

***LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, SU PAPEL EN LA CONSTRUCCIÓN DE
CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: EL CASO
DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN TÉRMICA.***

Propuesta de trabajo de grado realizada por:
José Santiago Torres Velásquez

Presentación asesorada por el profesor:
Francis Moreno Otero

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
Facultad de Ciencia y Tecnología
Licenciatura en Física

Línea de profundización III: La Actividad Experimental para la Enseñanza de la Física
Bogotá, D.C. 2021

***LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, SU PAPEL EN LA CONSTRUCCIÓN DE
CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: EL CASO
DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN TÉRMICA.***

INTRODUCCIÓN

A partir del abordaje de cada una de las fases de investigación que se propusieron para este trabajo de grado, se fue desarrollando y construyendo una estructura de portafolio o bitácora de información que logro, a gran escala y de buena manera, dar forma al cuerpo temático, objetivo y de hallazgos fruto de este proceso de intervención; esta estructuración se representa de manera breve en la división de los siguientes capítulos:

Capítulo 1: En este capítulo se contextualiza el trabajo y se acota un contexto particular, definiendo una situación problema como tal, dentro de los espacios de enseñanza y aprendizaje de la física; posteriormente, se dará paso a la presentación de un plan de intervención donde se plasman algunas acciones necesarias para dar solución a la problemática y se menciona lo que se pretende hacer para lograrlo; por último, se presenta una breve caracterización en la búsqueda de objetivos comunes en la revisión de algunos antecedentes que se consideran convenientes y que guardan relación con la investigación.

Capítulo 2: En este capítulo se desea realizar una recontextualización del contenido epistemológico que está detrás de la construcción de explicaciones y formulaciones científicas en torno al fenómeno de transferencia de calor por radiación térmica; esto claro, definiendo un periodo histórico y de tiempo específico, donde además se pueden rescatar contextos y problemáticas propias de los científicos, muy valiosas para la enseñanza de saberes y la organización de propuestas de intervención en el aula.

Capítulo 3: El capítulo permite rescatar algunos de los elementos teóricos que hacen posible otorgarle a la actividad experimental un determinado contenido intrínseco o propio, el cual aporta notablemente en la construcción de conocimiento científico; de la misma manera, se presentan algunas interpretaciones o atribuciones de intelecto que se hacen en relación con la experimentación, pero ahora extrapoladas al campo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, obteniendo de esto un panorama aún más amplio y valioso para la organización de material didáctico.

Capítulo 4: En este capítulo se presenta la propuesta didáctica y metodológica con la que se desea intervenir en el “aula de clases” (estas comillas atendiendo a cuestiones propias de la enseñanza por medio de una modalidad virtual), con el propósito de que esta (propuesta) sea examinada como una alternativa perfilada a dar solución a la problemática previamente manifestada; y, que al mismo tiempo, permita la recolección de información suficiente para poder adelantar un proceso de análisis al respecto de la misma.

Capítulo 5: El capítulo desea plasmar cómo se llevó a cabo el proceso de sistematización de la información y/o datos obtenidos luego de la intervención de la propuesta; y como esta (sistematización) se utilizó para forjar una muestra o referencia de cuáles son los principales aspectos y conclusiones que destacan dentro del análisis de datos, y su relevancia para el diseño y desarrollo de futuras intervenciones.

CAPÍTULO 1: CONTEXTO PROBLEMA, OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS Y ANTECEDENTES.

1.1. Situación problema y Acción justificadora

El contexto problema se hace evidente en el primer periodo académico del proceso de práctica pedagógica que se adelantó en el colegio Instituto Pedagógico Nacional (IPN), ya que en el “aula de clases”, en el marco de la enseñanza de la física, se reflejaron las dificultades que tienen los estudiantes, en específico, al momento de construir o expresar sus explicaciones e ideas alrededor de diversos hechos y fenómenos científicos que son comunes de apreciar o percibir en la naturaleza; se considera que esto puede ser, en parte, consecuencia de una forma única, lineal y tradicional de enseñar, y que aún se mantiene en muchos casos dentro de las escuelas y colegios, conocida como aprendizaje memorístico. Según Cowan N. (1995) este aprendizaje “... *se basa en la memorización y repetición de ciertos conceptos y fórmulas sin la intención de familiarizar a los estudiantes de una forma adecuada respecto a la relación existente entre estos y la experiencia, generando así, que la información se convierta en un objeto de almacenamiento y no en un valor con intención interpretativa*”.

Además, una segunda consideración a tener en cuenta, y que se relaciona con las dificultades que presentan los estudiantes a la hora de construir explicaciones o expresar sus ideas de manera correcta respecto de alguna temática o práctica, (y con “correcta” se quiere decir, haciendo uso y organización adecuada de los conceptos y sus significados); es notar -tal cual como lo menciona Cristian C. Moreno (2017) en su trabajo de grado- que en el lenguaje utilizado por los estudiantes para la construcción de explicaciones y/o afirmaciones, si se muestra el uso de las palabras o conceptos a fines con los fenómenos o hechos científicos, solo que, los significados que los estudiantes tienen de los mismos (conceptos) están contruidos de manera vaga y dispersa, consecuencia de que los conceptos son vinculados de manera errónea con experiencias o frases del común, esto es, que son aprendidos a partir de información influenciada por su ambiente diario o social.

De esta manera, es importante cuestionarnos si estas formas tradicionales de enseñar la física, limitándose a un modelo de enseñanza memorístico, poco reflexivo y participativo y sin conexión con la naturaleza verdaderamente está cumpliendo con la finalidad de la enseñanza de las ciencias; ya que según Edwin García (2011) “*la finalidad de enseñar física es ayudar al*

estudiante a esclarecer la relación que existe entre el contenido teórico de la disciplina y los fenómenos naturales donde se pueden encontrar representados en la vida diaria”.

Teniendo en cuenta las consideraciones previas, es válido preguntarse, **¿Qué estrategias de enseñanza implementadas en el aula de clases, pueden ayudar a los estudiantes a consolidar de mejor manera la relación entre los conceptos y los fenómenos físicos?** (aclarando que, se entiende por estrategia de enseñanza, el diseño y organización de material didáctico y/o actividades las cuales tienen como propósito facilitar la enseñanza y el aprendizaje de un tema o contenido en específico, dentro de un contexto o situación determinada).

Una posible respuesta al anterior interrogante propone que la implementación de la *actividad experimental* en el aula de clases -actividad que está relacionada con la observación de los fenómenos y los experimentos físicos- puede funcionar como una herramienta que le permita a los estudiantes, a partir de la interacción directa con el fenómeno, comprender el significado correcto de ciertos conceptos que a primera vista le pueden parecer difíciles de abstraer; ya que como menciona Ian Hacking (1996) “... *la experimentación es importante en la construcción de la actividad científica, además de los conocimientos que se pueden derivar de ella*”.

Es claro que al considerar a la actividad experimental como un eje fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física no se pretende desconocer la importancia de los fundamentos teóricos, sino, por el contrario, y de acuerdo con Romero y Aguilar (2013) “*se trata de valorar tanto la dimensión teórica como la dimensión experimental de forma inseparable e integral y así reconocer su aporte mutuo a la construcción de conocimiento*”.

Se considera ahora, por tanto, una problemática aún más puntual en el aula de clases, y es la confusión que se presenta en los estudiantes de grado sexto (6°) del colegio Instituto Pedagógico Nacional a la hora de comprender¹ los conceptos relacionados con la temática de TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN TÉRMICA (TCRT); dado que, no solo se da cuenta de la dificultad que estos tienen para hacer una interpretación correcta de los términos y palabras que se relacionan, sino que además, se ve en su participación o intervenciones en clase

¹ Se entiende por comprender, desde la postura de la RAE, como la facultad de inteligencia por medio de la cual logramos entender, alcanzar o penetrar la información descriptiva y significativa de las cosas, para así pensar en sus razones o para hacernos una idea clara de estas.

que, suelen confundir el uso de la terminología al relacionar conceptos como sinónimos de manera equivocada, como por ejemplo calor y temperatura.

En consecuencia, esta investigación muestra una nueva propuesta enseñanza-aprendizaje con el diseño de una estrategia didáctica que involucre la actividad experimental como herramienta acompañadora en estos procesos, tal que, potencie y logre la unificación entre las ideas previas o de anclaje -que tienen los estudiantes- y el uso adecuado en la interpretación de los conceptos relacionados con el fenómeno de TCRT.

Teniendo en cuenta el planteamiento anterior, se propone el desarrollo de la siguiente pregunta problema como fórmula de investigación:

¿Cómo la actividad experimental contribuye a la construcción o reconstrucción de las interpretaciones de los estudiantes acerca del fenómeno de transferencia de calor por radiación térmica?

1.2. Objetivo general y Objetivos específicos

➤ Objetivo general

Relacionar la importancia de la experimentación en la construcción de conocimiento científico y científico escolar; y su articulación con los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

➤ Objetivos específicos

- Conocer, desde la revisión de material bibliográfico, los aspectos relevantes de la experimentación en la construcción de explicaciones científicas alrededor del fenómeno de TCRT, para así, identificar la importancia de la actividad experimental en el desarrollo teorías científicas; y con esto, rescatar también, la relevancia de la experimentación dentro del aula de clases.
- Realizar un modelo de cuestionario que permita explorar y conocer las ideas previas que tienen los estudiantes sobre el fenómeno de TCRT; para luego, con esta información, diseñar e implementar una estrategia de enseñanza para el aula de clases (virtual), la cual haciendo uso de la actividad experimental, permita a los estudiantes orientar la construcción y reconstrucción conceptual con relación al fenómeno de TCRT.

- Implementar una estrategia metodológica que permita, en el contexto virtual, la construcción del montaje experimental por parte de los estudiantes, pero que además, propicie un ambiente que les facilite la interacción con el mundo físico y real, y así, se busque que, estos conozcan y/o reordenen los conocimientos e ideas relacionadas con el fenómeno de TCRT.
- Sistematizar y analizar los resultados obtenidos en la implantación de la actividad, con el propósito de valorar y reconocer los logros de aprendizaje alcanzados por los estudiantes en relación con la TCRT; además, de resaltar las contribuciones y reflexiones acerca de la actividad experimental en la construcción de conocimiento.

1.3. Antecedentes

RADIACIÓN TÉRMICA: CONSTRUYENDO LA IDENTIDAD ENTRE LUZ Y CALOR
<ul style="list-style-type: none"> · Autor: Moreno A. Cristian Camilo · Año e institución: 2017. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia (Facultad de Ciencia y Tecnología) · Para optar al título de: Licenciado en Física.
<p>El trabajo muestra una propuesta de intervención en el aula de clases que tiene como intención aplicar una propuesta pedagógica con un carácter metodológico referencial que hace uso de la actividad experimental con el propósito de que esta se convierta en una actividad que permita producir explicaciones en los estudiantes posibles de establecer la identidad entre luz y calor, entendida como radiación térmica; para posteriormente sistematizar y analizar las experiencias que emergen de dicha propuesta.</p> <p>De este trabajo se rescatan dos aspectos importantes: 1) el primero, es reconocer un contexto de problemática similar en cuanto a los vínculos conceptuales y explicativos con los que los estudiantes suelen identificarse, ya que son significados de conceptos y palabras que distan de explicaciones formuladas dentro de las comunidades científicas; y esto consecuencia no de la ausencia en la referencia de los términos, sino más bien, porque estos han estado expuestos al momento de construir significados a un ambiente de aprendizaje con un lenguaje no muy “especializado”. 2) el segundo, es reconocer la información primaria y secundaria que fue posible rescatar de esta investigación, ya que el material bibliográfico de la reconstrucción histórica de los trabajos de W. Herschel acerca de la radiación térmica o calor radiante, no solo reflejan una mayor importancia de los aspectos experimentales para la construcción de</p>

conocimiento, sino que motivan y apoyan el desarrollo de propuesta metodológicas y pedagógicas que busquen mejorar el desarrollo de habilidades explicativas en los estudiantes

LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CLASE DE FÍSICA Y LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE CONOCIMIENTO

- **Autora:** Giraldo S. Yanet Liliana
- **Año e institución:** 2014. Universidad de Antioquia. Colombia (Facultad de Educación)
- **Para optar al título de:** Magister en Educación

Este trabajo genera reflexiones acerca de los procesos de construcción de conocimiento en las clases de física, resaltando la importancia que tiene para estas (clases) el diseño e implementación de actividades más didácticas que pueden encontrarse en el marco de la experimentación, las cuales pueden ayudar a los estudiantes a solucionar problemas de representación al momento de usar y relacionar conceptos para la construcción y formalización de fenómenos físicos.

