5	1	4	3	5	3	1	4	1	63
24	4	4	1	1	3	1	1	5	1	1	5	1	1	1	1	5	1	1	1	1	40
25	1	5	2	2	3	3	1	5	4	3	4	4	3	3	5	5	3	1	3	2	62
Puntos	99	109	100	72	64	91	70	94	87	91	86	54	50	71	58	85	79	46	53	51	1510
% de aciertos	79,2	87,2	80	57,6	51,2	72,8	56	75,2	69,6	72,8	68,8	43,2	40	56,8	46,4	68	63,2	36,8	42,4	40,8	60,4

Las medidas de tendencia central correspondientes a la estructura cognitiva inicial se muestran en la tabla No. 5.10.

Tabla No. 5.10. Medidas de tendencia central de la estructura cognitiva inicial.

Promedio	Desviación	varianza	Máximo	Mínimo
60,40	11,77	138,58	79,00	38,00

5.2 Estructura Cognitiva Final del Grupo Objeto de Estudio

Una vez concluida la aplicación de la estrategia didáctica, los estudiantes pertenecientes al grupo objeto de estudio, respondieron el cuestionario presentado como anexo No. 1; para caracterizar la estructura cognitiva final, es decir, el grado de aprendizaje alcanzado. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla No. 5.11.

Tabla No. 5.11. Estructura cognitiva final.

Casos	Ítems																				Puntos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	3	4	4	1	3	4	4	1	4	5	1	3	1	3	5	5	1	4	1	1	58
2	4	5	5	4	5	4	4	3	5	5	3	2	3	4	3	4	4	3	4	4	78
3	5	5	5	2	3	5	5	4	5	4	5	4	5	5	4	4	5	2	2	5	84
4	3	4	4	3	3	4	4	5	4	5	4	3	1	1	1	1	1	1	1	4	57
5	5	5	5	4	3	5	4	5	5	4	4	3	5	5	3	4	4	4	4	5	86
6	5	5	5	2	2	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	3	5	5	90
7	5	5	5	2	2	4	4	1	5	5	4	2	1	5	4	3	3	4	1	5	70
8	4	4	4	3	3	1	4	4	5	4	4	3	4	5	3	5	4	4	4	4	76
9	5	5	5	4	2	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4	90
10	5	5	5	3	3	2	2	4	5	4	5	3	4	5	5	4	5	1	4	4	78
11	4	5	5	3	2	5	4	3	4	5	2	3	2	4	4	4	5	3	4	5	76
12	2	5	5	2	2	5	5	5	5	5	5	2	4	5	2	4	5	3	5	5	81
13	1	4	5	4	3	4	1	5	4	4	5	3	1	3	3	5	4	3	1	4	67
14	4	5	5	2	2	5	4	5	4	4	5	2	5	5	5	4	5	3	4	4	82
15	5	5	5	2	2	4	4	1	5	5	4	2	1	5	4	3	3	3	1	5	69
16	4	4	5	1	2	1	1	5	1	5	1	5	1	1	1	1	4	1	4	4	52
17	4	4	4	2	3	4	4	4	5	5	4	2	4	5	5	5	1	1	1	4	71
18	4	4	4	2	3	4	4	5	5	5	4	3	4	5	5	5	1	4	1	4	76
19	4	4	5	5	2	3	1	3	5	5	4	5	1	5	5	5	4	3	1	1	71
20	4	4	5	4	3	3	3	5	5	1	4	5	4	4	3	5	4	4	4	4	78
21	4	4	5	3	2	5	4	5	5	4	4	3	1	4	5	5	1	3	4	4	75
22	4	5	5	4	2	3	4	5	5	4	3	3	4	5	2	5	1	2	4	5	75

23	4	5	4	3	3	3	4	5	1	4	5	1	1	4	2	1	1	1	1	54	
24	4	4	2	5	2	5	4	5	5	4	2	5	3	5	4	4	4	5	4	81	
25	4	5	4	4	3	5	1	5	5	5	4	3	5	5	4	4	4	2	4	80	
Puntos	100	114	115	74	65	98	88	103	112	111	96	80	73	108	92	100	82	71	73	100	185
% de aciertos	80,00	91,20	92,00	59,20	52,00	78,40	70,40	82,40	89,60	88,80	76,80	64,00	58,40	86,40	73,60	80,00	65,60	56,80	58,40	80,00	74,20

Las medidas de tendencia central obtenidas a partir de los datos consignados en la tabla No. 5.11 se muestran en la tabla No. 5.12.

Tabla No. 5.12. Medidas de tendencia central de la estructura cognitiva final.

Promedio	Desviación	Varianza	Máximo	Mínimo
74,20	10,31	106,33	90,00	52,00

5.3 Prueba Z

Para demostrar el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos, se utilizaron los valores de tendencia central, consignados en las tablas No.3 y 5; de estas tablas se utilizan los valores de varianza y promedio para calcular el valor de Z y con él, plantear el grado de relación entre la estrategia didáctica utilizada para lograr el aprendizaje del concepto enlace covalente.

Inicialmente se calcula la diferencia conceptual del grupo como resultado de la aplicación del pretest y del Postest.

$$\sigma \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}$$

$\sigma \bar{X}_1 - \bar{X}_2$ = Diferenciación por desviación estándar del comportamiento grupal

σ_1^2 y σ_2^2 = Varianza del pretest y post - test

N_1 y N_2 = Número de casos.

Aplicando los valores provenientes de provenientes del Postest y pretest, se obtiene:

$$\sigma(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = \sqrt{\frac{138.58}{25} + \frac{106.33}{25}} = 3.12$$

Con este valor finalmente se calcula Z, utilizando el siguiente algoritmo, Mendenhall, Beaver, & Beaver, 2010, pág. 363:

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}$$

Reemplazando los valores así obtenidos, se tiene:

$$Z = \frac{74.20 - 60.40}{3.12} = 4.42$$

Ahora se ubica Z en la curva binomial, tal como se muestra en la ilustración No 5.1.

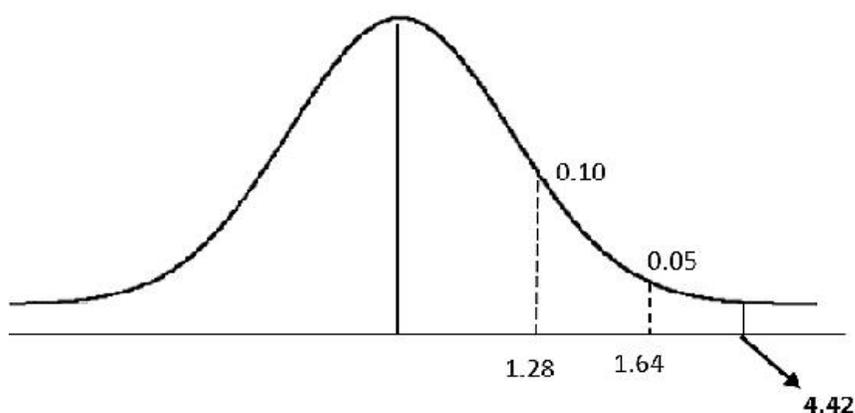


Ilustración No.5.1. Prueba Z.

Z Calculado se ubica en la zona de distribución de alta significancia, razón por la cual, se demuestra desde la estadística inferencial el alcance de los objetivos propuestos para este trabajo investigativo, es decir, con un margen menor del 5 % de error estadístico se demuestra que, el uso del simulador Ir-Tutor como estrategia didáctica, es el responsable del grado de aprendizaje del concepto enlace covalente, entre los estudiantes del curso Química General, matriculados en el primer semestre del Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana, durante el segundo periodo académico del año 2020. Los autores acuden a la prueba Z porque, si bien la inferencia estadística se basa por lo general en los valores promedio muestrales, las varianzas, se constituyen en medidas más importantes que el promedio Martínez Bencardino, 2012.

Para ratificar el significado estadístico inferencial de la prueba Z calculada anteriormente, los datos correspondientes al pretest y postest se sometieron a una prueba t, estadístico de prueba

planteado por los algoritmos de (Martínez Bencardino, 2012), con la cual, se logró demostrar el alcance de los objetivos propuestos en este estudio.

En este caso se tienen en cuenta los promedios alcanzados de 60.40% en el pretest y 74.20% en el postest; el algoritmo para este estadístico es:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{Sc^2}{n_1} + \frac{Sc^2}{n_2}}}$$

Siendo: t = estadístico de prueba, X_1 y X_2 los promedios logrados, Sc^2 = la varianza crítica y n_1 y n_2 el número de estudiantes participantes.

El valor de Sc^2 se calcula usando el siguiente algoritmo:

$$Sc^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2};$$

en este algoritmo S_1^2 y S_2^2 son las varianzas calculadas para el pretest y el postest respectivamente y $n_1 + n_2 - 2$ representa los grados de libertad de la prueba.

Reemplazando se tiene:

$$Sc^2 = \frac{(25-1)138.58 + (25-1)106.33}{25 + 25 - 2} = \frac{(3325.92 + 2551.92)}{48} = 122.455$$

Ahora se reemplazan estos valores en el algoritmo correspondiente al estadístico de prueba, así:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{Sc^2}{n_1} + \frac{Sc^2}{n_2}}} = \frac{60.40 - 74.20}{\sqrt{\frac{122.455}{25} + \frac{122.455}{25}}} = \frac{-13.8}{\sqrt{4.8982 + 4.8982}} = -4.409$$

Finalmente, el valor de t crítico se obtiene usando el algoritmo con el 5% de error estadístico, para una prueba de dos variable o dos colas.

$$t(1 - \frac{\alpha}{2})(n_1 + n_2 - 2) = 2.0106$$

Este valor así calculado define los límites de la curva binomial tanto a la izquierda como a la derecha, tal como se muestra en la ilustración No. 5.2; en ella se ubica el t calculado, el cual se ubica en la zona de rechazo del objetivo planteado, por tal razón, esta ubicación del t calculado, ratifica la eficacia del IR-Tutor como estrategia didáctica para facilitar el aprendizaje del concepto enlace covalente en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad Surcolombiana, matriculados en el periodo académico 2020-2. El valor y la ubicación de t student calculado, ratifica el resultado de la prueba Z calculada inicialmente, en el sentido de ratificar la incidencia de la variable independiente constituida por la estrategia didáctica usada sobre el aprendizaje del concepto enlace covalente como variable dependiente del estudio.

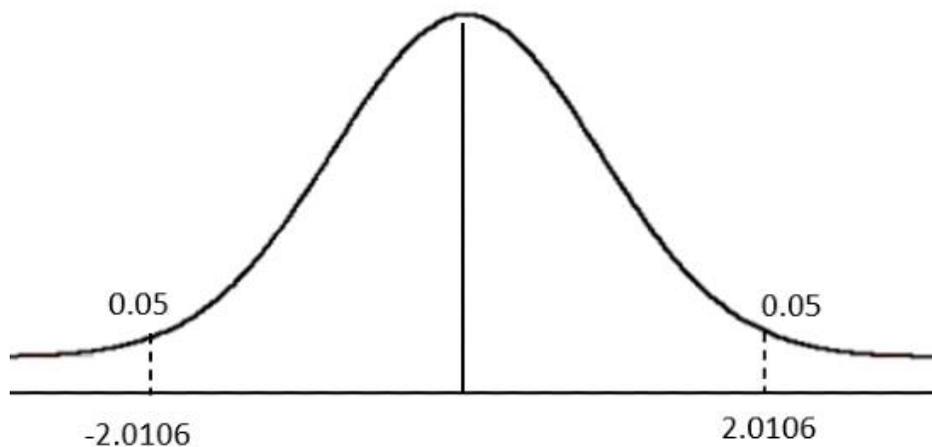


Ilustración No. 5.2. Prueba t

La diferencia conceptual inherente al enlace covalente por parte del grupo, se muestra en la tabla No. 5.13 y en la Ilustración No. 5.3.

Tabla No. 5.13. Diferencia conceptual del grupo objeto de estudio.