De este trabajo se rescata principalmente las posturas cognitivas que se asumen al reconocer la actividad experimental como un enfoque importante en la formalización de explicaciones y fortalecimiento del carácter discursivo; esto por medio de la generación de espacios que incentivan la construcción de explicaciones a partir de la representación o descripción de determinados hechos o evidencias, o también con el uso e interacción que se tiene con los instrumentos de medición y/o la construcción de equipos o montajes, los cuales son aspectos que puede fomentar la construcción de conocimiento.

CAPÍTULO 2: RECONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES CIENTÍFICAS ALREDEDOR DEL FENÓMENO DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN: UNA MIRADA DESDE MEDIADOS DEL SIGLO XVIII HASTA FINALES DEL SIGLO XIX.

Reconocer el contenido epistemológico que se encuentra en las explicaciones científicas de un fenómeno físico, permite formular y caracterizar de manera diferente los hechos que se relacionan y se dan por aceptados en la realidad, es por ello, que al relacionar esta rama de la filosofía con una reconstrucción histórica, que permita identificar las dificultades y cuestionamientos, además de las maneras de proceder para sobrellevar y encontrar soluciones a las mismas situaciones adversas, dentro de los contextos tanto científicos, como también sociales, políticos, económicos, etc., y que fueron contemporáneos al mundo de los personajes científicos; es algo con lo que se logrará demostrar la importancia de algunas actividades propias de la ciencia -como la experimental- las cuales llegan a desenvolver un papel relevante y hasta primordial en la construcción de conocimiento científico. (Garay, 2011)

Es por esta razón que, para la apertura de este capítulo, se tiene como intención valorizar y rescatar algunos de los principales estudios histórico-epistemológicos que rodean tanto las problemáticas como la organización y construcción de los saberes científicos en torno al fenómeno de transferencia de calor por radiación.

2.1. Primeras Interpretaciones Reflexivas acerca de la Transferencia de Calor

Los hechos que se encuentran relacionados con el calor son algo que han causado cierta curiosidad en la mente humana desde hace mucho tiempo, es así, que desde los años 615 y 525 a.n.e.² gracias al filósofo griego Anaxímenes de Mileto, se creía que lo caliente y lo frío no eran más que estados comunes de la materia, y, por tanto, se pasaba a ultimar que, lo comprimido y condensado era frío mientras que lo raro y “laxo” era caliente; ideas que no fueron mal recibidas entre sus contemporáneos. (Cengel, 2007)

² a.n.e. acrónimo para significar *antes de nuestra era*.

Años más tarde, entre el 300 y 322 a.n.e. nuevas ideas relacionadas con el calor provenían del filósofo y científico de la época Aristóteles, pues este aseguraba que aparte del calor y el frío existían otras dos cualidades que eran lo seco y lo húmedo, esta era la razón por la cual era posible asignarle a un cuerpo cierta temperatura, más o menos caliente que, dependiendo de las cantidades que se encontrara de cada una de estas (seco y/o húmedo) en los cuerpos. (Cengel, 2007)

Las ideas y fundamentos científicos impartidos por Aristóteles se mantuvieron durante más de veintitrés (23) siglos, hasta que a mediados del siglo XVI, aproximadamente, estos pensamientos comenzaron a ser cuestionados y debatidos, principalmente, alrededor de la posible existencia de ciertas sustancias que se podían considerar esenciales dentro de la naturaleza -entre una de estas se encontraba el fuego- y es por esta razón, que muchas de las nuevas discusiones que florecían consecuencia de los cuestionamientos contemporáneos de la época, tenían mucha relación precisamente con la naturaleza del fuego y sus principales características, como por ejemplo el calor. (Cengel, 2007)

Así, aunque no se desconoce que durante este tiempo y en cuanto a las ideas relacionadas con el calor se refiere son muchos los científicos que logran destacar en el aporte de explicaciones para la construcción científica de esta fenomenología (calor), como por ejemplo, Antoine Lavoisier, quien a finales del siglo XVIII, y a partir de la teoría de gases introducía toda una nueva teoría acerca del *calórico* donde era posible considerar el calor como un tipo de “sustancia”; se tiene en cuenta también que, en cuanto a lo que a nosotros corresponde, que son las discusiones alrededor de la transferencia de calor, se admite entonces que estas ideas no fueron puestas en consideración de una manera importante, precisamente, hasta comienzos del siglo XVIII, de la mano del científico inglés Isaac Newton. (Gracia, 2016)

Fue tal la atención de Newton que en 1701 contemplo el fenómeno de transferencia de calor en particular por el modo de conducción, ya que este era un hecho fácil de percibir y de manera casi inmediata en la vida cotidiana, como por ejemplo, al introducir las manos, en un día de invierno, dentro de un recipiente lleno de agua a temperatura un poco inferior comparada con su punto de ebullición -la sensación de calor en las manos es imposible de negar para cualquier persona que desee recrear la experiencia- es por ello que se argumentaba que en este tipo de fenómenos exista una transferencia de calor a través de un medio material, como el agua, hacia otro cuerpo, como

las manos, por contacto directo entre estos; estos hechos y otros más rigurosos de corte práctico, le permitieron a Newton ese mismo año publicar en su obra *Scala graduum Caloris. Calorum Descriptiones & signa* (Escala de grados de Calor. Descripciones y señales Calóricas) una ley empírica, obtenida a partir de un razonamiento que en parte fue apoyado por procesos experimentales, y que daba razón de los cambios en la temperatura de un objeto, en función de la comparación de la proporcionalidad en la diferencia de temperatura del objeto y la temperatura que lo rodea, ósea la del ambiente; esta formulación fue nombrada como la *Ley de Enfriamiento* de Newton. (Romero. et al., 1996)

La ley de enfriamiento propuesta por el Newton fue acogida entre sus contemporáneos, pese a ser obtenida -dicho de nuevo- de una manera empírica, además, de saber que está solo podía ser aplicada para diferencias no muy grandes de temperatura entre los cuerpos implicados. Así entonces, no fue hasta el año de 1822 que nuevas ideas apoyadas ya en fundamentos teóricos permitieron alcanzar nuevos avances de orden científicos relacionados con la transferencia de calor en este tipo de procesos (conducción), de la mano del físico francés Joseph Fourier. -Pero una perspectiva más profunda acerca de los trabajos adelantados por Fourier acerca de la conducción de calor se deja a consideración autónoma del lector, ya que este modo particular de transferencia de calor no es la temática central del contexto de nuestra investigación-

Hasta aquí, se deseaba dejar claro el panorama que se tenía en torno al fenómeno de transferencia de calor a comienzos del siglo XVIII, y tal como se puede apreciar, parece haber claridad de que el calor se logra transferir por contacto entre cuerpos a diferentes temperaturas, pero aun nadie es capaz de argumentar de manera clara que, pueden existir alguna otra forma diferente en la que el calor puede ser transferido de un cuerpo a otro; sin embargo, años antes de culminar el siglo dieciocho nuevas reflexiones presentadas por Pierre Prevost y William Herschel -de manera separada- logran establecer una nueva cualidad de los cuerpos calientes, lo que en consecuencia permitiría distinguir y caracterizar también una nueva forma de transferencia de calor que se diferenciara de la de conducción.

Pero antes de entrar en mención de las ideas contribuidas por Prevost y Herschel alrededor del fenómeno de transferencia de calor, vale la pena mencionar un acontecimiento adelantado en el año 1737 en la Academia de Ciencia Francesa, para ese momento la academia tenía planeado entregar el premio anual a la investigación más relevante relacionada con el tema *La Naturaleza y*

Propagación del Fuego, así, una memoria que constaba de 140 páginas y que tenía como nombre *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* (Disertación sobre la naturaleza y propagación del fuego) era entregada a la academia -de manera anónima- por la física y matemática francesa Émilie du Châtelet, en dicho documento se encontraban algunas ideas propuestas por la científica que trataban ciertas propiedades distintivas del fuego y además de algunas leyes sobre su propagación.

Sin embargo, lo que aquí es de relevancia para traer a discusión es que, algunas de las ideas que se incluían en dicho documento expresaban la posibilidad de que diferentes colores de luz podían tener, y en consecuencia transportar, diferentes cantidades de calor, y se ponía como ejemplo que una manera de lograr esta experiencia era *“refractando luz en una línea de termómetros correspondiente a los colores del espectro”*; lo que a posteriori permite rescatar algunas conclusiones hechas por la misma Châtelet de forma reflexiva y es que, primero, *rayos de luz de diferentes colores tienen distintos grados de calor*, y segundo, *parece que existe una causa en común a la atribución de la luz y el calor*. (Wonders & Marvels, 2011) -esto es algo muy importante a considerar, ya que, como veremos más adelante, estos rasgos característicos acerca de los rayos de luz prismáticos serán parte de los cimientos que ayudarán a dar cuenta de una explicación científica más amplia en torno al fenómeno de transferencia de calor por radiación térmica-

Por supuesto, las memorias de Émilie du Châtelet no fueron ganadoras del galardón, según por falta de pruebas suficientes que respaldaran sus hipótesis, y en contraste tardaron dos años en ser públicas por la academia, por lo que la científica decidió no seguir insistiendo en sus ideas alrededor de dichas conclusiones y abandono los trabajos en cuestión.

Con lo anterior no solo se deseaba ampliar el panorama y reconstrucción histórica del fenómeno de transferencia de calor por radiación, sino también el de traer a mención el papel de la mujer en el ámbito científico, ya que los aportes que han provenido de las personas pertenecientes al género femenino son demasiados, y solo por cuestiones de ideologías absurdas que han dominado en las sociedades desde hace épocas -y que se siguen manteniendo incluso hasta el día de hoy- estas científicas y filosofas de la naturaleza no han recibido el reconocimiento que en realidad se les debería otorgar; ya que Émilie du Châtelet -según, solo por falta de unos termómetros, además de estar obligada a mantener en secreto sus investigaciones- no pudo avanzar de una manera

experimental en sus trabajos, con la intención de observar y comparar con análisis y datos de laboratorio, lo que hubiera sido para la época el descubrimiento de lo que tardaría casi seis décadas más en ser manifestado por W. Herschel.

2.2. Construcción de Explicaciones Científicas, acerca de la Transferencia de Calor por Radiación Térmica: a partir de las Evidencias y Hechos Empíricos

Ahora sí, y con el previo escenario introductorio, el siguiente suceso que es relevante en relación con las ideas científicas próximas a la transferencia de calor, tiene cabida en el año 1791 cuando el físico suizo Pierre Prevost, introducía dos nuevas ideas importantes, ya que primero, confirmaba algunas de las primitivas y empíricas opiniones, como las de Carl Scheele, acerca de que existe una forma que se diferencia de la de conducción que hace posible la transferencia de calor y es distinguida como *Radiación*, y en segundo lugar, agregaba que consecuencia de esto, todos los cuerpos tanto calientes como fríos son susceptibles a irradiar calor, de esta manera Prevost considero –y de manera muy similar a la teoría del calórico- que esta radiación se transportaba en algo que él llamó “calor libre” y lo describió como una “sustancia” que fluía de una manera muy rara y similar a los rayos de luz, ósea que podía ser atravesada sin alteraciones detectables a su paso. (Diccionario de Ciencias, 2000)

Estas eran unas de las primeras contribuciones que el físico suizo daba en la edificación de las explicaciones científicas en torno al fenómeno en cuestión, ya distinguido ahora como de radiación, no obstante, su mente se tomaría un descanso antes de que sus aportes continuarían entradas las décadas del nuevo siglo. Así entonces, y antes de terminar el siglo XVIII, otros aportes llegarían de la mano con una publicación redactada ante la Real Sociedad de Londres hecha por el astrónomo británico William Herschel en el año de 1800, misma que llevaba el nombre de *Experiments on the Refrangibility of the invisible Rays of the Sun* (Experimentos acerca de la Refrangibilidad de los Rayos invisibles del Sol), en dicho documento se deseaba poner de manifiesto que, el rango de refrangibilidad de los rayos de colores prismáticos es susceptibles a transportar diferentes cantidades de calor, además, de enunciar la posible existencia de un rango de rayos prismáticos que ha pasado desapercibido hasta ahora por ser invisibles para el ojo humano.

Pero antes de entrar en la profundidad de las experiencias publicadas en dicho documento, vale la pena resaltar que, los inicios de las hipótesis formuladas por Herschel partían de sus años de experiencia en la fabricación de telescopios para llevar a cabo sus observaciones astronómicas, ya que durante este tiempo tuvo la oportunidad de realizar algunas prácticas relacionadas con el sol, hecho que lo condujo a la indagación sobre qué tipos de lentes, de acuerdo a su color, hacían que fuera posible la observación del astro sin arriesgarse a sufrir un daño ocular grave, por lo que entonces, en una de sus actividades el científico intercambio en varias ocasiones el lente de su telescopio por algunos varios otros lentes que habían sido teñidos de diferentes colores, acción que en consecuencia lo llevó a deducir dos cosas importantes: lo primero era que efectivamente algunos lentes de determinados colores, en comparación con otros, si eran mejor filtro para observar la superficie del sol, y en segundo lugar, pero más revolucionario aun, era que al realizar el cambio de los lentes filtrados y acercarse para observar, ciertos lentes le hacían percibir una sensación de calor más fuerte en algunos momentos que en otros. (Termografía infrarroja, 1999)

Son, por lo tanto, estas reflexiones en conjunto las que conducen a Herschel a realizar una serie prácticas experimentales (mismas publicadas en 1800) con el propósito de esclarecer si los hechos señalados anteriormente eran susceptibles de suceder también con el espectro prismático, al refractar luz blanca sobre la superficie de un prisma, y por ende, consecuencia de esto, señalar que rayos de luz de diferentes colores pueden lograr calentar a distintas temperaturas. A continuación se proseguirá a presentar de manera detallada uno de los diseños experimentales propuesto por el científico británico.

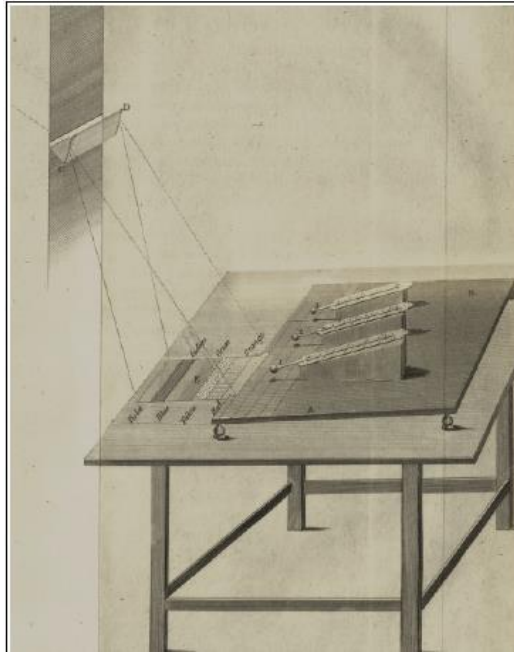
Montaje experimental de W. Herschel - (Imagen 1)

Me he provisto de un pequeño soporte, con cuatro patas cortas, y lo he cubierto con papel blanco. En este papel dibujé cinco líneas, paralelas a un extremo del soporte, a media pulgada de distancia una de la otra, pero de manera que la primera de las líneas estuviera a $\frac{1}{4}$ de pulgada del borde. Estas líneas se cruzaron en ángulo recto con otras tres, la segunda y la tercera estaban, respectivamente, a $2\frac{1}{2}$ y a 4 pulgadas de la primera.

Se han marcado tres termómetros como No. 1, 2 y 3, y se han montado sobre sus pequeños planos inclinados, se colocaron de manera que los centros de la sombra de sus bolas cayeran sobre la intersección de estas líneas. Ahora, colocando mi pequeño soporte sobre una mesa, hice que el espectro prismático cayera con su color extremo sobre el borde del papel, de

modo que ninguno pudiera avanzar más allá de la primera línea. Ahora, también había tomado la precaución de oscurecer la ventana en la que estaba colocado el prisma, colocando una gruesa cortina verde oscura, para evitar la mayor cantidad de luz posible.

(Herschel, 1800)



*Imagen 1: Montaje experimental de W. Herschel
Tomada de: (Herschel 1800)*

Así entonces, las prácticas adelantadas por el científico fueron llevadas a cabo en una secuencia de seis (6) experimentos que le permitieron no solo confirmar sus hipótesis, sino, además, plantear algunas nuevas conjeturas consecuencia de los resultados obtenidos. -Por lo tanto, se intentarán describir dichas experiencias en una secuencia de tres momentos en los cuales se pretenden recoger las reflexiones más generales e importantes-

Para este primer momento se tendrán en cuenta dos de los seis experimentos, por esta razón el montaje también fue dispuesto de dos formas distintas por parte de Herschel, en primer lugar y asegurándose de que los termómetros se encontraran a temperatura ambiente con la habitación, se dispuso el soporte de madera de una manera tal que los rayos de color rojo, refractados por el prisma, cayeran sobre el borde del papel blanco, justo un poco antes de la primera línea, en donde se encontraba ubicado el termómetro No.1, en consecuencia los termómetros No. 2 y No. 3 no serían afectados por ningún rayo visible del espectro, y se garantizaría que estos dos últimos

sirvieran como parámetros; como resultado el científico obtuvo los datos que se resumen en la tabla #1.

<i>Termómetro</i> <i>No.</i>	<i>Temperatura</i> <i>Inicial</i>	<i>Temperatura</i> <i>Final</i>	<i>Diferencia de</i> <i>temperatura</i>
No. 1	45	$51 \frac{1}{4}$	$6 \frac{1}{4}$
No. 2	45	$43 \frac{3}{4}$	$1 \frac{1}{4}$
No. 3	44	$43 \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Tabla #1: Síntesis de los registros tomados por Herschel en la práctica 1

En la tabla #1 se muestran los resultados obtenidos de la experiencia después de un tiempo de exposición de 10 minutos y cuando el centro del bulbo del termómetro No. 1 se encontraba $\frac{1}{2}$ pulgada más allá del rojo visible; en consecuencia, se aprecia que este termómetro (No. 1) incremento su temperatura en $6 \frac{1}{4}$ grados.

Una vez registrados estos datos, la siguiente experiencia de Herschel tiene como intención confirmar el hecho previamente observado, entonces, después de llevar nuevamente los termómetros a temperatura ambiente, se intercambi6 la ubicaci6n de estos de la siguiente manera, el term6metro No. 2 paso a la posici6n del No.1, el term6metro No. 3 paso al lugar del No. 2 y, por 6ltimo, el term6metro No. 1 paso a la posici6n del No. 3; los resultados obtenidos en esta oportunidad se resumen en la tabla #2.

<i>Term6metro</i> <i>No.</i>	<i>Temperatura</i> <i>Inicial</i>	<i>Temperatura</i> <i>Final</i>	<i>Diferencia de</i> <i>temperatura</i>
No. 2	44	$46 \frac{3}{4}$	$2 \frac{3}{4}$
No. 3	44	44	0
No. 1	45	45	0

Tabla #2: Síntesis de los registros tomados por Herschel en la práctica 2

La Tabla #2 muestra los resultados obtenidos después de un tiempo de 12 minutos y manteniendo la misma ubicación del montaje, pero intercambiando la posición de los termómetros, ósea, con el termómetro No. 2 a $\frac{1}{2}$ pulgada más allá del rojo visible; en consecuencia, se aprecia que el termómetro (No. 2) tuvo un aumento de temperatura de $2\frac{3}{4}$ grados.

Con estos últimos datos también registrados, Herschel se atreve a concebir la siguiente afirmación, pero no sin antes, hacer la salvedad de que la diferencia en los resultados apreciados para que exista un avance menor en el segundo registro de temperatura comparado con el primero, se debe a que el bulbo del termómetro No. 2 es más grande comparado con el bulbo de los termómetros No. 1 y No. 3; así, y terminada su experiencia, añade lo siguiente: “... *ahora es evidente que había una refracción procedente de los rayos del sol, que, aunque no eran aptos para la visión, estaban sin embargo altamente investidos de un poder de provocar calor...*”. (Herschel, 1800)

Este nuevo panorama permite al científico británico encaminarse entonces a explorar la ubicación exacta de ese máximo de potencial calórico que puede encontrarse más allá del último rayo refractado de color rojo. Pero antes de estas experiencias -que hacen parte de nuestro tercer momento- existen otras dos experiencias previas enmarcadas en el segundo momento, que son desarrolladas con la intención de comprobar los datos de las temperaturas que se pueden obtener en el extremo opuesto del espectro refractado, es decir donde se encuentran los rayos de color violeta.

Por ende, y entrando ya en el segundo momento, se tendrán en cuenta algunos cambios en la disposición del montaje experimental, ya que ahora la medición se hará en la región y regiones próximas al color violeta, así entonces, el científico acusa algunos inconvenientes previos por la falta de claridad en el inicio y en el fin de los rayos de luz refractados, aun así, y dejando a juicio algunos posibles errores, logra ubicar el termómetro No. 1 justo una pulgada más allá, y por fuera, de los rayos color violeta, por lo tanto, los termómetros No. 2 y No. 3 no tendrían interacción alguna con ninguno de los rayos visibles; los resultados obtenidos para esta oportunidad se resumen en la Tabla #3.