Conceptos	Pretest	Postest	Diferencia
1	79,20	80,00	0,80
2	87,20	91,20	4,00
3	80,00	92,00	12,00
4	57,60	59,20	1,60
5	51,20	52,00	0,80
6	72,80	78,40	5,60
7	56,00	70,40	14,40
8	75,20	82,40	7,20
9	69,60	89,60	20,00
10	72,80	88,80	16,00
11	68,80	76,80	8,00
12	43,20	64,00	20,80
13	40,00	58,40	18,40
14	56,80	86,40	29,60
15	46,40	73,60	27,20
16	68,00	80,00	12,00
17	63,20	65,60	2,40
18	36,80	56,80	20,00
19	42,40	58,40	16,00
20	40,80	80,00	39,20

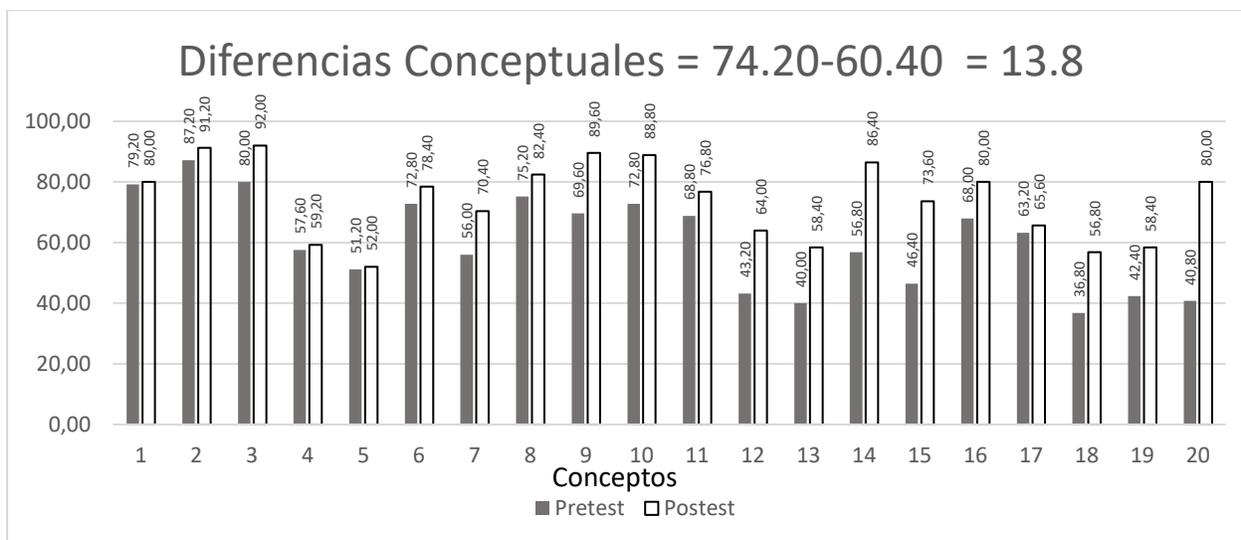


Ilustración No.5.3. Diferencia cognitiva inicial y final del grupo objeto de estudio.

Pretest	79,20	87,20	80,00	57,60	51,20	72,80	56,00	75,20	69,60	72,80	68,80	43,20	40,00	56,80	46,40	68,00	63,20	36,80	42,40	40,80
Postest	80,00	91,20	92,00	59,20	52,00	78,40	70,40	82,40	89,60	88,80	76,80	64,00	58,40	86,40	73,60	80,00	65,60	56,80	58,40	80,00

Sobre las diferencias conceptuales evidenciadas en la ilustración No.5.3 entre la estructura cognitiva inicial y la final, se destacan los siguientes aspectos: los estudiantes logran mejorar los conceptos detallados a continuación: encuentran en el software IR-Tutor, una herramienta eficaz para facilitar el aprendizaje de la naturaleza del enlace covalente con una diferencia del 39,20%, el siguiente concepto mejor resignificado es la teoría de la hibridación sp de orbitales atómicos para explicar la naturaleza del enlace covalente triple con un 29,60% de diferencia. Por igual, el concepto sp^3 , también logra un mejor nivel de aprendizaje con un 27,20% de diferencia. La resignificación del concepto interacción de la radiación infrarroja con los enlaces covalentes mejora en un 20,00%, de la misma forma, el concepto hibridación sp^2 experimenta una mejora del 20,80%.

Por igual, dentro de este grupo de conceptos con resignificación relevante, se destacan los conceptos, importancia de la ley de octeto en la formación del enlace covalente con un 20,00% de avance, la repulsión de orbitales moleculares con una optimización del 18,40%; igualmente el concepto hibridación de orbitales atómicos para explicar el enlace covalente aumenta en un 16,00% entre los estudiantes. En la misma dirección, el concepto naturaleza del enlace covalente

fue mejorado por los estudiantes en un 14,40%. En cuanto al conocimiento sobre el manejo del software IR Tutor, el grupo de estudio logra una mejora del 16,00%. En este mismo rango, el concepto ley de octeto experimenta un 12,00% de optimización entre los estudiantes, al igual del concepto ubicación de una señal en el espectro infrarrojo fue optimizado en un 12,00%.

Por igual, algunos conceptos lograron aprenderse en menor porcentaje con respecto al punto de partida conceptual, tales conceptos son los siguientes: los orbitales moleculares con 8,00% de optimización conceptual, por igual, el concepto fuerza del enlace covalente es optimizado en un 7,20%, también, los conceptos polaridad molecular, movimientos moleculares covalentes, electronegatividad, fueron mejorados en 5,60%, 2,40% y 4,00% respectivamente.

Aunque todos los conceptos involucrados en esta investigación, los conceptos: estructuras de Lewis para enlaces covalentes, enlace covalente por compartición de pares electrónicos y valencia atómica fueron resignificados en menor escala, con una optimización del 0,80%, 1,60% y 0,80% respectivamente.

A partir de los datos sistematizados en la tabla No. 5.13 y la ilustración No. 5.3, es pertinente destacar varios aspectos muy importantes, los cuales guardan relación con la formulación del problema investigativo y sus objetivos.

1. El grupo de 25 estudiantes matriculados en el curso de Química General correspondiente al periodo 2020-2, antes de intentar resignificar el concepto enlace covalente y algunos conceptos relacionados, ya habían aprendido el tema previamente al curso y ese aspecto se refleja en un 60.40% correspondiente al promedio obtenido por el grupo en el pretest.

2. Luego del desarrollo didáctico, es decir después de utilizar el simulador IR-Tutor; el grupo obtiene un 74.20% correspondiente al promedio grupal en el Postest.

3. A pesar del nivel conceptual inicial del grupo, la intervención didáctica logra mejorar 13.8% su aprendizaje sobre el enlace covalente y esta variación se debe al uso del simulador IR-Tutor.

4. Todos los conceptos fueron resignificados por el grupo objeto de estudio, con valores que oscilan entre el 39,20% y el 0,80%, valores que demuestran la eficacia del IR Tutor como estrategia didáctica para facilitar el aprendizaje del enlace covalente, en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

6. CONCLUSIONES

El análisis de resultados correspondientes a el presente estudio investigativo, permite a las autoras, definir las siguientes conclusiones.

La más relevante de las conclusiones se corresponde con haber demostrado la eficacia del software IR-Tutor en la identificación y aprendizaje del concepto enlace covalente entre estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana, esta demostración se deriva de la ubicación de Z calculado igual a 4.42 en la zona de alta significancia de la curva binomial. Esta ubicación con un margen inferior al 5% de error estadístico, permite inferir que el aprendizaje relevante alcanzado por el grupo objeto de estudio, es producto de la estrategia utilizada para lograrlo. Esta conclusión se ratifica con la ubicación y el valor del t student calculado: este valor estadístico inferencial demuestra que el aprendizaje sobre el concepto alcanzado por el grupo objeto de estudio se encuentra muy relacionado o depende de la estrategia didáctica, tal como se planteó en los objetivos de la prueba. Aquí es necesario resaltar la importancia del IR-Tutor para lograr hacer tangible o “visible” un fenómeno físico submicroscópico tan complicado de definir como es el enlace covalente, toda vez que los sentidos humanos no permiten su detección.

Además de la eficacia ya demostrada de la estrategia estadística, esta logró mejorar en 13.8% el nivel de aprendizaje relevante con el cual se inició la experiencia investigativa, la cual mostro el 60.40%, frente a un 74.20% en la condición final de aprendizaje. Aquí cabe destacar un aspecto muy importante; el grupo de estudiantes inició la experiencia con un grado de aprendizaje alto del 60.40% sobre enlace covalente, sin embargo, el uso del simulador IR-Tutor, logró mejorar ese aprendizaje en un 13.8%, valor muy significativo de acuerdo con los criterios de Runyon & Haber, 2007, quienes estipulan un 5% de diferencia como mínimo valor para calificar una experiencia como significativa.

Al comparar el grado de resignificación entre el punto de partida conceptual y final del grupo de estudiantes se logra establecer las siguientes diferencias: a) diferencias altas según Runyon y Haber entre el 39,20% y el 5,60% , tal como se muestra en la discusión de resultados para los conceptos relacionados con el uso del simulador IR-Tutor en el

aprendizaje de los enlaces covalentes, teoría de la hibridación de orbitales atómicos para explicar la naturaleza del enlace covalente, hibridación sp^3 ; Ley de octeto, repulsión de orbitales moleculares e interacción de la radiación infrarroja sobre los enlaces covalentes, b) diferencias bajas por debajo del 5% tal como lo plantean Runyon y Haber entre el 2,40% y el 0,80% para los conceptos: movimientos y vibraciones moleculares, Electronegatividad, estructuras de Lewis para enlaces covalentes, enlace covalente por compartición de pares electrónicos y valencia atómica.

Por igual, se logró diseñar e implementar una unidad didáctica para el desarrollo del proceso educativo objeto de estudio, destinada a viabilizar y optimizar el proceso de aprendizaje, del mismo modo el desempeño docente en cuanto a la administración del tiempo y el desarrollo conceptual. Sobre este aspecto resulta de especial interés, destacar que la unidad didáctica presentada en el anexo No. 9.5.2 debió ser modificada como producto de los resultados derivados del pretest; las dificultades conceptuales evidenciadas en este ejercicio, les permitieron a las autoras realizar algunos ajustes relacionados con el manejo de los tiempos previstos, igualmente la dedicación a los conceptos con los cuales, el grupo demostró falencias. Incluso se hizo necesario, utilizar tiempos adicionales de apoyo docente en consenso con las dos estudiantes monitoras del curso, quienes generosamente cedieron sus espacios destinados al desarrollo de las prácticas virtuales de laboratorio y se comprometieron en tiempos por fuera de los horarios oficiales del curso. Este aspecto a pesar de manifestarse inicialmente como una falencia para el desarrollo de este trabajo de grado, se transformó en momentos de diálogo interactivos entre las autoras, las monitoras y los estudiantes, quienes de manera decidida y autónoma se vincularon estrechamente con este tipo de actividades en los horarios posibles para ellos.

Si bien no fue planteado como objetivo de la investigación, como valor agregado a ella, puede destacarse la eficacia y versatilidad del simulador IR-Tutor como estrategia didáctica virtual y con muy buena aplicabilidad en momentos de crisis sanitaria mundial actual causada por la pandemia del COVID 19.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo expresado en las conclusiones, el grupo de trabajo sugiere a grupos investigativos interesados en el tema, tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Ampliar la perspectiva investigativa utilizando grupo de control con el fin de afianzar los resultados obtenidos en este estudio.

Por igual, se recomienda el uso del software Ir-Tutor como estrategia metodológica para facilitar el aprendizaje de conceptos químicos propios de disciplinas propias de las ciencias naturales en general y sus aplicaciones.

Implementar el uso de software para promover el aprendizaje todo tipo de conceptos sobre todos aquellos cuyo bagaje conceptual resulta de difícil acceso para estudiantes, dada su aparente poca aplicabilidad a su vida cotidiana y a su ecología conceptual.

Enseñar el concepto de enlace covalente desde una perspectiva cuántica promoviendo en los estudiantes un aprendizaje contextualizado a nivel didáctico y epistemológico.

Finalmente, es de suma importancia del diseño e implementación de unidades didácticas basadas en los estándares básicos de competencias del Ministerio de Educación Nacional, regidos bajo el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad permitiendo a los futuros docentes reconocer las necesidades de los educandos en el proceso enseñanza- aprendizaje.