Termómetro No.	Temperatura Inicial	Temperatura Final	Diferencia de temperatura
No. 1	48	$48\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
No. 2	48	$47\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
No. 3	$47\frac{3}{4}$	47	$\frac{3}{4}$

Tabla #3: Síntesis de los registros tomados por Herschel en la práctica 3

De igual forma, la tabla #3 muestra los resultados que se obtuvieron al mantener el termómetro No. 1 a una distancia de una pulgada, respecto a los rayos de color violeta, durante un tiempo de 12 minutos. Aquí los cambios en la temperatura son muy pequeños, así que, de estos datos, Herschel concluye que los pequeños cambios no se deben a más que, causas en la perturbación que nace del movimiento del aire.

Luego de esta práctica, se hizo un ajuste en el montaje, ahora ya no intercambiando la ubicación de los termómetros -como se hizo en ocasiones anteriores- sino que ahora, la sombra del bulbo del termómetro No.1 se encontraría ubicada justo debajo del primer rayo visible de luz violeta que se logró percibir, en este caso la temperatura de los termómetros vario de forma tal que los resultados obtenidos se muestran en la tabla #4.

Termómetro No.	Temperatura Inicial	Temperatura Final	Diferencia de temperatura
No. 1	48	49	1
No. 2	48	$48\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
No. 3	$47\frac{3}{4}$	$47\frac{3}{4}$	0

Tabla #4: Síntesis de los registros tomados por Herschel en la práctica 4

Así, la tabla #4 muestra los cambios obtenidos al mantener el termómetro No. 1 sobre los rayos de color violeta, aclarando además que el termómetro No.2 se encontraba a una pulgada del primero, casi en la frontera entre el último rayo violeta y la región donde desaparece el espectro

visible de este lado; entonces, y después de un tiempo de exposición de 15 minutos, se obtuvo que el termómetro No. 1 aumento 1 grado, mientras que el No. 2 subió $\frac{1}{2}$ grado.

Los registros obtenidos hasta el momento, parecían dejar claro que los cambios de temperatura en los termómetros eran muy pequeños de este lado del espectro (luz violeta), comparados con el extremo opuesto, donde están los rayos de color rojo; es por ello que una vez finalizadas estas experiencias el científico señala lo siguiente: *“a partir de estos últimos experimentos, quede suficientemente persuadido de que ningún rayo que cayera más allá del violeta podía tener ningún poder perceptible, ni de iluminación ni de calentamiento; y que ambos poderes continuaban juntos a través del espectro prismático, y terminaban donde el violeta más débil se desvanece”*. (Herschel, 1800) Es entonces razón por la cual, ahora sí, el británico se enfocará a determinar el punto específico en el que se puede ubicar el máximo de potencial calórico.

En este orden ideas, se introduce el tercer y último momento, donde se presentan las experiencias que tienen como propósito ubicar el máximo de poder calórico en la región del espectro, así pues, para Herschel ya era bien sabido que estos se encontraban del lado de los rayos de color rojo, de esta manera procedió a disponer los termómetros -de nuevo a temperatura ambiente con la habitación- de forma tal que el bulbo del termómetro No. 1 estuviera en medio de los rayos de color rojo, mientras que los otros dos termómetros estaban a su lado, sin que fueran afectados por ningún rayo; los cambios de temperatura registrados se resumen en la tabla #5.

<i>Termómetro No.</i>	<i>Temperatura Inicial</i>	<i>Temperatura Final</i>	<i>Diferencia de temperatura</i>
No. 1	$48\frac{1}{2}$	$55\frac{1}{2}$	7
No. 2	$48\frac{1}{2}$	$48\frac{1}{2}$	0
No. 3	48	48	0

Tabla #5: Síntesis de los registros tomados por Herschel en la práctica 5

Prosiguiendo con el análisis de datos, en la tabla #5 se pueden apreciar los cambios de temperatura obtenidos después de una exposición de 10 minutos, tiempo en el que el termómetro No. 1 sufrió un aumento de temperatura de 7 grados.

Posteriormente, Herschel continuó con modificar la posición del montaje, de manera que se retrocedió el soporte hasta que se logró ubicar el bulbo del termómetro No. 1 justo en la frontera de dispersión del color rojo, de modo que el bulbo tuviera la mitad de su superficie en contacto con los rayos, mientras que la otra mitad estuviera fuera de estos; en consecuencia se obtuvieron los resultados que se resumen en la tabla #6.

<i>Termómetro No.</i>	<i>Temperatura Inicial</i>	<i>Temperatura Final</i>	<i>Diferencia de temperatura</i>
No. 1	$48\frac{1}{2}$	57	$8\frac{1}{2}$
No. 2	$48\frac{1}{2}$	49	$\frac{1}{2}$
No. 3	48	$48\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Tabla #6: Síntesis de los registros tomados por Herschel en la práctica 6

En la tabla #6 se pueden apreciar los cambios de temperatura cuando los termómetros fueron expuestos durante un tiempo de 10 minutos, así entonces, el termómetro No. 1 sufrió un aumento de temperatura de $8\frac{1}{2}$ grados.

Siguiendo con esta secuencia, ahora el científico procedió a retroceder nuevamente el montaje, pero esta vez hasta que el soporte quedara ubicado de una manera que permitiera al bulbo del termómetro No. 1 estar por completo, pero lo más cerca posible, fuera de los rayos de luz refractados, de forma tal que según se calculó un aproximado de $\frac{1}{4}$ de pulgada de distancia hasta donde se apreciaba la terminación de la luz de color rojo; los cambios de temperatura obtenidos en esta oportunidad se resumen en la tabla #7. -Además, cabe hacer la aclaración de que en esta oportunidad los termómetros no fueron puestos inicialmente a temperatura ambiente, sino que se prosiguió desde el último registro, esto según, con el propósito de aprovechar las buenas condiciones climáticas que se tenían, agregando que Herschel ya se encontraba familiarizado con la velocidad cambio de estos-

De igual manera, la tabla #7 hace referencia a los cambios de temperatura en los termómetros después de un tiempo de exposición de 10 minutos, así, el termómetro No. 1 subió un total de 2 grados más que en la situación anterior, lo que quiere decir que en esta posición en realidad se apreciaba un cambio, desde la temperatura ambiente, de $10\frac{1}{2}$ grados.

Termómetro No.	Temperatura Inicial	Temperatura Final	Diferencia de temperatura
No. 1	57	59	2
No. 2	49	50	1
No. 3	$48\frac{1}{2}$	$49\frac{1}{2}$	1

Tabla #7: Síntesis de los registros tomados por Herschel en la práctica 7

Por último, este tercer momento culminará con una experiencia más en la que ahora se alejaría el soporte de forma tal que, la sombra del bulbo del termómetro No. 1 cayera a una distancia -por fuera del espectro- de $\frac{1}{2}$ pulgada respecto del final de los rayos rojos; las variaciones de temperatura obtenidas ahora se resumen en la tabla #8.

Termómetro No.	Temperatura Inicial	Temperatura Final	Diferencia de temperatura
No. 1	$50\frac{1}{2}$	$58\frac{3}{4}$	$8\frac{3}{4}$
No. 2	$50\frac{1}{2}$	50	$\frac{1}{2}$
No. 3	50	$49\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Tabla #8: Síntesis de los registros tomados por Herschel en la práctica 8

De manera similar, la tabla #8 muestra los registros para los aumentos de temperatura, después de un tiempo de exposición de 16 minutos, y, se puede apreciar que el termómetro No. 1 sufrió un aumento de $8\frac{3}{4}$ grados, cuando estaba a $\frac{1}{2}$ pulgada de distancia de los rayos rojos.

Una vez terminadas las intervenciones, además de registrados, analizados y reflexionados los datos, Herschel deduce lo siguiente: “*como antes se tuvo una subida de $10\frac{1}{2}$ grados y ahora fue de $8\frac{3}{4}$ grados, la diferencia es casi demasiado insignificante para suponer que en esta última situación el termómetro estaba mucho más allá del máximo de la potencia calórica; mientras que al mismo tiempo, el experimento indica suficientemente, que el lugar buscado no necesita ser buscado a una distancia mayor...*”. (Herschel 1800)

Asimismo, como resultado de estas experiencias es importante mencionar las conclusiones que se hacen respecto a los cuestionamientos que atacaron la mente del científico previo al desarrollo de esta práctica, para lo que en concordancia él mismo afirma lo siguiente: *“Los experimentos demuestran que el poder de calentamiento de los rayos prismáticos, se extiende hasta los límites máximos de los rayos violetas visibles, pero no más allá de ellos; y que se reducen gradualmente, a medida que los rayos se hacen más refrangibles”* agregando además *“... que el máximo del poder de calentamiento se encuentra entre los rayos invisibles, y es probablemente, no menos de media pulgada más allá de los últimos visibles, de color rojo”*. (Herschel 1800)

Estas experiencias son entonces pruebas de que existen rayos del sol que no perturban en la visión del ojo humano, ya que no tienen el poder de iluminar los objetos, pero sí que están dotados de un gran poder de calentamiento; en consecuencia, Herschel en sus textos decide introducir el término de *“Calor Radiante”* para referirse a esa capacidad que tienen los rayos de luz invisibles de transportar calor. (Moreno, 2017) -Este Calor Radiante hace referencia al mismo fenómeno que hoy día distinguimos como Radiación Infrarroja, mismo que también casi logra ser manifestado en 1737 por Émilie du Châtelet-

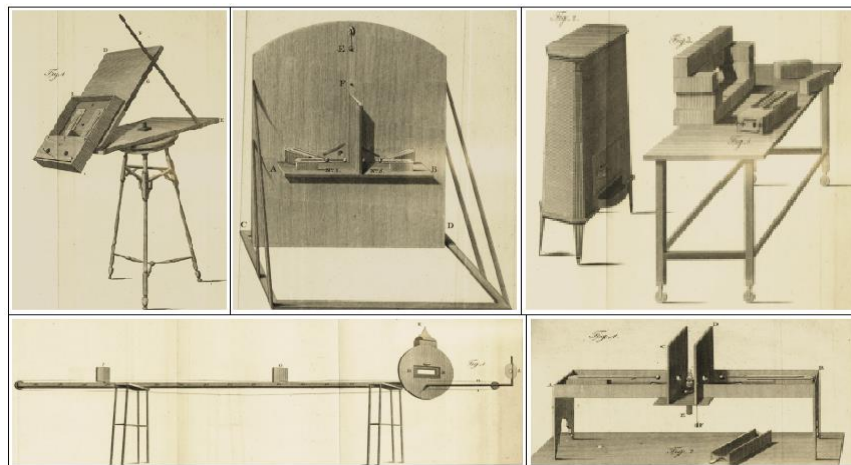
Adicional a las conclusiones arriba citadas, que bastaron para responder a los cuestionamientos hasta ese momento planteados en la mente de William, estas experiencias dieron pie a que el científico se llegara trazar nuevas interrogantes, las cuales en su mayoría se encerraban en la siguiente conjetura: *“Si llamamos luz a los rayos que iluminan los objetos y calor radiante a los que calientan los cuerpos, cabe preguntarse ¿si la luz es esencialmente diferente del calor radiante? En respuesta a lo cual sugeriría, que no se nos permite, por las reglas del filosofar, admitir dos causas diferentes para explicar ciertos efectos, si pueden ser explicados por una sola”*. (Herschel, 1800) Estas nuevas hipótesis e interrogantes serían las que impulsarían al británico, tan solamente un par de meses después, a diseñar nuevas experiencias para buscar posibles relaciones entre el calor radiante y la luz.

Es esta la razón por la que prolongaremos -y de manera muy superficial- con algunos otros diseños experimentales y prácticas de laboratorio propuestas también por W. Herschel a finales de 1800 y que estaban comprimidas en dos grandes tomos, soportados por más de 170 experimentos, que fueron titulados *Experiments on the Solar, and on the Terrestrial Rays that Occasion Heat* (Experimentos sobre los Rayos Solares y Terrestres que Generan Calor); mismos

en los que se puede apreciar la intención particular de resaltar ciertas características propias del calor radiante, tales como la refracción y reflexión, que permitían vincular más aspectos en común -aparte de la refrangibilidad- para hacer alusión a las manifestaciones relacionadas entre los rayos de luz y los rayos calóricos (calor radiante).

Con esto claro, para el proceder de dichas prácticas, Herschel distinguía todos estos experimentos en secciones diferentes que se lindaban en las seis siguientes unidades: “1. *Sobre la transmisión del calor solar a través de sustancias incoloras; de vidrios de los diferentes colores prismáticos; a través de líquidos, como el agua de pozo y de mar, y de diferentes espíritus; y a través de sustancias dispersantes, como los suculentos, como vidrios esmerilados, papel, lino, seda, etc.* 2. *Sobre la transmisión del calor de la llama terrestre a través de diversas sustancias.* 3. *Sobre la transmisión de los rayos solares que son de igual refrangibilidad que el rayo rojo prismático.* 4. *Sobre la transmisión del calor del fuego a través de diversas sustancias.* 5. *Sobre la transmisión de los rayos invisibles.* 6. *Sobre la transmisión del calor terrestre invisible.*” (Herschel 1800)

De tal modo, que las avanzadas experimentales partieron de una cualidad importante ya reconocida para el momento, y era la particularidad de estos rayos coloreados a ser refrangibles; por lo tanto, la siguiente ilustración (Imagen 2) permite hacer un pequeño acercamiento a algunos equipos y montajes propios de laboratorio, que fueron diseñados por el científico británico con el propósito de profundizar en el análisis y reflexiones propias del calor radiante.



*Imagen 2: “Montajes experimentales de W.H. para hallar enlaces entre luz y calor radiante”
Tomada de: (Herschel 1800)*

Terminadas estas prácticas, Herschel logra establecer algunas otras características propias del calor radiante, las cuales florecen producto de sus observaciones -al poner a prueba las propiedades refrangibles de los rayos calóricos- estos señalamientos son los siguientes: *“1. El calor, tanto solar como terrestre, es una sensación ocasionada por los rayos que emanan de las sustancias candentes. 2. Estos rayos son refrangibles. 3. Son de diferente refrangibilidad. 4. Que estos rayos también están sujetos a las leyes de la reflexión. 5. Que son susceptibles a ser detenidos en su paso por otros cuerpos. 6. Que pueden dispersarse es superficies rugosas.”* (Herschel, 1800)

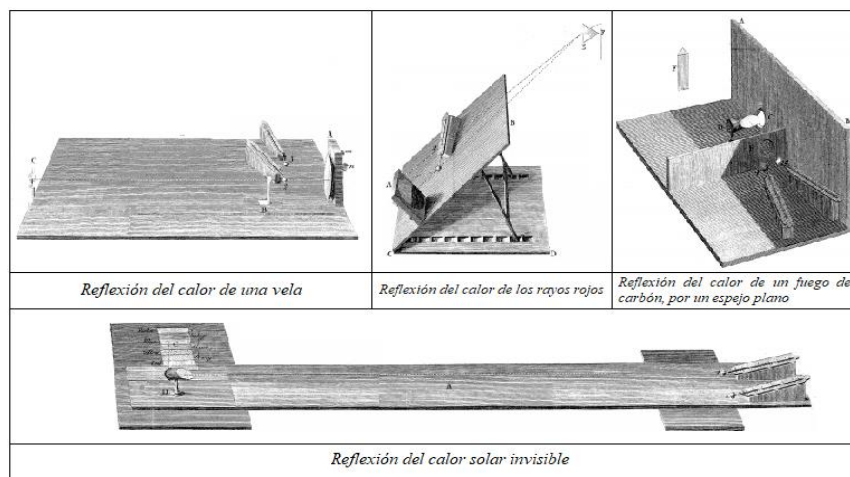
En consecuencia con lo anterior, y de grado tal para resaltar, era que ahora se hacía alusión a una nueva cualidad importante presente en este tipo de rayos, misma a la que se le hace mención en el numeral 4; por lo tanto, esto invitaba a que el camino de la práctica se inclinara ahora en debelar de manera clara las distinciones propias de la reflexión en el calor radiante (además incluso otras características propias de la refracción, que tal vez eran posibles de indicar en el comportamiento de los rayos calóricos). De este modo, Herschel se plantea otra secuencia de montajes y experiencias ligadas a ampliar este nuevo escenario de los rayos calóricos; los siguientes gráficos (Imagen 3 e Imagen 4) permiten apreciar algunos de estos equipos.

Finalmente, y gracias a las experiencias, Herschel logra aproximarse a dos conclusiones importantes que enmarcan gran parte del proceder y razonar en la segunda de sus publicaciones, ya que sus reflexiones le permiten destacar afirmaciones tale como: *“se puede corroborar de que diferentes resultados de rayos calóricos refrangibles, son posibles de obtener al hacer mayor la actividad en los medios, de manera semejante que las leyes de la luz”* a lo que agrega también que *“estos rayos de calor tanto solares como terrestres, son susceptibles a ser dispersados, reflejados y refractados si se proyectan sobre superficies rugosas”* completando con que *“todos los cuerpos, incluso los más pulidos, son suficientemente rugosos para dispersar el calor en distintas direcciones”*. (Herschel, 1800)

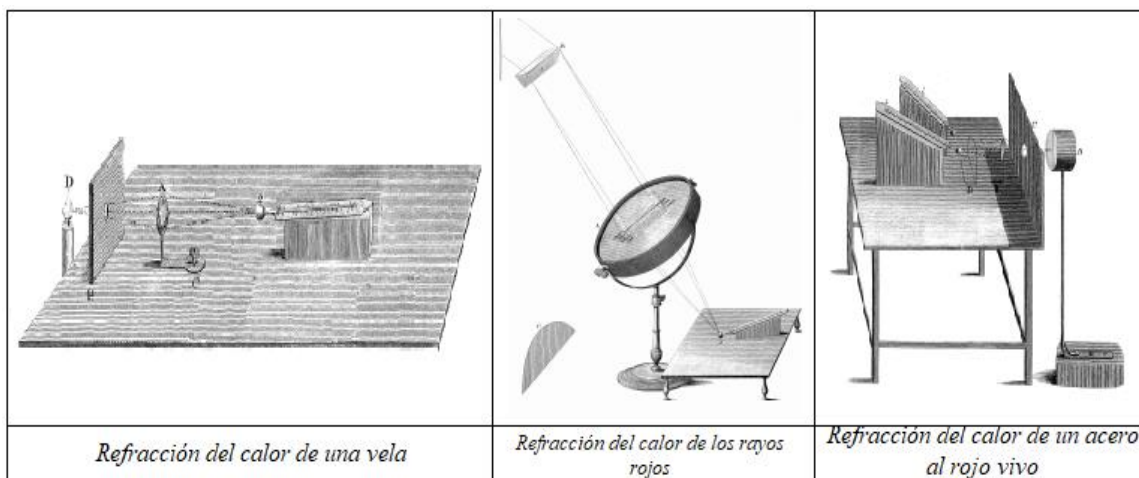
Así entonces, y con intención de culminar ya con los paradigmas introducidos por el Herschel alrededor de la transferencia de calor por radiación, será importante recordar de manera breve las ideas en concreto que fueron aportadas por el científico y que permitieron lograr grandes avances en las explicaciones científicas de este fenómeno, ya que primero, sus experiencias conducen a reconocer la existencia de una entidad o “sustancia” que emana de los cuerpos calientes,

consecuencia del calor que se encuentra retenido en ellos, y que esta pese a ser invisible para la vista, puede ser detectable por la sensación de calor que logra provocar, a esta “sustancia” se le conoció como calor radiante. (Herschel, 1800)

Además, de que por otro lado, esta misma entidad goza de ciertas correlaciones con los rayos de luz, las cuales se pueden manifestar en características semejantes tales como: la refrangibilidad, la reflexión, la refracción y la dispersión, razón por la cual se permite sugerir que el calor radiante está sujeto a las mismas leyes que describen el comportamiento de la luz, al menos en cuanto a estas cualidades se refiere. (Moreno, 2017)



*Imagen 3: “Montajes experimentales de W.H. sobre la reflexión del calor radiante”
Tomada de: (Moreno, 2017)*



*Imagen 4: “Montajes experimentales de W.H. sobre la refracción del calor radiante”
Tomada de: (Moreno, 2017)*

Por otro lado, y en relación con la problemática, vale la pena señalar que los propósitos finales del británico nunca fueron los de definir de manera específica el por qué estos rayos de luz invisible (calor radiante) eran capaces de transmitir calor, sino más bien, el buscar comportamientos o manifestaciones en común que fueran posibles de asociar a la hora de explicar hechos relacionados con los rayos de luz y los rayos radiantes. Por lo que es entonces, el pensar en una respuesta específica al porqué de este tipo de procesos (junto con todo el contenido científico y revolucionario que ahora había sido introducido por Herschel) lo que llevaría a las nuevas mentes del siglo XIX, a establecer otras formas de encajar las piezas alrededor la transferencia de calor por radiación, con el fin de llegar a consideraciones y reflexiones que logren poner de manifiesto una expresión teórica y matemática que dé cuenta de los intercambios calóricos en este tipo de procesos.

2.3. Formalización Teórica de la Transferencia de Calor por Radiación Térmica a finales del siglo XIX

Es entonces de esta manera, que una primera explicación de orden teórico alrededor de la transferencia de calor por radiación era expuesta en 1879 por el físico austriaco Josef Stefan, esta expresión matemática era publicada en el Boletín de las Sesiones de la Academia de Ciencias de Viena, y tenía como nombre *Über die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur* (Sobre la relación entre la radiación térmica y la temperatura), en este texto se ponía de manifiesto la idea del autor –misma que partía de una serie de análisis y discusiones rigurosas en torno a los experimentos de Dulong y Petit, químico y físico franceses- la cual concluía que “*la intensidad de radiación que emana de un cuerpo es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta de dicho cuerpo.*” (Stefan citado por Violle, 1881: Pg. 84)

Es por ello por lo que, a continuación, presentaremos de manera breve un marco muy general de las experiencias de Dulong y Petit, esto con la intención de crear un contexto introductorio a las prácticas recreadas por Stefan, las cuales le permitirían llegar a concluir la afirmación previamente mencionada.

Experiencias de Dulong y Petit

Las actividades experimentales propuestas por estos científicos consistían en prototipos diseñados de una manera tal que permitieran medir la velocidad de enfriamiento, en función

del tiempo, de determinadas sustancias, cuando estas eran expuestas a diferentes temperaturas iniciales. Es importante resaltar que los datos y reflexiones derivados de estas experiencias ayudaron con la formulación de la ley de Dulong y Petit, la cual define que, el calor específico de todas las sustancias sólidas, a existencia de pocas excepciones, presentan un valor máximo próximo de $25 \frac{J}{mol \cdot K}$ cuando aumentan considerablemente su temperatura.