8. REFERENCIAS

- Iregui, A., Melo, M., & Ramos, J. (2006). *Evaluación y análisis de eficiencia de la educación en Colombia*. Colombia: Borradores de Economía; No. 381.
- Alfonso, E. Y. (2012). *Aproximación a la química de los compuestos de coordinación y su enseñanza en educación media*. Bogotá- Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Alvarado Zamorano, C. (2005). La estructura atómica y enlace químico desde un punto de vista interdisciplinario. *Enseñanza de las Ciencias* (Extra, VII Congreso), 1-5. Recuperado el 29 de septiembre de 2021, de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp220estato.pdf
- Ausubel, D., Novak, J., & Hanessian, H. (2006). *Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo* (Segunda ed.). México D.F.: Trillas. Recuperado el 9 de Octubre de 2020.
- Barón, I., & Narváez, D. (2009). Grado de aprendizaje alcanzado por estudiantes de primer semestre de la licenciatura en ciencias naturales sobre el concepto de enlace químico, mediante la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada. *Universidad Surcolombiana*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2020, de <https://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=31443>
- Brown, T., LeMay, E., Bursten, B., & Burdge, J. (2004). *Química, La Ciencia Central* (Novena ed.). México : Pearson Prentice Hall.
- Burns, R. (2003). *Fundamentos De Química*. Madrid: Pearson Educación.
- Caamaño, A. (2013). Hacer unidades didácticas: una tarea fundamental en la planificación de las clases deficiencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (74), 5-11.
- Caamaño, A. (2016). Secuenciación didáctica para el aprendizaje de los modelos de enlace. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*(86), 39-45. Recuperado el 29 de Septiembre de 2021, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50663376/Secuenciacion_didactica_Caamano-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1633018296&Signature=VkOnBOWOn4~EmD~KHQDIhhpC8QUL



YJ5~dI7PPKkVtxFUjwTY2BbxTpPZ42qSaoB5ybegMMCP0xmHlyNtiZaslrFyIW
Z~86eEQhS2wzQKw14gAB9IgcK1u6ISD9s

- Cantellano, M., & Zetina, M. (2015). La espectroscopia y su tecnología: Un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI. *atin-American Journal of Physics Education*, 9(4), 13.
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 2(2), 79-88. Recuperado el 22 de octubre de 2020, de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=El+uso+de+las+TIC+en+la+ense%C3%B1anza+de+las+Ciencias+Naturales&btnG=
- Cárdenas, J. (2017). *Moléculas, apuntes de clase*. Neiva: Universidad Surcolombiana.
- Cárdenas, J., & Narvaéz, L. J. (2018). Enlace Covalente. *Entornos*, 31(1), 221-228. doi:<https://doi.org/10.25054/01247905.1790>
- Cascarosa, E., Fernández, F., & Santiago, F. (15 de Septiembre de 2018). Un estudio del uso de modelos moleculares en la didáctica del enlace covalente en bachillerato. (U. d. Granada, Ed.) *ReidoCrea: Revista Electrónica de Investigación en Docencia Creativa*, 7, 179-189. doi:10.30827/Digibug.54129
- Castañeda, J. F. (2020). Clase Espectroscopía Infrarroja. *Espectroscopía Infrarroja*. Neiva, Huila, Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Castañeda, A., Suarez, H., Romano, L., & Ussa, E. (2018). 5B013 Declaraciones de un profesor de Biología sobre la práctica de enseñanza a través de TIC. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Recuperado el 23 de Octubre de 2020, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/9365/6987>
- Chamizo, J. A., García, F. A., & Garritz, A. (2008). *Enlace químico: Una aproximación constructivista a su enseñanza*. México: Pearson Educación.
- Chang, R. (2010). *Química (Décima ed.)*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Cleophas, M., Cavalcanti, E., & Leão, M. (2016). Estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y su relación con los dispositivos móviles. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1573-1579. Recuperado el 12 de Octubre de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/234804221.pdf>
- Cohen, R., & Swerdlik, M. (2001). Validez. En *Pruebas y evaluación psicológicas. Introducción a las pruebas y la medición* (Cuarta ed., págs. 184-223). México D.F.: Mc Graw Hill.
- Crespo, M., Cortazar, A., Julián, A., & Martín-Díaz, M. (2014). Ordenadores en el aula: ¿estamos preparados los profesores?. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(2), 239-250. Recuperado el 2 de

Septiembre de 2020, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/v32-n2-gomez-crespo-canas-gutierrez-julian-martin-diaz/375687>

Cruz-Garriz, D., Chamizo, J., & Garriz, A. (1987). *Estructura atómica un enfoque químico*. Wilmington, Ciudad de Delaware: Addison- Wesley Iberoamericana S.A.

Cubillos, G., Poveda, F. M., & Villaveces, J. L. (1989). *Hacia una historia epistemológica de la química* (1 ed.). Bogotá: Academia Colombiana de las ciencias exactas, físicas y naturales. Recuperado el 16 de Agosto de 2020, de <https://philpapers.org/rec/GERHUH>

De Posada, J. M. (1993). Estudio de los Constructos de los Alumnos y Análisis Secuencial de Libros de Texto en los Niveles de BUP y COU en Relación con la Estructura de la Materia y Enlace Químico. *Enseñanza de las Ciencias.*, 11(3), 351 – 353. Recuperado el 29 de septiembre de 2021

Duart, J. &. (2000). Aprender en la virtualidad. Nuevas tecnologías. *Gedisa Editorial*.

Duarte, S., Gallego, R., Pérez, R., & Gallego, A. (2018). Una construcción histórico-epistemológica del modelo del octeto para el enlace químico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 23. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/148>

Dunnagan, C., Dannenberg, D., Cuales, M., Earnest, A., Gurnsey, R., & Gallardo-Williams, M. (2020). Production and evaluation of a realistic immersive virtual reality organic chemistry laboratory experience: infrared spectroscopy. *Journal chemical education*, 97(1), 258–262. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.9b00705>

Espinoza, R. (2004). *Historia de la química enfocada en el átomo y el enlace*. Merida: Smart Service C.A.

Fernandez, M. (2000). Fundamentos históricos. *Didáctica de las ciencias experimentales; Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, 65-84. Recuperado el 13 de Febrero de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3092790>

Gagliardi, R., & Giordan, A. (2006). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, 4(3), 253-258. Recuperado el 29 de Septiembre de 2021, de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&scioq=DE+POSADA%2C+J.+M.+Estudio+de+los+Constructos+de+los+Alumnos+y+An%C3%A1lisis+Secuencial+de+Libros+de+Texto+en+los+Niveles+de+BUP+y+COU+en+Relaci%C3%B3n+con+la+Estructura+de+la+Materia+y+Enlace+Qu

Galagovsky, L. &. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975.



- Galagovsky, L. (1993). Redes Conceptuales: base teórica e implicaciones para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 301-307. Recuperado el 9 de Octubre de 2020, de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21297/93269>
- Galagovsky, L. (2004). Del Aprendizaje Significativo al Aprendizaje Sustentable. Parte 1 El Modelo Teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 229-240. Recuperado el 9 de Octubre de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/13268151.pdf>
- Gallego, R., Pérez, R., Uribe, M., Cuéllar, L., & Amador, R. (2004). El concepto de Valencia: Su construcción histórica y epistemológica y la importancia de su inclusion en la enseñanza: The valence concept: its historical and epistemological construction and its importance to teaching. *Ciência & Educação*, 10(3), 571-583.
- García, A., Garritz, A., & Chamizo, J. (2009). *Enlace Químico. Una aproximación constructivista a su enseñanza*. México D. F. Recuperado el 9 de Octubre de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543725002.pdf>
- García, P., & Massolo, A. (2010). Epistemología e historia de la ciencia. *Selección de trabajos de XX jornadas*, 16.
- Giraldo Galvéz, J. (2007). *El concepto de enlace químico en libros de texto universitarios*. Colombia: Univalle. Recuperado el 29 de septiembre de 2021, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39624670/EL_CONCEPTO_DE_ENLACE_QUIMICO_EN_LIBROS_DE_TEXTO_UNIVERSITARIOS-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1632953735&Signature=ITc3KipbgjjRaEhhvKEgit6cn4lpjiFg-6MPz~Hqh~MfQDXMp5HJB032vnto7m1t7wRc2nEpzuXEfClgM8kpCEDjDDZe
- Giroux, S., & Tremblay, G. (2004). *Metodología de las Ciencias Humanas. La investigación en acción* (Primera ed.). México: Fondo de Cultura Económica.
- Gómez, M. A., Cañas, A. M., Gutiérrez, M. S., & Martín, M. J. (2014). Ordenadores en el aula: ¿estamos preparados los profesores? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(2), 239-250. Recuperado el 3 de Octubre de 2020, de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/287534>
- Gomez, R., & Murillo, R. (17 de Noviembre de 2020). *La espectroscopia infrarroja*. Obtenido de <http://sistemas.fciencias.unam.mx/~fam/Infrarroja.pdf>
- González, K., Padilla, J. E., & Rincon, D. A. (2012). Sobre las perspectivas pedagógicas para la educación virtual en Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 31, 93-11. Recuperado el 22 de Octubre de 2020, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/ted/article/view/1650>
- González, M. (2017). *El enlace químico en la educación secundaria. Estrategias didácticas que permitan superar las dificultades de aprendizaje*. España: Universidad de Castilla. Recuperado el 11 de Diciembre de 2020, de

<https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/16459/TESIS%20Gonz%C3%A1lez%20Felipe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- González, M. E. (2017). *El enlace químico en la educación secundaria. Estrategias didácticas que permitan superar las dificultades de aprendizaje*. La Mancha: Universidad de Castilla- La Mancha. Recuperado el 29 de Septiembre de 2021, de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/16459>
- Guerrero, K., Beltrán, J., & Cabellero, D. (2012). Sobre las perspectivas pedagógicas para la educación virtual en Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 31. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/ted/article/view/1650>
- Hernandez, M., Soto, A., & Navarro, E. (2012). *La voz del alumnado en la Licenciatura de Pedagogía (Universidad de Murcia): su visión sobre los procedimientos de evaluación y los contenidos aprendidos*. I Congreso Virtual Internacional sobre Innovación Pedagógica y Praxis Educativa INNOVAGOGÍA 2012.
- Hernández, R. F., Hernández, C., Fernández, H., & Baptista, H. (1997). *Metodología de la Investigación*. México DF: McGraw Hill.
- IR Tutor. (2021). *Software IRTutor*. Obtenido de http://www.columbia.edu/itc/chemistry/chem-c1403/ir_tutor/IRTUTOR.htm
- Izquierdo, E. (2019). *Enlace covalente*. Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Jaimes, R. (2004). *Historia de la química enfocada en el átomo y el enlace*. Venezuela: Escuela Venezolana. Recuperado el 2 de Marzo de 2021, de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/16709/atomo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kuhn, T. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lahuerta, L. (2005). Teoría atómica de Dalton, Ley de Dalton de las presiones parciales, ley de Dalton de las proporciones múltiples, Dalton, Daltónidos, Daltonismo. *Épinomos Científicos*, 1-4. Recuperado el 15 de Marzo de 2021, de <https://www.divulgameteo.es/uploads/John-Dalton.pdf>
- Lakatos, I. (1978). *Metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universidad.
- Leite, A. B., & Leite, M. A. (2013). Implantación de las TIC en la materia química inorgánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 2, 0253-268. Recuperado el 3 de Octubre de 2020, de <https://ddd.uab.cat/record/107315>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.

- Lombardi, O., & Martinez, J. C. (2019). Aproximaciones, clasicidad y electronegatividades: La reducción via química cuántica . *El orden de los elementos III*.
- Londoño, L., Calderón, L., Lucumí, P., & Castañeda, M. (2017). Experiencia innovadora de la estructuración ontológica del conocimiento con docentes y estudiantes. *Praxis & Saber*, 8(16), 83-104. Recuperado el 12 de Octubre de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2216-01592017000100083&script=sci_abstract&tlng=fr
- Luna, S. M. (2007). Manual práctico para el diseño de la Escala Likert. *Revista Xihmai*, 2(4).
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo* (13 ed.). Bogotá: Ecoe ediciones.
- Martínez, R., & Gragera, R. (2008). *Fundamentos teóricos y prácticos de la histoquímica*. Madrid: Editorial CSIC - CSIC Press,.
- Medina, D. (2015). *Estrategias didácticas para el desarrollo de las habilidades manuales en los niños y niñas de primer grado de la unidad educativa "Rubira" Cantón Salinas , Provincia de Santa Elena, Año lectivo 2014*. Ecuador: Universidad Nacional Península de Santa Elena. Recuperado el 3 de Octubre de 2020, de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2785/1/UPSE-TEP-2015-0071.pdf>
- Mendenhall, W., Beaver, R., & Beaver, B. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística* (13 ed.). México D.F.: Cenage Learning.
- Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia. (12 de Noviembre de 2020). *Ministerio de Educación Nacional de Colombia*. Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/portal/>
- Mondragón, P. (2015). *Espectroscopia de infrarrojo para todos... y 51 espectros de alimentos consumidos en México*. México: Neural Regeneration Research. Obtenido de https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b7c09fdc1.pdf
- Morant, M. A. (2018). *Química Inorgánica*. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.
- Morrill, L., Kammeyer, J., & Garg, N. (2017). Spectroscopy 101: A practical introduction to spectroscopy and analysis for undergraduate organic chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 94(10), 1584-1586. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.7b00263>
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la química. *En Blanco y Negro*, 3(2), 38-46.