(Stewart, 1888)

Ahora, como se mencionó previamente, Stefan decidió recrear algunas de estas experiencias, con el propósito de indagar sobre la posible existencia de ciertas correspondencias entre los datos que eran obtenidos para las velocidades de enfriamiento, de determinadas sustancias, y las escalas de medida absolutas que eran propias de los instrumentos (termómetros) que él estaba empleando.

Es por lo tanto, por lo que se proseguirá con la presentación de uno de los análisis desarrollados por el científico austriaco, experimentando con vidrio y plata, el cual sirve como antesala para una mejor comprensión de lo que es la presentación de la formulación matemática; por otro lado, y a falta de antecedentes explícitos que manifiesten una forma clara de proceder en cuanto a la experiencia, pasaremos directamente a presentar los datos obtenidos en la práctica, donde es posible apreciar las velocidades o tasa de enfriamiento asociadas tanto al vidrio como a la plata, cuando estos son expuestos a diferentes temperaturas iniciales, además, de calcular la diferencia que existe entre estas para cada uno de los casos. -la tabla #9 muestra una reconstrucción de los datos obtenidos-

	Velocidad enfriamiento	Velocidad enfriamiento	Diferencia
	<i>Vidrio</i>	<i>Plata</i>	
75,10°	0,05675	0,02035	0,03640
96,86°	0,08318	0,02876	0,05442
108,60°	0,09966	0,03333	0,06633
121,88°	0,11934	0,03859	0,08075
136,58°	0,14360	0,04479	0,09881

Tabla #9: Velocidades de enfriamiento, y sus diferencias, para el vidrio y la plata – J. Stefan

Tomada de: (Violle, 1881)

El procedimiento de Stefan prosiguió, según, con tomar los valores numéricos de la última columna (la diferencia entre las velocidades de enfriamiento de las dos sustancias) y dividirlos entre las diferencias de las cuartas potencias de las temperaturas absolutas del termómetro y del recinto; así los resultados obtenidos arrojaban una secuencia relacionada con un número particularmente constante. La tabla #10 permite evidenciar los datos obtenidos.

4648	4588	4621	4624	4641
------	------	------	------	------

Tabla #10: Datos obtenidos de las experiencias de J. Stefan

Tomada de: (Violle, 1881)

A esto el científico agregaba que, si se dividían esos mismos números (de la última columna) por los resultados obtenidos de la siguiente expresión $a^\theta - 1$, según la cual se deriva de fórmula Dulong y Petit, se encuentra también una secuencia de un número constante, a lo que le atribuye una evidente ventaja que se manifiesta al relacionar la cuarta potencia. La tabla #11 permite evidenciar los datos obtenidos.

6212	6236	6327	6373	6432
------	------	------	------	------

Tabla #11: Datos obtenidos de las experiencias de J. Stefan

Tomada de: (Violle, 1881)

Lastimosamente en los antecedentes registrados no se expresa de manera clara primero, las escalas absolutas que corresponderían al o a los termómetros que fueron utilizados por Stefan, además tampoco se hace una descripción de las condiciones ambientales o de la temperatura del recinto; y en segundo lugar, tampoco se deja claridad de la correspondencia de las variables a y θ -las cuales pueden llegar a atender valores constantes que se caracterizan según la sustancia o el material- Es esto, por lo tanto, una de las razones que hacen que no sea posible una reconstrucción más amplia y detalladas de los resultados numéricos mostrados en las tablas anteriores.

Por consiguiente, el científico austriaco es capaz de encontrar ciertas similitudes o referencias al comparar los datos de sus experiencias (además de otros ya publicados con anterioridad) con los que eran obtenidos con la fórmula de Dulong-Petit, y dejándose llevar por sus reflexiones es atrevido de introducir lo siguiente: *“debo añadir que mis observaciones personales no confirman*

esta opinión, pero si para altas temperaturas la ley de Dulong y Petit $I = ma^T$, siendo tanto m como a constantes, da un aumento demasiado rápido de I , a las mismas temperaturas la fórmula $I = mT^4$ queda muy poco por debajo de las mediciones experimentales...". (Stefan citado por Violle, 1881: Pg. 84)

Y es aquí, donde se puede apreciar, por primera vez, una expresión matemática que hace alusión a algo que se puede llegar a entender como la cantidad o intensidad de “poder” que es posible de asociarle a un cuerpo, a determinada temperatura, cuando este irradia calor; expresión que para su momento fue conocida como la ley de la cuarta potencia. (Ecu 1)

$$I = mT^4 \quad (\text{Ecu 1})$$

En la ecuación I hace alusión a la intensidad de “poder” de radiación, T a la temperatura del cuerpo y m a una constante de proporción.

Como podemos notar en esta última expresión matemática, y al igual que en la manifestada por Prevost, se le atribuye esta liberación de intensidad de radiación (o de energía) a la misma temperatura que es posible de asociarle al cuerpo involucrado, solo que ahora se incluye una correspondía igual a la cuarta potencia de la misma -algo relativamente importante de considerar solo desde el carácter intensivo- también, se incluye el parámetro m como una constante, de la cual no se hace una referencia clara de lo que puede significar. Además, es importante mencionar que, como se abra podido notar, esta es una ley matemática que parte de un razonamiento netamente empírico, y que está muy relacionada con descripciones que fueron concluidas de resultados netamente experimentales.

Aun así, como veremos a continuación, esta ley terminara siendo el mayor y más preciso acercamiento a una explicación aceptada dentro del ambiente científico, ya que otro físico, también austriaco, muy reconocido por su rigurosidad en el campo teórico al momento de proponer sus opiniones e ideas, encontró esta misma relación, de la cuarta potencia, al considerar algunos problemas de la termodinámica, donde se deseaba establecer la energía proveniente que era posible de corresponderle a un cuerpo con una determinada temperatura; este científico era Ludwig Boltzmann. -aquí es válido resaltar que para la época Ludwig era uno de los personajes más respetados en el campo de la física estadística, razón por la cual era buen conocedor de los trabajos de R. Clausius y J. Maxwell acerca de la Distribución de Velocidades Moleculares,

misma teoría que abrió la puerta a esclarecer que tanto la luz como el calor radiante son la misma manifestación de energía presentada como radiación electromagnética-

Es por lo tanto, que se dice entonces que esta ley fue fundada teóricamente por Boltzmann en 1884, según, presentando un análisis teórico donde se consideraba una variable ignorada por Stefan, y esa era la proporcionalidad de dependencia que dicha fórmula tenía de la presión; de este modo y acudiendo a un carácter de comportamiento similar al de cuerpo negro, el científico describe una correspondencia atmosférica mediante la relación σT^4 , y para dicha constante (σ) asigna un valor numérico que arroja proporciones de la raíz cuadra de la temperatura absoluta de los cuerpos, por tanto, para dichas relaciones el valor encontrado por Boltzmann era aproximado a $5.67E^{-8} \text{ wm}^{-2}\text{bar}^{-1}\text{K}^{-0.5}$, el cual paso ser probado estudiando dicha dependencia de la presión con experiencias llevadas a cabo en condiciones con diferentes altitudes, obteniendo como resultado un ajuste casi perfecto entre los datos de la fórmula matemática y los que eran obtenidos producto de registros experimentales. (Atmospheric and Climate Sciences, 2018)

Por último, parece ser que es de esta manera como finalmente se logra llegar a una comprensión científica, ya no solo desde el punto de vista de los hechos, sino además también, desde un carácter teórico, que da cuenta exacta de las relaciones matemáticas que se le pueden corresponder al calor, cuando la transferencia es tipo de radiación térmica; Así, la ecuación presentada anteriormente por Stefan (Ecu 1) toma la forma de la ecuación dos (Ecu 2), misma que es conocida hoy día como la *Ley de Stefan-Boltzmann* y que es reconocida con el estatus de ley natural. (Atmospheric and Climate Sciences, 2018)

$$I = \sigma T^4 \quad (\text{Ecu 2})$$

En la ecuación I hace alusión a la intensidad de energía radiante, T a la temperatura del cuerpo y σ es la constante de Boltzmann

Es importante tener en cuenta que pese a que estudios posteriores acerca de la radiación espectral por parte de otros científicos como Max Planck y Wilhelm Wien (mismos que ayudan a definir la radiación de los cuerpos, no solo en el orden de radiación térmica, sino en toda la región del espectro electromagnético) son reconocidos al momento de construir esta reflexión, se recuerda que para la misma solo se consideraron la construcción de explicaciones acerca de la transferencia de calor por radiación que se conocían hasta finales del siglo XIX; aun así, también es de mucha relevancia reconocer que varias de estas conclusiones, como por ejemplo la ley de

Stefan-Boltzmann, se continúan reconociendo y manteniendo hasta el día de hoy con el estatus de leyes fundamentales de la naturaleza.

CAPÍTULO 3: LA EXPERIMENTACIÓN, LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO CIENTÍFICO, Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.

Identificar el uso y la relevancia que se le puede otorgar a la actividad experimental en los procesos de construcción de conocimiento, permite apreciar los contenidos epistemológicos que son intrínsecos a la reproducción de esta actividad, los cuales pueden aportar de gran manera a los desarrollos teórico-científicos, incluso, identificando y formulando nuevos rasgos característicos de la naturaleza que podrían pasar desapercibidos sin una interacción de orden práctico; además, este abordaje posibilita también, reconocer los rasgos ontológicos que conecta esta actividad entre los objetos o instrumentos, el sujeto experimentador y sus actos de intervención. (Giraldo, 2014)

Es entonces, por lo que en este capítulo se desean abordar algunos de los aspectos más relevantes de la actividad experimental, mismos que no solo la harán merecedora de un gran estatus en la construcción de conocimiento científico; sino que también, el de ser tomada en cuenta como una herramienta valiosa en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

3.1. Importancia de la Actividad Experimental en la Construcción de Teorías Científicas

En el campo de las ciencias naturales, la actividad experimental en algunos casos más que en otros, como veremos a continuación, ha quedado relegada a un segundo plano solo por detrás de los fundamentos teóricos y matemáticos, ya que existen filósofos y pensadores dentro del mundo científico y académico que cuestionan su utilidad en la construcción de conocimiento científico. (Hacking, 1996)

Un ejemplo de esto lo daba Karl Popper, filósofo y profesor británico del siglo XX, quien (citado por Hacking, 1996: Pg.180) insistía en que en el método científico no hay más razonamiento que el deductivo, con lo que quería decir que toda reflexión sobre la naturaleza debía partir del planteamiento de hipótesis y sus deducciones, para posteriormente continuar con un proceso de inducción (observación) que permitiera la verificación o no de las mismas, y así, sostenía que las leyes son hipótesis formuladas por los científicos para elaborar predicciones de los fenómenos naturales; entonces, desde esta postura es evidente como la experimentación queda dependiente de la teoría, ya que, según Popper, las observaciones y las ideas derivadas de la experimentación

solo eran interpretaciones a la luz de hipótesis teóricas, así, la teoría no solo antecede al experimento y todo lo que le acompaña, sino que es lo primero y lo más importante.