- Narváez Zamora, L. (2018). *Aprendizaje de los conceptos Enlace Químico y Estequiometría*. Neiva: Universidad Surcolombiana.
- Narváez Zamora, L. J. (2021). *Aprendizaje de Algunos Conceptos Químicos*. Neiva: En prensa.
- Osorio, J. (2015). *Diseño y elaboración de una unidad didáctica, para la enseñanza del tema de enlace químico mediante la utilización de las TIC's, en los niveles de educación media secundaria*. Facultad de Ciencias.
- Paredes, J., & Molina, M. (2019). Teaching Chemical Kinetics through Simulation and Active Learning. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 45, 71-88. Recuperado el 15 de Octubre de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-38142019000100071
- Pauling, L. (1959). *General Chemistry, second edition*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Pauling, L. (1992). The nature of the chemical Bond. *Journal of Chimical Education*, 69(6), 519-521. Recuperado el 29 de Septiembre de 2021, de <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed069p519>
- Ramírez, O., & Ruales, C. (2016). Teoría de la integración conceptual: una mirada desde la interacción con un robot móvil. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 40, 119-146. Recuperado el 1 de Octubre de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-38142016000200005&script=sci_abstract&tlng=pt
- Rios, M. (2011). *APRENDIZAJE DEL CONCEPTO ENLACE QUÍMICO A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL*. Neiva-Huila: Universidad Surcolombiana. Recuperado el 5 de Septiembre de 2020, de <https://scholar.google.com/citations?user=YyyzZ20AAAAJ&hl=es>
- Rodríguez, P., Jaraíces, R., Romero-Ariza, M., & Montejó, M. (2019). Developing Students' Scientific Reasoning Abilities with an Inquiry-Based Learning Methodology: Applying FTIR Spectroscopy to the Study of Thermodynamic Equilibria in Hydrogen-Bonded Species. *Journal of Chemical Education*, 96(5), 1022-1028. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.8b00875>
- Romero, M., & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 0101-115. Recuperado el 3 de Octubre de 2020, de <https://ddd.uab.cat/record/116583>

- Ros, A. C. (1983). Consideración sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la Química en el Bachillerato. *Enseñanza de las ciencias. revista de investigación y experiencias didácticas*, 198-200.
- Ruiz, A. G. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28, 315-326. Recuperado el 22 de Octubre de 2020, de <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/view/210803>
- Runyon, R., & Haber, A. (2007). *Estadística para las ciencias sociales*. Buenos Aires: Addison Wesley.
- Salas Silva, R. (2008). *Estilos de aprendizaje a la luz de la neurociencia* (Primera ed.). Bogotá: Aula Abierta Editorial Magisterio. Recuperado el 29 de Abril de 2021, de https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=De2KNSU-YPsC&oi=fnd&pg=PA11&dq=neurociencia+del+aprendizaje&ots=d_LrdsY-HJ&sig=kb4G9KhLTic_b-K9UHFm8N0Co#v=onepage&q=neurociencia%20del%20aprendizaje&f=false
- Sanchez, G., & Medina, A. (2011). *APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DEL CONCEPTO ENLACE QUIMICO MEDIANTE EL USO DE MATERIALES EDUCATIVOS COMPUTACIONALES (MECS) EN ESTUDIANTES DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES*. Neiva-Huila: Universidad Surcolombiana. Recuperado el 5 de Septiembre de 2020, de <https://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opac-shelves.pl?op=view&shelfnumber=182&sortfield=author&direction=asc&print=1>
- Santo Hermel, E., Bervian, P., & Dos Santos, R. (2018). 5B012 Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências: compreensões na formação de professores. *Tecné Episteme y Didaxis TED*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/9363>
- Santo, E., Bervian, P., & Dos Santos, R. (2018). 5B012 Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências: compreensões na formação de professores. *Tecné Episteme y Didaxis TED*. Recuperado el 2 de Octubre de 2020, de <file:///C:/Users/Brand/Downloads/9363-Texto%20del%20art%C3%ADculo-22660-1-10-20181211.pdf>
- Santos, S. E. (2010). *Introducción a la Historia de la Química*. Madrid, España. : Editorial UNED.
- Sarmiento Navarrete, H. (2015). Diseño de un objeto virtual de aprendizaje para mejorar la enseñanza aprendizaje del tema de reacciones químicas. *Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54454>
- Sarmiento, H. (2014). *Diseño de un objeto virtual de aprendizaje para mejorar la enseñanza-aprendizaje de tema de reacciones químicas*. Bogotá. Colombia:

Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 3 de Octubre de 2020, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54454>

- Solarte, M. (2006). Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica. *Revista electrónica de la Red de Investigación Educativa*, 1(4).
- Solbes, J., & Vilches, A. (1991). Analisis de la introduccion de la teoria de enlaces y bandas. *Enseñanza de las ciencias*, 9(1), 53-58. Recuperado el 3 de Febrero de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51355/93104>
- Taber, K. S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. *Chemistry education research and practice*, 2(2), Chemistry education research and practice,. Recuperado el 29 de Septiembre de 2021, de <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2001/rp/b1rp90014e/unauth>
- Taber, K., & Coll, R. (2002). Chemical bonding. In J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel. *Chemical Education: Research-based Practice*, 213-234. Recuperado el 9 de octubre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/344586786_Chemical_Bonding
- Téllez-Acosta, M., Becerra, D., & Tovar, J. (2016). Laboratorios virtuales como estrategia de evaluación en ciencias desde los espacios de formación a distancia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1565-1572. Recuperado el 5 de Septiembre de 2020, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4785/3916>
- Thornton, R., & Neilson, R. (1998). *Química Orgánica*. México: PEARSON EDUCACION.
- Tomasi, W. (2003). *Sistema de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=_2HCio8aZiQC&pg=PA425&dq=espectro+el+electromagnetico&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj29Je9qYvxAhUPSTABHczAD9AQ6AEwA3oECAsQA#v=onepage&q=espectro%20electromagnetico&f=false
- Tristán-López, A. (2008). Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo. *Avances en medición*, 6(1), 37-48.
- Trujillo, A. R., Álvarez, R., & Arévalo, L. M. (2009). Las Tecnologías de la Informática y la Comunicación (TIC) Integradas a una Unidad Didáctica Interactiva para el Aprendizaje de la Bioquímica y Estructurada a partir del Modelo de Resolución de Problemas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, Congreso Internacional. Recuperado el 22 de Octubre de 2020, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/ted/article/view/192>

Universidad Surcolombiana. (12 de Noviembre de 2020). *Universidad Surcolombiana*.

Obtenido de <https://www.usco.edu.co/es/estudia-en-la-usco/programas-pregrado/facultad-de-educacion/licenciatura-en-ciencias-naturales/>

Useda, P., & Castañeda, M. (2015). El ambiente digital en la comunicación, la actitud y las estrategias pedagógicas utilizadas por docentes. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 37, 109-129. Recuperado el 5 de Septiembre de 2020, de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/3255/2818>

Valpuesta, J. M. (2008). *A la búsqueda del secreto de la vida*. España: Hélice .

Velasco, J., & Buteler, L. (2017). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física: una revisión crítica de los últimos año. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 161-178. Recuperado el 22 de Octubre de 2020, de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/64323/CONICET_Digital_Nro.43f29067-d0e4-4336-abcb-ebf3aed32bbd_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Villaveces C, J. L. (1897). Memorias del Seminario en Conmemoración del Centenario de Erwin Schrödinger. El Influjo de la Obra de Erwin Schrödinger sobre la Química del Siglo XX. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Colección Enrique Pérez-Arbeláez*(1), 53 – 65. Recuperado el 2021 de septiembre de 2021, de <https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/73>

Villaveces, J. (1984). El enlace Químico en el Siglo XIX. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, XV(59), 113-123.

Vosegaard, T. (2018). ISpec: a web-based activity for spectroscopy teaching. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 97-103. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.7b00482>

Young, H D; Freedman , R A; Sears, F W. (2009). *Sears- Zemansky Fisica Universitaria con Fisica Moderna* (Decimosegunda edición ed.). México: Pearson Educación.

9. ANEXOS

Unidad Didáctica El Espectro Infrarrojo de los Enlace Covalente
Facultad de Educación
Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química Y Biología.

Presentan:

Brand Quintero Karen Viviana

Cód.: 20161147383

Cárdenas Castaño Juliana

Cód.: 20161146844

Presentado a:

**Luis Javier Narváez Zamora, Magister en Educación con Acentuación en
Enseñanza.**

NEIVA- HUILA

FECHA-

Datos de la Unidad

- ✓ **Tema:** Enlace covalente y espectroscopia
- ✓ **Título de la unidad didáctica:** El espectro infrarrojo del enlace covalente
- ✓ **Población:** Estudiantes de primer semestre del curso de química general (2020-2) del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana.
- ✓ **Prerrequisitos:** Concepto de enlace químico, química orgánica, espectroscopia y manejo del uso de las TIC's.
- ✓ **Tiempo:** 23 horas de trabajo directo, 20 horas de trabajo independiente

Objetivos

Objetivo General

- ✓ Diseñar una unidad didáctica para identificar las interacciones de los enlaces covalentes en un espectro de FT-IR mediante el uso del simulador IR- Tutor en estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana.

Objetivos Específicos

- ✓ Aplicar la unidad didáctica para identificar las interacciones de los enlaces covalentes en un espectro de FT-IR mediante el uso del simulador IR-Tutor
- ✓ Aplicar los conceptos de interacciones de los enlaces covalentes por medio del software IR Tutor.
- ✓ Identificar enlaces covalentes mediante el software IR-Tutor.
- ✓ Utilizar las TIC's para el aprendizaje del enlace covalente.

9.1 Justificación

El diseño e implementación de esta Unidad Didáctica busca facilitar el aprendizaje del concepto enlace covalente en estudiantes del curso Química General, correspondiente al plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana de Neiva, empleando el software IR-Tutor como estrategia didáctica.

La enseñanza de la química y particularmente el enlace covalente, se ha convertido en un proceso repetitivo y poco significativo para el estudiantado, esto debido a la forma como se ha enseñado en las aulas de clase ya que generalmente esta se presenta como una cátedra poco interactiva, en donde se representan las moléculas de forma plana en el tablero y con las que pocas veces el estudiante tiene la oportunidad de interactuar Osorio, 2015. Las temáticas desarrolladas en Química, en su gran mayoría pueden ser integradas de manera interdisciplinar para el desarrollo de diferentes productos que ayudan al mejoramiento de la calidad de vida humana, por lo que entender conceptos básicos de la Química y su relación con la vida cotidiana es importante para lograr contextualizar el conocimiento y ayudar a su mejor comprensión.

En este sentido, Caamaño, 2013 expresa que la planificación y el desarrollo de la unidad didáctica es un componente clave para abordar las clases de ciencias naturales, entre ella, las diferentes temáticas de la química. De estas se destaca el estudio de enlaces covalentes a través de espectroscopia FT-IR, por lo cual, la implementación de una estrategia pedagógica con el fin de proporcionar un mayor grado de aprendizaje de forma clara y comprensible mediante el uso de un simulador virtual denominado IR-Tutor.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo tiene como finalidad demostrar la importancia de usar un simulador de espectrofotometría infrarroja para lograr el aprendizaje del concepto enlace covalente en estudiantes del curso de química general correspondiente al Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana, matriculados en el periodo académico 2020-2.

9.2 Contexto de la problemática

La educación superior de Colombia especialmente la educación de carácter público Iregui, Melo, & Ramos , 2006, que posee factores influyentes en el espacio educativo, tales como, la evaluación del comportamiento de indicadores de gasto público, cobertura,

eficiencia y calidad de los docentes del país, además, mide el impacto de rendimiento estudiantil con respecto a los colegios con factores socioeconómicos, donde los estudiantes se ven influenciados por dicho factor, asimismo, factores sociales, culturales económicos y políticos inciden en la calidad de la educación colombiana, impactando la educación superior pública tal como lo plantean, Iregui, Melo, & Ramos , 2006, al destacar, aspectos como la evaluación, el comportamiento de indicadores del gasto educativo público, cobertura, eficiencia y calidad de los docentes del país, el rendimiento estudiantil en las instituciones educativas oficiales.