También pensaba algo similar Justus von Liebig, pionero en los avances de la química orgánica, quien exponía que todo mecanismo (equipo o experimento) una vez puesto en funcionamiento debía producir un resultado esperado, ya que al igual que Popper, creía en la idea de un pensamiento deductivo el cual siempre y necesariamente estaba a priori incluso de los propios resultados; por lo que sostenía que “... *un experimento que no es precedido por una teoría, por una idea, mantiene la misma relación con la investigación científica que la de una sonaja con la música.*” (Liebig citado por Hacking, 1996: Pg. 181)

Incluso Ludwig Boltzmann, físico austriaco reconocido en el campo de la física estadística, consideraba que la teorización era primordial para sintetizar, unificar y construir una visión general de los fenómenos que se deseaban describir en el mundo real, por lo que, la actividad más importante del científico era la de desarrollar teorías, y a esta se encontraba subordinada cualquier otro tipo de actividad de estudio. (Hacking, 1996)

A partir de las posturas anteriores, las cuales le asignan a la teoría un nivel de jerarquía mucho mayor sobre cualquier otra actividad de investigación en la construcción de conocimiento científico, es entonces importante cuestionarse si a lo largo de la historia de las ciencias los hechos efectivamente corroboran con los argumentos allí expuestos, o si, por el contrario, está es solo una postura radical de algunos amantes de la teoría, que por cuestiones ideológicas decidieron asignarle un papel de rango mayor.

Ya que notaremos que autores como Ferreirós y Ordóñez (2002), reconocidos en el área de la filosofía de las ciencias y la matemática, definen este tipo de pensamiento (el deductivo) como una “tradicón teoreticista”, refiriéndose con esta expresión a la tendencia en la filosofía de las ciencias, encubada en el siglo XIX, de privilegiar los aspectos teóricos del conocimiento sobre cualquier otra cosa, de modo tal que, toda disciplina científica debía de ser interpretada desde una mera elaboración conceptual. Es por lo tanto, que las investigaciones de estos autores logran encontrar ciertos contrastes con dicha “tradicón” que les permiten apreciar como la comunidad científica puede llegar a carecer de contenidos si se prescinde, en este caso, de la actividad experimental, poniendo como antecedente los trabajos que Sadi Carnot (para muchos padre de la termodinámica) publicó en 1824 acerca de las *Reflexiones de la Energía Motriz del Fuego*,

documentos en los cuales se desarrollaban discusión de carácter científico con relación al trabajo motriz y el calor, que se fundamentaban a partir de estudios y análisis prácticos alrededor de las máquinas de vapor que revolucionaron la industria en el siglo XVIII; estos mismos trabajos fueron los que posteriormente aportaron de gran manera al análisis teórico de los sistemas termodinámicos. (Ferreirós y Ordóñez, 2002) -Con esto no se pretendía desconocer las posibles reflexiones y/o consideraciones que pudo llegar a desarrollar Carnot al respecto, consecuencia de sus conocimientos previos en el campo de la termodinámica.

Por otro lado, el historiador y filósofo de las ciencias Ian Hacking (1996), reconoce que atribuirle una única metodología tan específica como la deductiva, a algo tan complejo como el crecimiento del conocimiento científico, es cegarse a los posibles y fructíferos contenidos epistemológicos que otras actividades ligadas a la ciencia pueden dotar, y así, para poner en discusión una postura tal como la del deductivismo, este autor menciona algunos acontecimientos históricos dentro del contexto científico que llevan a pensar en el carácter ontológico de esas otras actividades científicas -incluyendo la experimental- en la construcción de conocimiento científico.

Uno de estos sucesos guarda relación con el del fenómeno de la doble refracción en la física óptica, ya que en 1669 Rasmus Bartholin descubrió que si se superpone un trozo de cristal de espato sobre una página impresa se podía observar dobles las letras, evidenciando que, además del rayo refractado ordinario aparecía un segundo rayo “extraordinario” o *rayo insolita* como él lo denominó; pese a que las leyes de la refracción en lentes, anteojos, microscopios y telescopios ya eran bien conocidas para la época, estas no podían dar explicación alguna a este nuevo fenómeno; tiempo después, ya en el siglo XVIII, Huygens intentó explicar este comportamiento de una manera superficial y muy vaga, proponiendo que estos rayos tenían otro tipo de geometría, no esférica sino elíptica. Sin embargo, no fue hasta 1815, con el surgimiento de la teoría ondulatoria de la luz, de Fresnel, que se logró comprender y llegar a un verdadero entendimiento de este comportamiento de la luz. (Hacking, 1996)

Otro acontecimiento destacado está relacionado con la teoría del color, la cual se gestó gracias a las observaciones llevadas a cabo en la década de 1660, cuando Issac Newton experimentó acerca del comportamiento de la luz en los prismas, actividad que le permitió evidenciar que la luz blanca en realidad consistía en una “composición” o superposición de otro tipo de rayos de luz de diferentes colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta), lo que en consecuencia no solo

permitió descartar las hipótesis deductivistas de que el color era producido por el ojo humano, sino que además, estas interpretaciones aportaron como base a los futuros trabajos del mismo Newton y R. Hooke -de forma apartada por supuesto- acerca del color en diferentes tipos de placas delgadas. (Hacking, 1996)

Por tanto, lo anteriormente expuesto es un aliciente a la evidencia de que no siempre la construcción de conocimiento parte de un análisis deductivista por parte del científico, como lo proponía inicialmente Popper; por otra parte, permite distinguir y reconocer que la actividad experimental bien sea por carácter reflexivo o por simple curiosidad del experimentador, está cargada de un enorme contenido de información, el cual puede anteceder perfectamente a cualquier teoría de formas muy características, además incluso, de aportar a la construcción y formulación de las mismas. En consecuencia, Hacking (1996), le otorga un carácter autónomo y de “*vida propia*” -como él mismo lo define- a este tipo de actividades científicas, con lo que permite fijar nuevas discusiones y reflexiones en torno a la relación de estas (actividades) en la construcción de conocimiento científico, admitiendo de antemano que, su intención no es pretender que el trabajo experimental exista sobre o independientemente de la teoría, sino que, “... *estas pueden ser descritas como una interacción recíproca donde ambas dimensiones se benefician mutuamente una a la otra como una familia feliz*”. (Hacking, 1996)

Ahora, con estas reflexiones presentadas por algunos científicos, filósofos y pedagogos de las ciencias, se intentaba poner de manifiesto las relaciones que pueden llegar a encontrarse entre la actividad experimental y la evolución del saber científico, ya que hasta aquí no solo queda en evidencia como esta dimensión aporta a la formulación y construcción de teorías científicas, inclusive mucho tiempo antes de que éstas siquiera puedan ser imaginadas o propuestas; sino que además, se señala como esta es capaz incluso de dotar a la misma ciencia de ciertos conceptos que no solo son descubiertos sino reformulados dentro de la interacción con esta actividad.

Es en este sentido que se puede llegar a formular, entonces, cuál podría ser una estructura intrínseca del experimento que permita encontrar relaciones entre los procesos de observación y medición, los diseños y técnicas experimentales e incluso los mismos instrumentos que se usan para la reproducción de esta actividad, tales que, resalten expresiones epistemológicas más certeras que ya no solo sean discutidas en cuento a la conceptualización y formalismo de la ciencia, sino que vayan más allá, permitiendo reconsiderar y reformular las maneras en que se

hace la ciencia. Es por ello por lo que en lo que sigue, se pretende resaltar algunas organizaciones descritas también por historiadores y filósofos de las ciencias con el fin no solo de concebir o estructurar estas relaciones, sino también, de tenerlas en cuenta al momento de reproducirlas.

Así, por un lado, y atendiendo a uno de los entes involucrados más importantes en esta actividad, como lo son los instrumentos, estos son entendidos desde la disciplina de La Filosofía de las Prácticas Experimentales, no solo como un elemento material de la actividad científica, sino también como parte de lo que posibilita la existencia misma de los objetos o hechos de estudio, en relación con esto Iglesias (citado por Romero, 2017: Pg. 18) menciona que “... *los efectos científicos, materia prima de los fenómenos, no se producen espontáneamente, sino que son entidades que adquieren existencia mediante determinadas prácticas experimentales y modos específicos de comportarse la naturaleza.* De esta manera, pareciera que los instrumentos de intervención no solo comunican nuestros pensamientos con la naturaleza y viceversa, sino que además condicionan la organización de las mediciones del experimentador, al mismo tiempo que, la realidad de los efectos y los fenómenos naturales; en este sentido, el diseño y construcción de instrumentos no es algo que se realice al margen de la organización del fenómeno, sino que estos dos (diseño y organización) se van estructurando de forma paralela en un proceso constructivo. (Romero, 2017)

Parece entonces que desde esta mirada la experimentación es una intervención en el mundo natural por parte del científico mediante aparatos o instrumentos, los cuales no son simples y comunes elementos materiales, sino que, y de manera contraria, estos forman parte fundamental de la interacción entre el sujeto y la naturaleza (y viceversa), incluso determinando esta posibilidad misma de la apreciación de los hechos y fenómenos de estudio.

Por otra parte, y en cuanto a los procesos de reproducción de esta actividad, Pickering (1995) sociólogo, filósofo e historiador de la ciencia, afirma que en cualquier resultado experimental entran en reflexión tres elementos, *Un Procedimiento Material*: que se relaciona con los aparatos y las formas de hacerlos funcionar bien, *Un Modelo Instrumental*: que expresa la comprensión conceptual del funcionamiento del aparato por parte de experimentador, y *Un Modelo Fenoménico*: que relaciona la comprensión conceptual de los aspectos del mundo fenomenológico que están siendo estudiado por parte del experimentador, sin él, los resultados carecerían de interpretación. En este sentido, y según Pickering (citado por Ferreirós y Ordóñez, 2002) “*la*

actividad experimental comienza de tal modo que no hay ninguna relación aparente entre estos tres elementos pero que en el transcurso del proceso estos se entretajan, para que al final del proceso se obtenga una estabilización coherente entre la relación de estos tres elementos” advirtiendo además, que dicha relación no es trivial en absoluto.

Es entonces, y con intención de finalizar este apartado, que con las ideas anteriormente expuestas, las cuales en principio, reconocen una relación epistémica que se manifiesta de manera recíproca entre la actividad experimental y la construcción de conocimiento científico, además de caracterizar el contenido intrínseco de esta actividad que se manifiesta en las prácticas y en la misma interacción con los instrumentos; será hora entonces de cuestionarse y discutir acerca de cómo esta dimensión tan valiosa para el desarrollo de la ciencia puede llegar a formularse y articularse para ser introducida en el aula de clase con el fin de considerarla, ahora también, una herramienta útil en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. (Giraldo, 2014)

Por lo tanto, que en lo que sigue se intentara abordar estas reflexiones reconociendo no solo el carácter epistémico desarrollado, sino además, rescatando también el carácter significativo que contienen el diseño, construcción y reconstrucción, la interacción y el hecho mismo de medir; que son acciones que entran en consideración al momento de reproducir la actividad experimental.

3.2. La Actividad Experimental en el Aula de Clases

Con las relaciones claras que pueden llegar a establecerse entre la actividad experimental, su carácter significativo, los procesos de formulación y la construcción de conocimiento científico, es posible reflexionar y discutir sobre cómo el carácter discursivo y epistemológico que encierra esta actividad científica puede servir para aportar en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Por supuesto, esta no es la primera vez que se entra en la consideración del uso de esta actividad para la enseñanza, ya que otras y otros investigadores más rigurosos y con objetivos comunes, han puesto de manifiesto ciertos rasgos característicos de esta actividad que pueden aportar a la didáctica del maestro si se logran articular con sus intervenciones en el aula o laboratorio de clase.