Por igual, la educación mundial afronta la crisis debida a la pandemia de COVID 19 producida por SARS CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2), que ha obligado a generar cambios radicales en sus canales de transposición de la información, de igual manera, los métodos de enseñanza-aprendizaje, donde se enfatiza una educación mediante la implementación de las TIC's, con el objetivo de afianzar los modelos centrados en medios tecnológicos.

Duart, 2000, afirma que los medios tecnológicos en la educación se “Caracterizan ya que el centro de atención se fundamenta en la tecnología utilizada, el docente se transforma en un proveedor de contenidos, el estudiante un usuario empleador de contenidos y la tecnología un facilitador del proceso”. Sin embargo, la enseñanza virtual también posee una serie de dificultades, como la brecha digital, el no acceso del internet por parte de algunos estudiantes y profesores entre otras. Asimismo, la educación actual se enfrenta a los problemas de la recontextualización en la transposición didáctica, puesto que algunos docentes implementan métodos de enseñanza basados en “la transmisión verbal y repetición memorística de contenidos curriculares”, Hernandez, Soto, & Navarro, 2012 demostrando el poco efecto de este tipo de enseñanza, creando dificultades en la significación de conceptos químicos puesto que se les ha “introducido de forma precipitada las definiciones conceptuales que proporcionan las teorías, lo cual complica el concepto de enlace químico” como lo indica, Ros, 1983.

Uno de los factores más influyentes en la dificultad del aprendizaje que presenta la química es el desinterés por parte de los estudiantes, pues se “considera difícil y poco útil debido a la acumulación de información abstracta y compleja, y aún más, aprender los principios de la ciencia debido a que deben aprender y dominar su propio lenguaje y



terminología” (Nakamatsu, 2012), asimismo, la falta de conocimiento en los estudiantes sobre temas de espectroscopia debido a que no es un tema involucrado en los currículos de la educación básica y media, creando vacíos y desconocimientos en el proceso inicial de formación profesional por otro lado, a nivel didáctico, Galagovsky L. &., 2009, afirman que una de tales dificultades es el lenguaje empleado, o más bien el conjunto de lenguajes. Por un lado, se utiliza un lenguaje verbal con un vocabulario específico cuyas significaciones suelen resultar difíciles para los estudiantes. Por otro lado, están las representaciones gráficas, altamente simbólicas en el sentido que representan una realidad inobservable modelada.

Igualmente, es importante mencionar la dificultad con el aprendizaje del concepto enlace covalente a causa de la complejidad temática que conlleva su interiorización, además, de las concepciones negativas que presentan los estudiantes frente a dicha asignatura. Por tanto, se destaca la dificultad de aprendizaje del concepto enlace covalente, el cual no puede abordarse sin un sustento cuántico, suficiente para explicar sus características y aplicaciones, entre ellas, su interacción con la radiación infrarroja; en tal sentido, se hizo necesario usar un simulador donde visualizar el efecto antes mencionado, incluyendo así la postura de Munari (1990) quien destaca el papel fundamental de la comunicación visual correcta en la “transmisión de la información, evitando falsas interpretaciones en los estudiantes” El enlace covalente dada su naturaleza y abstracción, se aborda a través de un modelo mental relacionado con la hibridación de orbitales atómicos, postulados por la física cuántica para explicar la existencia de las moléculas y de otra parte esta concepción no se aborda a profundidad en la educación secundaria; planteamos su abordaje conceptual utilizando un simulador, donde las moléculas con este tipo de enlace puedan visualizarse y de paso interpretar su comportamiento, con los buenos resultados de aprendizaje en correspondencia con los hallazgos de (Cascarosa, Fernández, & Santiago, 2018) . El diseño del simulador asume los enlaces covalentes como resortes y aprovecha esta cualidad para someterlos a la interacción con la radiación infrarroja para generar señales de absorbancia o transmitancia en función del número de onda. Martínez y Magaña (2019), visualizan en un espectro infrarrojo característico. Por tanto, es importante abarcar los problemas fundamentados en la transposición didáctica de la comprensión de enlace covalente y sus temas afines basado en la ciencia escolar, brindando el privilegio a los

estudiantes de obtener una interiorización significativa del aprendizaje de los conceptos químicos (Solarte , 2006).

9.3 Marco Epistemológico

Los orígenes más reconocidos con base al estudio de la química tienen sus inicios desde la edad antigua fundamentados en la alquimia y la evaluación de la misma, desde personajes tales como Sócrates o Bacon, a inicios de la prehistoria tras un lento desarrollo de la alquimia se llega al siglo XVII con científicos reconocidos como Boyle y Lavoisier denominado a esta revolución científica como “la química pre científica” dando paso a diversos pensadores y científicos quienes aportaron a la química como se conoce en la actualidad. (Santos, 2010).

Por ello, a lo largo de la historia de la humanidad, el saber científico se ha comprendido como el producto del saber humano en determinado momento histórico inmerso en las situaciones sociales y culturales de cada época, (Fernandez , 2000) debido a esto, el proceso de enseñanza de las ciencias naturales no comprende a profundidad los conceptos y las teorías científicas que sustentas dichos saberes. (González M. , 2017)

Por ello, el reconocimiento histórico-epistemológico acerca de la concepción y evolución del enlace químico, (Cubillos, Poveda, & Villaveces, 1989) se origina desde el inicio de los tiempos con las ideas acerca del átomo desde Platón (427-347 a.C) y Aristóteles (384-322 a.C), bajo la denominación del sustancialismo quien sujetaba el saber químico con el objetivo de explicar los fenómenos conocidos hasta entonces, basados en tradiciones griegas fundadas en los elementos de la tierra, concepciones que se oponen al atomismo, gestor de la escuela de Demócrito y Leucipo afirmaban la teoría atómica no determinista, era al mismo tiempo una explicación al problema de la constitución de la materia y del movimiento, quienes suponían la que la materia estaba constituida por pequeñas partículas invisible e indivisibles, es decir, los átomos (sin división), esbozando la idea atómica desde la investigación científica. Años más tarde, (González M. , 2017), Descartes (1596-1650) propone su idea de partículas constituyentes de sustancias reflejados mediante propiedades macroscópicas, de este modo se concibe que los átomos se mantienen unidos mediante pequeños ganchos, basada en la filosofía mecánico-corpúscular influenciadas por concepciones sustancialistas, en el mismo siglo, Robert Boyle (1627-

1691) plantea que partículas diminutas de la materia primaria se combinan de diversas maneras formando corpúsculos.

Por otro lado, con respecto a la apropiación del conocimiento de la naturaleza eléctrica de la materia produce un cambio frente a la concepción del enlace químico, (González M. , 2017) Hamphry Davy (1778-1829) afirma que al proporcionar electricidad a los enlaces permite descomponer diversas sustancias químicas, de esta manera, comprender la acción de la electrolisis. (Cubillos, Poveda, & Villaveces, 1989). En 1813 Thomas Thomson afirmó que “cada elemento tiene un numero característico de puntos de unión” años más tarde, Edward Frankland (1852) expresó que “cada elemento tiene una “atomicidad” definida, entendida como la capacidad de combinación de átomos de cada elemento. Años más tarde, con los científicos más renombrados de la época, en 1877 John Dalton expone desde su vista la teoría atómica. retomando ideas de los pensadores griegos a cerca experimentación con gases, se traslada el concepto de partículas a todos los estados de la materia mediante la teoría atómica, comprendida en cuatro postulado (Lahuerta, 2005), en primer lugar, los elementos están constituidos por átomos, que son las partículas básicas de la materia; son indivisibles y no pueden ser creados ni destruidos, seguido, los átomos de un mismo elemento son idénticos, con el mismo peso y las mismas propiedades atómicas, del mismo modo, los átomos de elementos distintos se combinan entre sí en relaciones para formar compuestos, finalmente, los átomos de los elementos pueden combinarse en más de una porción entera para formar más de un compuesto, asimismo, J.J Thomson descubre el electrón actual al cual denomino rayo catódico, permitiendo crear ideas bases para entablar un enlace químico, encajando de manera indirecta el carácter electropositivo y electronegativo.

No obstante, a mediados de 1881 Abney y Festing lograron observar los primeros movimientos moleculares en infrarrojo cercano, dando así inicio a la espectroscopia infrarrojo, en tal observación se evidenció fotográficamente la absorción de 48 líquidos orgánicos en las cuales encontraron bandas características asociadas a la presencia de hidrogeno y otros elementos, dichos autores concluyeron que la absorción de “ondas caloríficas” se debe a movimientos intermoleculares, en donde la estructura de la molécula determina el tipo de absorción (Gomez & Murillo, 2020). Gracias a eso, se conoce la espectroscopia Ir en la actualidad como “los enlaces de las sustancias tienen frecuencias de

vibración específicas. A partir de la energía emitida por las vibraciones de estos enlaces, se determina el o los elementos contenidos en las muestras” (Cantellano & Zetina , 2015).

Años más tarde, en 1904 Thomson expresa la formación de enlaces mediante transferencia de átomos cargados para formar compuestos; el mismo año, Richard Abegg (1904) (Gallego, Pérez, Uribe, Cuéllar, & Amador, 2004) “siendo el primero en relacionar la valencia química con la distribución de electrones en el átomo, en donde la suma de su valencia y contravalencia siempre es ocho para consolidar átomos estables, observó que la valencia se relaciona directamente a los grupos de la tabla periódica”. Con base a los modelos atómicos de la época, se establece una relación con respecto entre los electrones más externos del átomo y la capacidad de la combinación de los mismos, 9 años más tarde, en 1913 Lewis con base a los estudios desarrollados por Drude y Lorentz establece la existencia de enlace iónico, covalente y metálico (Jaimes, 2004). En 1916 Lewis presenta a la comunidad científica un modelo de enlace covalente, asimismo, desarrolla la idea de enlace por par de electrones, dando paso a los denominados enlace simple, enlace doble y enlace triple con el objetivo de obtener las configuraciones electrónicas de los gases. (González M. , 2017), el cual fue cuestionado el mismo año por Kossel, dando paso a la concepción de enlace iónico, estructurado desde la regla de Abegg, quien propuso el concepto de valencia. Por otro lado, Langmuir en 1919 establece dos tipos de enlaces de acuerdo a lo expresado tiempo antes por Kossel y Lewis, denomina la existencia de enlaces covalente y electrovalentes.

1926 Erwin de Schrödinger realiza una investigación donde describe el enlace químico desde un modelo mecanico-cuantico del átomo, donde se concibe al electrón como ondas, un año más tarde, Heitler y London logran desarrollar la explicación cuantitativa del enlace químico, al demostrar que dos átomos con electrones de spins opuestos aumenta la densidad, de este modo, genera un sistema de energía estable, logrando explicar la formación del enlace. Es así como Pauling en 1939 con base a la teoría de enlace de Valencia (TEV) desarrolla los principios de hibridación de orbitales atómicos, no obstante, la falta de explicación para el paramagnetismo, nace la teoría de orbitales moleculares (TOM) desarrollada por Mulliken quien fundamentaba que al solapar los orbitales atómicos crean orbitales moleculares, creando un orbital enlazante y un orbital anti enlazante. (Solbes & Vilches, 1991)

En la misma línea cronológica, posterior a las explicaciones de Lewis acerca la teoría de enlace químico por compartición de pares de electrones o la denominada teoría del octeto con el objetivo de constituir estructuras energéticamente estables, se permite esbozar más a fondo el concepto de enlace covalente comprendido como “la unión atómica mediante compartición de electrones, los átomos quedan entrelazados mediante pares electrónicos comunes, constituyendo cada par un enlace de valencia ordinaria” (Martínez & Gragera, 2008), asimismo, el norteamericano Irving Langmuir logra introducir la terminología de enlace covalente o unión por electrones apareados o compartidos. Lo cual, según Lewis, era lo esencial para obtener la estructura de un gas noble desde la perspectiva de la química orgánica. Schrödinger en 1925, presenta la ecuación independiente del tiempo, (Lombardi & Martinez, 2019) que desde el punto de vista cuántico tiene como finalidad encontrar los valores de energía en un sistema molecular, valores asociados a la energía de las ondas estacionarias, también conocidas como orbitales, descrita bajo la ecuación de:

$$H_{tot}\Psi = E_i\Psi$$

de este modo, las soluciones de la ecuación de Schrödinger determinan la manera en la cual se distribuyen los electrones en los diferentes niveles de energía alrededor del núcleo. Por otro lado, el inglés Vicent Sidgwich logró ampliar el concepto de covalencia para los compuestos denominados inorgánicos, introduciendo la noción de enlace dativo (Izquierdo, 2019), demostró la existencia e importancia del enlace de hidrogeno, en 1927 Sidgwich propone la teoría del “efecto inerte” con el objetivo de expresar la estabilidad con respecto a los estados de oxidación para los elementos del bloque p. (Alfonso, 2012).

Por su parte, Los físicos alemanes Walter Heitler y Fritz London lograron descubrir las fuerzas de atracción que se derivan debido a la compartición de electrones por parte de dos átomos (Valpuesta, 2008), el tipo de enlace denominado, puente de hidrogeno en el cual intervienen la fuerza de atracción entre ciertas moléculas polares que contienen átomos de hidrogeno, particularmente los puentes de hidrogeno representan aproximadamente el 5% de la de los enlaces covalentes existentes entre hidrogeno y oxígeno, del mismo modo, se le atribuyen los altos puntos de fusión y de ebullición del agua (Burns, 2003).

Finalmente, la teoría de orbitales moleculares introducida a la comunidad científica por Jhon Lennard-Jones (1929), Erich Huckel y Charles Coulson, teoría la cual se origina

como una alternativa de los límites que plasma la teoría electrónica de Lewis y la teoría de repulsión de pares electrónicos de valencia. El objetivo principal de la teoría de orbitales moleculares consiste en átomos deslocalizados en toda la molécula ocupando orbitales moleculares, por tanto, los electrones ya no se encuentran en enlaces individuales, por el contrario, se encuentran en la totalidad de la molécula. Asimismo, la combinación de orbitales conlleva una disminución de energía en el orbital enlazante α y un incremento de energía en el orbital anti enlazante α^* (García & Massolo, 2010).

9.4 Marco Legal

A nivel legal, la educación superior en Colombia se rige mediante lineamientos y normativas, en primera instancia y de mayor relevancia se destaca la ley 115 de Febrero de 8 de 194 también denominada la Ley General de Educación Colombiana expresando “la educación como proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y sus deberes” (Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia, 2020) igualmente, con respecto a la educación superior, para los programas de pregrado “preparan un desempeño de ocupaciones para el ejercicio de una profesión o disciplina determinada, de naturaleza tecnológica o científica o en el área de las humanidades, las artes y la filosofía” tal como lo menciona el artículo 8 de la ley 30 de 1992 (Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia, 2020) de este modo, dicha ley resalta el aseguramiento de la alta calidad para los programas ofrecidos por la academia, seguido, políticas y planes de desarrollo superior de los programas de pregrado.

Por otro lado, el registro calificado es regulado mediante la Ley 1188 de 2008 y el Decreto 2566 de 2003 tal como lo expone (Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia, 2020) “que establecen las condiciones y procedimientos que deben cumplirse para ofrecer y desarrollar programas académicos, y fija, previo trabajo con la comunidad académica, las condiciones básicas o mínimas de calidad, con lo cual se establece como meta la obtención de un registro calificado, indispensable para el funcionamiento de los programas académicos” permitiendo el desarrollo de la autonomía universitaria en pro del desarrollo de competencias básicas en el desempeño profesional.

Finalmente, de Acuerdo del Consejo Académico No.0333 de septiembre 22 de 1999 nace el programa de pregrado de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental en la Universidad Surcolombiana, el cual, actualmente cuenta además de registro calificado otorgado mediante Resolución número 11731 de junio del 2017, Acreditación de Alta Calidad, otorgada mediante Resolución 26752 del 29 de noviembre del 2017 por el Ministerio de Educación Nacional M.E.N (Universidad Surcolombiana, 2020)

9.5 Diseño de la Unidad Didáctica

El desarrollo y diseño de la unidad didáctica consta con la implementación de la prueba pre-test con el fin de reconocer las estructuras cognitivas iniciales de los participantes, posteriormente, se realiza la intervención didáctica al grupo muestra por parte de las investigadoras, una vez finalizado el proceso de aprendizaje, se emplea la aplicación de la prueba pos-test con el fundamento de dilucidar la resignificación de los conocimientos y dar cumplimiento a los objetivos planteados. A continuación, se evidencia la prueba de pos-test y pre-test.

9.5.1 Test

1. La valencia es la capacidad atómica para formar enlaces, esta depende del número de sus electrones periféricos.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
2. La electronegatividad es la capacidad de un elemento químico para atraer electrones.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
3. Por ley de octeto, los átomos comparten o ceden electrones hasta llenar su último nivel de energía.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
4. El enlace covalente ocurre cuando un electrón es compartido por dos átomos.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
5. La estructura de Lewis permite representar la ubicación espacial de los enlaces químicos.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
6. En un enlace covalente coordinado dos átomos comparten un par de electrones que pertenece a uno de ellos.				



Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
7. La polaridad de las moléculas resulta de la distribución inequitativa de sus cargas eléctricas.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
8. El enlace covalente es la fuerza necesaria para mantener dos o más átomos unidos.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
9. En un enlace covalente no se comparten electrones pertenecientes a la capa externa, ni se cumple la ley del octeto.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
10. La hibridación es la interacción de orbitales atómicos <i>s</i> y <i>p</i> para explicar el enlace covalente.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
11. Un orbital molecular resulta de la interacción de distintos orbitales atómicos.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
12. La hibridación sp^2 es la interacción de un orbital <i>s</i> y dos orbitales <i>p</i> , generando tres orbitales híbridos ubicados de forma lineal.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
13. Los orbitales moleculares son regiones de probabilidad que se rechazan hasta alcanzar una posición de máxima repulsión electrostática.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
14. La hibridación <i>sp</i> resulta de la interacción de un orbital <i>s</i> con un orbital <i>p</i> , formando un ángulo de 180°.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
15. La hibridación sp^3 resulta de la interacción de un orbital <i>s</i> con tres orbitales <i>p</i> , formando entre ellos un ángulo de 120°.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
16. Los picos producidos en un espectro infrarrojo corresponden a las vibraciones moleculares.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
17. Las vibraciones moleculares dependen de la energía de enlace y de la electronegatividad de los átomos involucrados.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
18. La radiación infrarroja se encuentre en el intervalo de 100 cm^{-1} a 3000 cm^{-1} .				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
19. Cada señal o pico de la región fundamental del espectro infrarrojo (IR) determina la presencia de enlaces covalentes.				



Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
20. El software IR Tutor permite identificar los enlaces covalentes.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo

9.5.2 Formato de la Unidad Didáctica

FACULTAD DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA, BIOLOGÍA

Formato No.1. UNIDAD DIDÁCTICA Y PLAN DE CLASE SEMANAL

Nombre de la Unidad Didáctica: El espectro infrarrojo de los enlaces		
Intencionalidad: El estudiante, <i>comprenderá las interacciones de los enlaces covalentes en un espectro de IR mediante el uso del simulador IRTutor.</i>		
Grado de aplicación: Estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana.		
Asignatura: Química General		
Tiempo estimado de duración: 23 horas		
Estándar a desarrollar: <i>Reconoce y explica la relación de los enlaces covalentes mediante espectros de IR implementando el simulador IRTutor.</i>		
Contenidos Curriculares a Desarrollar		
Conceptual	Procedimental	Actitudinal
Propiedades atómicas periódicas Tabla periódica Propiedades atómicas periódicas Energía de ionización Afinidad electrónica electronegatividad Radio atómico Enlace químico ¿Por qué se unen los átomos? Las moléculas El enlace de pares electrónicos La regla del octeto Estructura de Lewis	Establezco el enlace covalente con la interacción de la espectroscopia infrarroja Identifico condiciones que influyen en la formación de enlaces químicos. Clasifico los tipos de enlace químico y su disposición espacial. Relaciono las propiedades de emisión y absorción de radiación con la simetría del entorno molecular. Ejecuto correctamente el simulador predisposto por los docentes. Identifico los tipos de enlace que se evidencian de manera gráfica en los picos del espectro mediante el simulador IRTutor.	Escucho activamente a mis docentes, compañeros y compañeras, reconozco sus puntos de vista, los comparo con los míos. Muestro interés en el desarrollo de la clase. Valora la destreza adquirida mediante el uso del simulador. Cumpro con mis funciones y trabajos en grupo o individuales.

<p>Ley de Coulomb Teoría de repulsión entre los pares de electrones en la capa de valencia Geometría y ángulos de enlace Teoría de Orbitales Moleculares Grupo funcional Enlace covalente Introducción Umbral de Pauling Orbitales híbridos Hibridación del orbital sp Hibridación del orbital sp² Hibridación del orbital sp³ Orbitales híbridos más complejos Espectroscopia Oscilador armónico (Cálculos de número de onda correspondiente a enlaces) Tipos de vibración Absorción IR Espectrómetro IR constante de Planck</p>		
Competencias a desarrollar:		
USO COMPRENSIVO DEL CONOCIMIENTO CIENTIFICO	INDAGACION	EXPLICACION DE FENOMENOS
Es la capacidad de comprender y emplear las nociones, conceptos y teorías tales como la electronegatividad, capa	Vincular a los y las estudiantes ampliando y modificando el conocimiento científico con el fin de potencializar la formación de seres sociales científicamente alfabetizados. De este modo, los y las	Es la capacidad de construir explicaciones y comprender los argumentos y modelos metodológicos fundamentada en los

<p>de Valencia, hibridación y espectroscopia IR, de esta manera buscar soluciones a dificultades de aprendizaje de la química y la física, así pues, lograr una relación de ideas previas, conceptos y conocimientos adquiridos para la importancia de los enlaces químicos, no solo en el aula sino en la vida cotidiana.</p>	<p>estudiantes realizan diversas cuestiones sobre las temáticas apropiadas a la situación actual y la virtualización. Esta competencia, se estructura en pruebas con base al uso adecuado de los simuladores para el entendimiento de enlaces químicos, además de tareas y cuestionarios aplicados. El proceso de indagación en ciencias naturales, incluye la observación minuciosa de las ilustraciones para el entendimiento de enlace químico, hibridación de orbitales, espectroscopia IR e identifica las variables que influyen en este suceso, promoviendo el aula de clase como entorno de entendimiento donde el estudiante realice, entienda, formule e identifique las preguntas, buscando respuestas en diversas fuentes de información (libros, internet, experiencias propias y de otros, etc.), además de buscar solución entre estudiantes.</p>	<p>fenómenos evidenciados a partir de las actividades simuladas, con el fin de establecer validez con las afirmaciones proporcionadas por los estudiantes, además de afianzar los conocimientos adquiridos mediante la elaboración de espectros IR, permitiendo demostrar los conceptos adquiridos. Por otro lado, se registran las observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa (sin alteraciones), en forma escrita, utilizando esquemas, gráficos y tablas, igualmente, selecciona la información que le permite responder preguntas, de esta manera sacar conclusiones de las prácticas, aunque no se obtengan los resultados esperados.</p>
<p>Nivel de Prerrequisitos: El estudiante debe tener un conocimiento previo sobre ¿Cómo es la estructura atómica? De esta manera relacionar y entender ¿Qué es enlace químico? basado en los elementos correspondientes en la tabla periódica, de igual modo, tener conocimiento previo a cerca de grupos funcionales.</p>		
<p>Recursos específicos tanto bibliográficos como didácticos: Ilustraciones Mapas conceptuales Presentaciones PowerPoint Software IR-Tutor Talleres Referencias Espectroscopia Infrarroja https://www.youtube.com/watch?v=Q-erKWRgL-s&ab_channel=Ang%C3%A9licaC%C3%A1ceresOrduz</p>		

Dashboard
<https://padlet.com/>
Kahoot
<https://kahoot.it/v2/>
Quizizz
<https://quizizz.com/>

PLAN DE CLASE (desarrollo de la UDA)

CRITERIO Nº S.	CONTENIDOS DE ENSEÑANZA	SITUACIÓN Y PREGUNTAS PROBLEMA U ORIENTADORAS.	SECUENCIA DE CADA CLASE (INTRODUCCIÓN, DESARROLLO Y CIERRE) /ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN CADA MOMENTO/ TIEMPO POSIBLE DE DURACIÓN.	ROL DOCENTE Y ESTUDIANTES	EVALUACIÓN (¿Qué?, ¿Cómo?).
04 de Dic 2020	<p>Conceptual TEMA: Propiedades periódicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Número atómico y ley periódica. - Electronegatividad -Afinidad electrónica -Potencial de ionización <p>Procedimental</p>	<p>¿Qué sabes de la tabla periódica?</p> <p>¿Entiendes la razón de la distribución de elementos químicos en la tabla periódica?</p>	<p>TEMA: Propiedades periódicas</p> <p>INTRODUCCIÓN: Actividad 1: (30 minutos) Se inicia la clase dando un cordial saludo a los estudiantes, seguido de una presentación de las docentes quienes realizarán el acompañamiento a lo largo del desarrollo de la unidad didáctica, seguidamente, se aplica el pre test (Instrumento final) a los estudiantes. Posteriormente se realizará un pequeño debate con respecto a la pregunta ¿Qué sabes de la tabla periódica?, con el fin de evidenciar los conocimientos previos que tiene los estudiantes siendo de gran importancia para el desarrollo de la clase</p>	<p>Rol docente El docente guiará, estimulará y colaborará al estudiante en el proceso de aprendizaje, se encargará de facilitar al estudiante las herramientas y situaciones que le ayuden a construir significados de</p>	<p>Se evaluará permanentemente, tomando como referencia los siguientes criterios a evaluar el proceso de formación: La participación de los y las estudiantes en los temas tratados.</p>

	<p>Comprende y relaciona las propiedades físicoquímicas de los elementos químicos.</p> <p>Reconoce la distribución de los elementos químicos en la tabla periódica de acuerdo con sus propiedades.</p> <p>Actitudinal.</p> <p>Atiendo y participé activamente en las actividades propuestas por los docentes, expresando mis puntos de vistas e ideas previas que contribuyan al desarrollo de la clase, igualmente,</p>		<p>DESARROLLO</p> <p>Actividad 2: (60 minutos) Teniendo como base los conocimientos previos de los estudiantes se procede a la exposición magistral para la apropiación de los temas conceptuales tales como número atómico, electronegatividad, afinidad electrónica y potencial de ionización.</p> <p>Actividad 3: (25 minutos) Con el fin de reforzar los conocimientos expuestos en clase se procede a observar dos videos y posteriormente, se escuchará la opinión de dos estudiantes</p> <p>CIERRE</p> <p>Actividad 4: (20 minutos) Con la finalidad de reconocer el aprendizaje de los estudiantes a lo largo de la sesión, se llevará a cabo mediante la plataforma Kahoot un juego el cual consiste en la resolución de unas series de preguntas con relación al tema visto en clase. De este modo, quien se posicione en primer lugar tendrá un incentivo, motivando de manera extrínseca el estudiante</p> <p>Actividad 5: (15 minutos) Agradecimientos, conclusión general de la clase por parte de un estudiante y la asignación el taller número 1.</p> <p>ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA</p>	<p>aprendizaje sustentable.</p> <p>Rol del Estudiante Asimismo, Los estudiantes en la modalidad virtual apoyada en las TIC, se encargarán de manifestar sus inquietudes con la mejor actitud y total libertad, en comunidad se responderán estas cuestiones, por otro lado, el estudiante tendrá el compromiso y responsabilidad frente al desarrollo de</p>	<p>Disciplina y disposición en las sesiones de las clases. La realización de taller referente a espectros en IR con el uso del software IR-Tutor.</p>
--	---	--	---	---	---

	<p>respeto las intervenciones de mis compañeros permitiendo el buen desarrollo de la clase.</p>		<p>TEMA: Propiedades periódicas</p> <p>INTRODUCCIÓN: Actividad complementaria 1: (20 min.) Se dará inicio a la actividad partiendo de un cordial saludo, seguido se realizará una serie de cuestiones acerca de las dificultades en el entendimiento de la temática de propiedades periódicas, valencia atómica y electronegatividad.</p> <p>DESARROLLO Actividad complementaria 2: (60 min.) Con la finalidad de aclarar las dudas expuestas por los estudiantes, se inició la actividad 2 con el análisis de los dos videos que anteriormente se habían evidenciado en la clase, partiendo de una breve explicación e intervención por parte de los estudiantes, se realizaron ejercicios de explicación y refuerzo sobre las temáticas por parte de las docentes.</p> <p>CIERRE Actividad complementaria 3: (30 min.) Finalmente, se realizó una pequeña actividad que consto de identificar y ordenar en orden decreciente de electronegatividad algunos elementos de la tabla periódica, además de explicar su afinidad electrónica y potencial de ionización.</p>	<p>actividades relacionadas con la formación académica.</p>	
<p>REFLEXIÓN DE LA ACCIÓN PEDAGÓGICA:</p>					

En el primer encuentro se realizó el acercamiento docente por parte de los investigadores con el objetivo de reconocer sus saberes y concepciones previas a las temáticas se da paso a un sondeo de ideas donde los estudiantes expresen sus conocimientos generando un debate de saberes, lo cual permite una relación más armoniosa entre el aula de clases virtual, los estudiantes evidencian un conocimiento sólido de la temática empleada, además de actitudes que promueven el aprendizaje como la participación y el interés en la clase. A nivel docente permitió reconocer las falencias y virtudes de las docentes en medio de la intervención pedagógica destacando el manejo de grupo y el desarrollo adecuado del material audiovisual.

CRITERIO Nº S.	CONTENIDOS DE ENSEÑANZA	SITUACIÓN Y PREGUNTAS PROBLEMA U ORIENTADORAS.	SECUENCIA DE CADA CLASE (INTRODUCCIÓN, DESARROLLO Y CIERRE) /ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN CADA MOMENTO/ TIEMPO POSIBLE DE DURACIÓN.	ROL DOCENTE Y ESTUDIANTES	EVALUACIÓN (¿Qué?, ¿Cómo?).
06 de Dic-11 de Dic 2020	<p>TEMA: Enlace químico:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Las moléculas -El enlace de pares electrónicos -Estructura de Lewis -Ley de Coulomb -Teoría de repulsión entre los pares de electrones en la capa de valencia -Geometría y ángulos de enlace 	<p>Enlace químico:</p> <p>¿Qué son átomos? ¿Cuál es diferencia entre átomo y compuesto?</p> <p>¿Por qué se unen los átomos?</p> <p>¿Para ti que es la regla del octeto?</p>	<p>TEMA: Enlace químico</p> <p>INTRODUCCIÓN Actividad No.1. (30 min.) Se dará la bienvenida a los y las estudiantes, en donde se escuchará las el bienestar de los estudiantes, seguido, se abordará la cuestión sobre ¿Qué son átomos? ¿Cuál es diferencia entre átomo y compuesto?, la cual facilitará el aprendizaje de los diversos conceptos.</p> <p>DESARROLLO Actividad No.2. (30 min.) Partiendo de las diversas opiniones de los estudiantes a cerca de ¿Qué son los átomos?, se procederá a formular la pregunta ¿Por qué se unen los átomos?, con el fin de dar paso a las temáticas y conceptos de moléculas, enlace de pares electrónicos, seguido se realizará la pregunta ¿Para ti que es la regla del</p>	<p>Rol docente El docente guiará, estimulará y colaborará al estudiante en el proceso de aprendizaje, se encargará de facilitar al estudiante las herramientas y situaciones que le ayuden a construir significados de aprendizaje sustentable.</p>	<p>Se evaluará permanentemente, tomando como referencia los siguientes criterios a evaluar el proceso de formación: La participación de los y las estudiantes en los temas tratados. Disciplina y disposición en las</p>

	<p>-Teoría de Orbitales moleculares.</p> <p>Procedimental Identifico condiciones que influyen en la formación de enlaces químicos. Establezco posibles enlaces.</p> <p>Actitudinal Escucho activamente a mis docentes, compañeros y compañeras, reconozco sus puntos de vista, los comparo con los míos. Muestro interés en el desarrollo de la clase.</p> <p>TEMA: Enlace covalente:</p>	<p>¿Qué entiendes por enlace covalente?</p>	<p>octeto?, con la intención de explicar los temas conceptuales regla de octeto, estructura de Lewis.</p> <p>Actividad No.3. (40 min.) Mediante una dinámica, se les pedirá a los estudiantes, graficar la estructura de (NaOH y C₂H₄), seguidamente se tomarán dos estudiantes al azar, utilizando el programa Wheelofnames, donde deberán explicar a sus compañeros como realizaron la estructura. A continuación, se realizará la clase magistral abordando los conceptos de Ley de Coulomb, Teoría de repulsión entre los pares de electrones en la capa de valencia, geometría y ángulos de enlace y finalmente teoría de orbitales moleculares.</p> <p>CIERRE Actividad No.4. (30 min.) Al finalizar la clase, los y las estudiantes deberán ingresar a la aplicación Quizz donde tendrán que resolver una serie de preguntas en la cual se evidenciara el conocimiento adquirido en la clase. Tarea: El estudiante deberá documentarse acerca del interrogante ¿Qué es hibridación? Obtener bolas de icopor o pimpones, palitos de pincho y cable.</p> <p>ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA</p> <p>TEMA: Enlace químico</p> <p>INTRODUCCIÓN: Actividad complementaria 1: (15 min.)</p>	<p>Rol del Estudiante Asimismo, Los estudiantes en la modalidad virtual apoyada en las TIC, se encargarán de manifestar sus inquietudes con la mejor actitud y total libertad, en comunidad se responderán estas cuestiones, por otro lado, el estudiante tendrá el compromiso y responsabilidad frente al desarrollo de actividades relacionadas</p>	<p>sesiones de las clases. La realización de taller referente a espectros en IR con el uso del software IRTutor.</p>
--	---	---	--	--	--

	<p>-Introducción -Umbral de Pauling -Orbitales híbridos -Hibridación del orbital sp -Hibridación del orbital sp² -Hibridación del orbital sp³ -Orbitales híbridos más complejos</p> <p>Procedimental Observo los tipos de enlaces y las hibridaciones. Justifico cada tipo de hibridación existente Implementando el uso de las TIC's. Hacer un objeto virtual de aprendizaje (OVA),</p>	<p>¿Qué entiendes por hibridación?</p>	<p>La sesión inicia con un breve saludo a los asistentes a la actividad complementaria, seguido se escucharán las dudas por parte de los estudiantes.</p> <p>DESARROLLO Actividad complementaria 2: (60 min.) Basado en la teoría efectuada en la clase, se realizará una actividad con la estructura tridimensional del Etileno (C₂H₄), basado en la estructura mencionada anteriormente, se realizará la socialización de la Teoría de repulsión entre los pares de electrones en la capa de valencia, geometría y ángulos de enlace, finalmente teoría de orbitales moleculares.</p> <p>Actividad complementaria 3: (40 min.) Aclaradas las dudas de las temáticas anteriores, se realizará una pequeña actividad en la cual se deberá construir la molécula de ácido nítrico (HNO₃), de esta manera interpretar la estructura de Lewis y realizar una pequeña introducción sobre hibridación.</p> <p>CIERRE Actividad complementaria 4: (1 hora y 35min.) Finalizada la Actividad 3, se realizará la explicación para la construcción de las esferas de icopor, las cuales simularán algunos elementos de la tabla periódica, basados en el maletín modelo de barras y esferas, el cual permite la demostración de la posición tridimensional de los átomos y sus respectivos enlaces.</p> <p>TEMA: Enlace covalente</p>	<p>con la formación académica.</p>	
--	---	--	---	------------------------------------	--

	<p>empleando las diversas herramientas brindadas por las TIC, sobre la hibridación.</p> <p>Actitudinal Escucho y participo activamente en la clase, respeto la opinión de mis compañeros y compañeras reconociendo sus puntos de vista y comparando los con los míos. Cumpló con mis funciones y trabajos en grupo o individuales.</p>		<p>INTRODUCCIÓN Actividad No.1. (20 min.) Se realizará la bienvenida a los y las estudiantes, en donde se escuchará el bienestar de los estudiantes, se realizará un breve ejercicio de estiramiento.</p> <p>DESARROLLO Actividad No.2. (30 min.) a continuación, se procederá a ilustrar una figura de la cual partirá el tema de enlace covalente, consecutivamente se realizará la pregunta ¿Qué entiendes por enlace covalente?, partido de la ilustración e incógnita, se escucharán las opiniones y se procederá a realizar la clase magistral sobre los temas de enlace covalente (introducción), umbral de Pauling, seguido de orbitales híbridos.</p> <p>Actividad No.2. (50 min.) Seguidamente, se escucharán las opiniones sobre la consulta y sus puntos de vista acerca de lo que entendieron. Posteriormente, Se realizará una ejemplificación y posterior explicación de los enlaces Sp^3, Sp^2 y Sp, por medio del uso de bombas, bolitas de icopor o pimpones, palitos y cables, del mismo modo, se explica a los estudiantes como reconocer la hibridación Sp^3, Sp^2 y Sp y los enlaces, geometría y ángulos de enlaces que puede generar, las ejemplificaciones mediante los diversos materiales, se realizarán con el fin de que el estudiante reconozca la ubicación espacial de cada uno de las hibridaciones.</p>		
--	---	--	--	--	--

			<p>CIERRE Actividad No.3. (35 min.) A continuación, los estudiantes deberán ingresar a la aplicación Dashboar por medio de este se realizaran un serie de preguntas, plantearán las dudas que tienen acerca del tema o si desean una retroalimentación, seguidamente se apreciara la importancia de los estudiantes con base a una retroalimentación estudiante-docente, docente-estudiante y estudiante-estudiante, seguido, los estudiantes deberán ingresar a la aplicación Kahoot en donde tendrán que resolver una serie de preguntas en la cual se evidenciara el conocimiento adquirido en la clase, además de tener la oportunidad de evidenciar sus falencias.</p> <p>ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA</p> <p>TEMA: Enlace covalente</p> <p>INTRODUCCIÓN: Actividad complementaria 1: (20 min.) La sesión comienza con un breve saludo a los asistentes a la actividad complementaria, posteriormente se revisarán las cuestiones resueltas por parte de los estudiantes sobre las falencias en la identificación de la hibridación en los enlaces. Seguido, se escucharán las dudas por parte de los estudiantes en la temática vista en clase.</p> <p>DESARROLLO Actividad complementaria 2: (1 hora y 15 min.)</p>		
--	--	--	---	--	--

			<p>Con base a los resultados y las dudas generadas por los estudiantes, se realizará una actividad la cual consta de la construcción de varios compuestos como H_2SO_3, H_2O, CO_2, HCN y O_3 con la finalidad de dar una mayor explicación a cada uno de los tipos de hibridación, partiendo de la resta de la electronegatividad de cada uno de los átomos presentes en cada compuesto, se realizará la explicación por casillas, simulando los orbitales, para dar un mayor entendimiento en la repartición de los electrones de los átomos, para cumplir la ley del octeto, seguido, se representarán gráficamente los compuesto agregando los ángulo representativos de cada hibridación, finalmente, se construirá por parte de las docentes la estructura tridimensional de los compuestos implementando el maletín modelo de barras y esferas.</p> <p>CIERRE Actividad complementaria 3: (40 min.) Una vez aclaradas las dudas, se realizará una pequeña actividad en la cual los estudiantes deberán realizar el procedimiento efectuado anteriormente para determinar el tipo de hibridación de los compuestos, esta vez serán con los compuestos de CH_4, C_2H_4 y C_2H_2, la actividad será se realizará con el fin de evidenciar los conocimientos adquiridos, además de generar un espacio de dialogo y preguntas acerca del tema.</p>		
<p>REFLEXIÓN DE LA ACCIÓN PEDAGÓGICA La segunda semana de intervenciones docentes los estudiantes demostraron mayor confianza con las investigadoras, permitiendo de esta manera el aprendizaje colectivo entre el aula de clase, se evidencio un conocimiento básico acerca de los temas tratados, del mismo modo, se resalta la capacidad de</p>					

argumentación frente al taller dejado en la semana anterior, del mismo modo, esbozan de manera adecuada el montaje molecular tridimensional de diversas moléculas con el fin de entender la hibridación, se promueve el aprendizaje guiado por experiencias lo cual resulta significativo en medio de la emergencia virtual, de tal modo, es de suma satisfacción para el grupo de investigación contar con la disposición de los estudiantes.

CRITERIO N° S.	CONTENIDOS DE ENSEÑANZA	SITUACIÓN Y PREGUNTAS PROBLEMA U ORIENTADORAS.	SECUENCIA DE CADA CLASE (INTRODUCCIÓN, DESARROLLO Y CIERRE) /ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN CADA MOMENTO/ TIEMPO POSIBLE DE DURACIÓN.	ROL DOCENTE Y ESTUDIANTES	EVALUACIÓN (¿Qué?, ¿Cómo?).
13 de Dic-18 de Dic	<p>Conceptual TEMA: Espectroscopia 1: -Oscilador armónico -Tipos de vibración molecular -Absorción IR</p> <p>Procedimental Comprende y relaciona los tipos de vibraciones existentes con respecto al espectrofotómetro o IR.</p> <p>Aplica e interactúa</p>	<p>¿Qué entiendes por espectroscopia IR?</p> <p>¿Qué puedo analizar en un espectro infrarrojo?</p>	<p>TEMA: Espectroscopia parte 1</p> <p>INTRODUCCIÓN: Actividad No. 1: (30 minutos)</p> <p>Se inició a la clase con un fraternal saludo, posteriormente, se hará un ejercicio de estiramiento, permitiendo un descanso leve de la jornada académica, seguido, se planteará la pregunta de partida ¿Qué entiendes por espectroscopia IR? La cual permitirá dilucidar los conocimientos previos de los estudiantes, siendo importante para el desarrollo de la clase</p> <p>DESARROLLO Actividad No. 2: (30 minutos) En este espacio se llevó a cabo mediante una clase magistral permitiendo la apropiación del tema espectroscopia IR y oscilador armónico, tales como concepto, función y aplicación.</p>	<p>Rol docente El docente guiará, estimulará y colaborará al estudiante en el proceso de aprendizaje, se encargará de facilitar al estudiante las herramientas y situaciones que le ayuden a construir significados de aprendizaje sustentable. Rol del Estudiante Asimismo, Los</p>	<p>Se evaluará permanentemente, tomando como referencia los siguientes criterios a evaluar el proceso de formación: La participación de los y las estudiantes en los temas tratados. Disciplina y disposición en las sesiones de las clases.</p>

	<p>acertadamente el uso del simulador IR Tutor para la comprensión de la espectroscopia IR.</p> <p>Actitudinal Atiendo y participó activamente en el desarrollo de las clases, intento de manera personal plantear alternativas de aprendizaje en el curso mediante el uso de las TIC's y NTIC's, de este modo, respetando y debatiendo argumentativamente mis puntos de vista con respecto a mis conocimientos.</p>	<p>TEMA: Espectroscopia 2</p>	<p>Para posteriormente ver el video denominado espectroscopia infrarroja.</p> <p>Actividad No.3: (40 minutos) En este espacio se emplearán los tipos de vibraciones con ayuda del simulador IR Tutor donde los estudiantes reconocerán movimientos vibraciones, seguido se realizará una dinámica acerca de este tema mediante Kahoot</p> <p>Actividad No.4: (30 minutos) En esta actividad se empleará una clase magistral donde los estudiantes comprenderán los tipos de absorción con respecto a los diferentes enlaces, de este modo su formación característica con respecto a las longitudes de onda de cada enlace.</p> <p>CIERRE Actividad No.5: (45 minutos) Sera un momento para aclarar dudas de los temas correspondientes a la clase, del mismo modo, se dejará una consulta en la cual los estudiantes deberán documentarse acuerda de: ¿Qué es un espectrómetro infrarrojo? ¿Cómo funciona un espectrómetro infrarrojo? ¿Para qué sirve un espectrómetro infrarrojo?</p> <p>TEMA: Espectroscopia parte 2 INTRODUCCIÓN:</p>	<p>estudiantes en la modalidad virtual apoyada en las TIC, se encargarán de manifestar sus inquietudes con la mejor actitud y total libertad, en comunidad se responderán estas cuestiones, por otro lado, el estudiante tendrá el compromiso y responsabilidad frente al desarrollo de actividades relacionadas con la formación académica.</p>	<p>La realización de taller referente a espectros en IR con el uso del software IRTutor.</p>
--	---	---	--	--	--

	<p>TEMA: Espectroscopia 2: - Espectrofotómetro IR - Constante de Planck</p> <p>Procedimental Realiza y explica adecuadamente los cálculos experimentales sobre número de onda y energía radiante mediante la espectroscopia IR.</p> <p>Explico y manejo adecuadamente la espectroscopia en la lectura de espectros de medicamentos.</p> <p>Domino adecuadamente</p>	<p>¿Sabes que es un espectrómetro infrarrojo y cuál es su función?</p> <p>¿Alguna vez has escuchado acerca de la constante de Planck?</p>	<p>Actividad No.1: (20 minutos) Se dará inicio a la clase con un fraternal saludo, seguido de esto se tomará la posición frente a la consulta de la clase anterior por parte de dos estudiantes, para de este modo, relacionar la consulta con el tema a seguir.</p> <p>DESARROLLO Actividad No.2: (40 minutos) El desarrollo de la temática de espectrómetro IR se realizará de carácter magistral, de igual manera, será guiada mediante el simulador IR Tutor</p> <p>Actividad No.3: (50 minutos) La clase magistral se llevará a cabo con el fin de explicar al estudiantado la contextualización de la constante de Planck y su importancia en la espectroscopia IR</p> <p>CIERRE Actividad No.4: (35 minutos) Se emplea este momento para resolver dudas con respecto al tema de espectroscopia, seguido se pedirá a un estudiante una conclusión y reflexión acerca de cómo le pareció la Unidad didáctica para finalmente aplicar el Pos-test.</p> <p>Cierre Actividad No.5: (30 minutos)</p>		
--	--	---	---	--	--

	<p>el uso del simulador IR Tutor.</p> <p>Actitudinal Respeto y participó activamente en clase, me propongo como estudiante a manejar el simulador en frente de mis compañeros.</p>		<p>Se emplea este momento para resolver dudas con respecto al tema de espectroscopia, seguido se pedirá a un estudiante una conclusión y reflexión acerca de cómo le pareció la Unidad didáctica para finalmente aplicar el Pos-test.</p> <p>ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA</p> <p>TEMA: Espectroscopia parte 1</p> <p>INTRODUCCIÓN: Actividad complementaria 1: (15 min.) Se dará inicio a la clase con un fraternal saludo, seguido de esto se tomará la posición frente a la consulta de la clase anterior por parte de dos estudiantes, para de este modo, relacionar la consulta con el tema a seguir.</p> <p>DESARROLLO Actividad complementaria 2: (1 hora) Posterior a la explicación magistral propuesta por los docentes, se emplea el reconocimiento de un espectro, para de esta manera, comprender los rangos acertados para la denominada zona de lectura y huella dactilar en el momento de leer un espectro ya sea de forma manual o a través del simulador IR Tutor.</p> <p>CIERRE Actividad complementaria 3: (40 min.) Para finalizar este espacio, se lleva a cabo la resolución de preguntas con base a como leer adecuadamente un espectro de acuerdo a los picos</p>		
--	---	--	---	--	--

			<p>proporcionados por los distintos enlaces en una determinada longitud de onda.</p> <p>TEMA: Espectroscopia parte 2</p> <p>Actividad complementaria 1: (15 min.) Se dará inicio a la clase con un fraternal saludo, seguido de esto se tomará la posición frente a la consulta de la clase anterior por parte de dos estudiantes, para de este modo, relacionar la consulta con el tema a seguir</p> <p>DESARROLLO Actividad complementaria 2: (2 horas) Con el objetivo de validar el aprendizaje de los estudiantes, se realiza la lectura de los espectros en dos tiempos, inicialmente, se lleva a cabo la lectura de seis espectros infrarrojos de manera manual, en la cual, el estudiante en conjunto con el docente, el reconocimiento de los tipos de enlaces existentes en los espectros infrarrojos proporcionados, en segunda instancia, se emplea el uso del simulador IR Tutor con el objetivo de verificar los espectros leídos de forma manual, estrategia que permite reconocer y visibilizar los errores presentes en las lecturas manuales para de esta manera reconocer los tipos de vibraciones pertenecientes a cada enlace. Destacando, los enlaces de Carbono.</p> <p>CIERRE (30 min)</p>		
--	--	--	---	--	--

			<p>En este espacio, se les proporcionó a los estudiantes una serie de espectros que debe leer con el objetivo de realizar un taller práctico en donde se logre evidenciar sus saberes obtenidos a lo largo del proceso, para finalmente, dar una conclusión general del tema correspondiente a espectroscopia IR y de esta manera dar por terminada la aplicación de la Unidad didáctica.</p>		
<p>REFLEXIÓN DE LA ACCIÓN PEDAGÓGICA La tercera semana y final de la intervención por parte de las investigadoras docentes, se evidencio la aceptación total de confianza por parte de los estudiantes a las docentes investigadoras, asimismo, los estudiantes por medio de las clases y talleres demostraron la asimilación a los conceptos tratados a lo largo de la intervención práctica, resaltando la capacidad argumentativa y propositiva por parte de los estudiantes a la hora de generar nuevas cuestiones con relación a las temáticas abordadas en el transcurso de la semana, del mismo modo, se evidencia la importancia del uso de las TIC´s mediante la implementación del simulador IR Tutor, el cual promueve experiencias de índole significativas, a su vez los estudiantes generan un aprendizaje de tipo sustentable basado en las experiencias vividas y el contexto que lo rodea, todo ello en medio de la emergencia actual sanitaria a causa del SARS-CoV-2.</p>					