Así, una primera aproximación a considerar de estos rasgos característicos es dada por Séré Marie-Geneviève (2002), en cuanto a la implementación, ya que para ella la experimentación puede llegar a intervenir en la enseñanza siguiendo diferentes modalidades y dependiendo de los resultados que se pretendan alcanzar para cada sesión, sin embargo, resalta cierto conjunto de resultados que son comunes de esperar al hacer uso de esta actividad en la enseñanza de las ciencias, como lo son: comprender y aprender teorías; realizar experiencias de realidades, hechos y aparatos que hacen uso de dichas teorías; aprender a rehacer esas mismas experiencias y en consecuencia aprender procedimientos y caminos que permita hacer uso de las experiencias en diferentes contextos; esto con la intención de no solo usar el saber teórico, sino también de aprender a usarlo.

Dentro del anterior conjunto aparte de operaciones como comprender y aprender, que son esencialmente intelectuales o cognitivas, se resaltan también otras como “realizar” y “el saber hacer” que son operaciones que se sitúan en el campo de la acción y de la realización, por tanto, implican toda una toma de decisiones, de juicios y de iniciativas; esto permite establecer que entre el “hacer” y comprender ciencias existen elementos en común, y que el aprendizaje, en parte, está situado dentro de estas dos operaciones, por lo que se hace necesario introducir de manera eficaz dentro de los trabajos prácticos -como ella se refiere a la actividad experimental- el aprendizaje del “hacer”. (Séré, 2002)

Es en este orden de ideas, que ahora Séré (2002) presenta dos formas de concebir el “hacer” en el proceder de los estudiantes en el aula de clase, en cuanto a la actividad experimental se refiere; en uno de estas pone a *la práctica al servicio de la teoría*, en este el “hacer” consiste y se limita a la verificación de una ley o a encontrar una que ya es perfectamente conocida, lo que describe como el pasaje “del mundo de los objetos (la experiencia) al mundo de las ideas (la teoría)”.

La otra forma es la postura contraria *la teoría al servicio de la práctica*, aquí el “hacer” se encuentra en función de los conceptos, ya que existen momentos en los que “el mundo de los objetos” no se distingue completamente de “el mundo de las ideas”, y en estos casos los estudiantes no podrán avanzar en el mundo de las experiencias si no avanzan en el mundo de las teorías; además, en estos casos los objetos o instrumentos suelen ser considerados como “*Objetos cargados de teoría.*” (Hacking citado por Séré, 2001: Pg. 3), por lo que se considera entonces que, el estudiante entendiendo y manipulando objetos o instrumentos “cargados de teoría” puede

“hacer” uso de numerosas nociones teóricas, más que solo verificarlas; añadiendo a lo anterior, que consecuencia de esta forma de concebir el “hacer”, se deben definir unas fases antepuestas al trabajo práctico que permitan estudiar, identificar y justificar que referentes conceptuales son necesarios en la formación previa del estudiante, tal que, se garantice una forma apropiada de interacción con el objeto. (Séré, 2002) -Cabe mencionar que Séré deja claro que su intención no es hacer que el conocimiento teórico sea puesto en cuestión, sino que sea producido y organizado por el experimentador, en este caso el estudiante, como un conocimiento práctico-

Con esto, pareciera entonces que la experimentación en el aula de clase, fundamentada en la construcción de conocimiento, permite al estudiante no solo comprobar de su propia mano las deducciones teóricas que fundamentan el contenido científico, sino que, además, esta es una actividad propicia para poner en discusión los mismos procesos epistemológicos inherentes tanto en la edificación teórica, como a la misma forma en la que se “hace” la ciencia. Es por lo tanto, que otros investigadores proponen que además de los rasgos anteriores, existen otros que, también se relacionan con el “hacer”, pero que están más ligados a los procesos de discusión y argumentación.

Así, Malagón y García (citados por Romero, 2017: Pg. 4) resaltan que *“incentivar la construcción de explicaciones de fenómenos naturales en el marco de la experimentación encierra procesos discursivos relacionados con lo que se quiere observar, lo que se nombra por hecho y lo que se pretende representar con ese hecho”*; además, de destacar la generación de reflexiones en cuanto al carácter de regularidades y la construcción de explicaciones, que en consecuencia permitirán centrar la atención en los procesos de elaboración de tales maneras de comunicarse o expresarse. Es por ello por lo que, a través de esta relación se favorecen debates, acuerdos, desacuerdos, justificaciones y explicaciones que en conjunto permiten una mejor comprensión de los conceptos científicos, además de la formación de un pensamiento crítico y reflexivo. (Romero, 2017)

Es por lo que para concluir, de lo anterior es importante destacar como la importancia de la actividad experimental en el contexto educativo, no solo atiende a los factores de diseño y construcción de quipos, de manipulación de materiales e instrumentos, e incluso de la interacción del estudiante con los objetos, sino que además, es una actividad que construye en colectivo a partir de la justificación y la argumentación de las ideas (propias de los estudiantes), cobrando

con esto gran valor los procesos de discusión y comunicación; lo cual agrupado puede ser considerado por el maestro como un espacio de construcción y validación de conocimiento científico.

3.3.El papel de la Actividad Experimental en la Construcción del Fenómeno de Transferencia de Calor por Radiación Térmica

En la construcción de una definición teórico-matemática que logra dar cuenta del comprender descriptivo de la transferencia de calor por radiación, es posible evidenciar (como en el capítulo 2) que la actividad experimental contribuye en gran parte a ampliar el campo de experiencias referente a los hechos relacionados con este fenómeno, es decir, a lo que se considera desde sus formas de acción y sus efectos sensibles a los sentidos; ya que por lo menos, desde las investigaciones de W. Herschel, P. Prevost, J. Stefan e incluso L. Boltzmann es posible encontrar hilos conectores entre el papel que desempeña la experimentación y la práctica con la construcción de explicaciones formuladas en hipótesis científicas. Es por lo que en suma de la evidencia, a continuación se presentan algunos ejemplos que dejan entrever lo anteriormente expuesto.

Ya que, en la intervención y el accionar experimental de Herschel -el cual no partía con una intención clara respecto a un proceder científico- fue la rigurosidad en el diseño y construcción de sus equipos, más su gran capacidad de sistematizar, relacionar y analizar datos, sumado también al espíritu de curiosidad nato del experimentador; lo que hizo posible acercarlo a una manera de reflexionar tal que, logra configurar ya no solo la transmisión de calor, en el orden de radiación, sino también distinguir una nueva forma de caracterizar el orden de sus manifestaciones y las maneras de proceder de este, las cuales estaban muy relacionadas con las leyes de dispersión, refracción y reflexión, que eran muy semejantes también al comportamiento de la luz, y el cual decidió nombrar como “calor radiante”. (Moreno, 2017)

Por otra parte, y en contraste con las intervenciones anteriores, en el actuar de las acciones experimentales de Prevost y Stefan si es posible de apreciar un proceder en cuanto a un carácter científico en particular, ya que en dichas prácticas los resultados que son posibles de relacionar y encontrar ya eran bien sabidos de antemano por los científicos; solo que ahora se resalta el interés por parte de Prevost de analizar y reflexionar acerca del arreglo experimental de Pictet para

encontrar una explicación a los resultados obtenidos en dicha práctica, por lo que es posible de relacionar la interacción entre el experimentador, el montaje experimental y los datos del instrumento, de una manera tal que, me atrevo a decir que dicho conjunto (montaje e instrumentos) podría ser interpretado como un “objeto cargado de teoría” -como lo afirmaría Hacking- el cual sin duda permitió abrir paso a la estructuración de la teoría de los intercambios.

En el caso de Stefan, la destreza en la organización e interpretación de los datos concernientes a las diferentes velocidades de enfriamiento de las sustancias, sumado al análisis que era derivado de las escalas absolutas de temperatura de los termómetros, más la correspondencia de dichos datos en comparación con la ecuación de Dulong y Petit; fueron acciones engendradas en el proceder de la experiencia y la práctica que le permitieron encontrar una variable de correspondencia particularmente constante, que al final le permitió culminar con sus hipótesis alrededor de la ley de la cuarta potencia para dar cuenta de la intensidad de radiación térmica asociada a un cuerpo caliente.

Incluso, dentro de los avances teóricos de Boltzmann es posible encontrar relación con la práctica, ya que al momento que consideramos la dependencia de la ley de la cuarta potencia respecto de la presión, desarrollamos varias experiencias en ambientes con diferente altura atmosférica con el propósito de analizar y corroborar, de manera empírica, la introducción de su constante (constante de Boltzmann) en la ecuación de Stefan-Boltzmann.

Es entonces que se puede concluir, como la comprensión y finalmente la explicación teórica alrededor de la transferencia de calor por radiación, fue cimentada en interpretaciones que en gran parte vinieron de la mano de interacciones experimentales por parte de los científicos. Por lo que en consecuencia, si se reconoce como esta actividad fue tan importante en la construcción de relaciones epistemológicas; cómo esta entonces puede llegar a ser también una herramienta importante en la construcción de conocimiento dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje del fenómeno en cuestión. Sin duda los contenidos tanto disciplinares como filosóficos e históricos que se han venido adelantando desde el inicio de esta propuesta, hasta lo largo de este capítulo, serán un gran estímulo y antecedente para el diseño de propuestas metodológicas que tengan como propósito el abordar esta temática con las y los estudiantes en el aula de clases.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO, JUSTIFICACIÓN, Y LOS COMPONENTES METODOLÓGICO Y PEDAGÓGICO DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

Esclarecido y surcado un panorama que, no solo encierra el contenido disciplinar teórico con relación al fenómeno de transferencia de calor por radiación térmica (al menos, dentro de los límites históricos y temáticos que son de interés para el contexto de esta investigación), sino que además, reconoce el posicionamiento jerárquico y transcendental que desempeña la actividad experimental, tanto en la construcción de conocimiento científico como también en el desarrollo de estrategias para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Será entonces, el momento de dirigir la concentración en la construcción y presentación de una estrategia de enseñanza que, primero, permita la organización del contenido y los objetivos de aprendizaje relacionados, que reflejen de forma clara lo que se desea sea aprendido por los estudiantes para este caso en específico; y que también, en segundo lugar, logre ofrecer a estos (los estudiantes) una experiencia de aprendizaje agradable, sencilla y llevadera.

Es por lo que, en este capítulo se desea presentar la metodología con la que se va a intervenir en el “aula de clases”, resaltando, los focos principales que se tendrán en cuenta como componentes teóricos, pedagógicos y disciplinares dentro de la propuesta.

4.1. Desarrollo y Justificación de la Propuesta

Esta propuesta de intervención es gestada en un contexto para la enseñanza de la física, y tiene como uno de sus centros el abordaje de los procesos de enseñanza y aprendizaje por medio de una modalidad virtual (a través de la plataforma de Microsoft Teams), por esta razón, con la misma se pretende poner en contexto, ya no dentro de un aula de clases, sino en el hogar de los estudiantes, un escenario que brinde la posibilidad de involucrarse en un ambiente de interacción con el mundo real (por medio de la actividad experimental); y que, consecuencia de esto, los estudiantes consigan relacionar los conceptos -que se encuentran atañidos en la inmersión misma con la práctica- con acciones que pueden ser entendidas desde experiencias que están relacionadas en el ámbito de la vida diaria.

Por lo anterior, y como parte del eje principal de esta propuesta, la actividad experimental se perfila como una herramienta propicia para acompañar los procesos de aprendizaje de los

estudiantes, con la que se pretende, que estos (a los estudiantes) logren construir relaciones entre sus ideas y las experiencias, de una manera tal que, los aproxime a exponer explicaciones coherentes, no necesariamente en un marco de rigurosidad científico, sino más bien, en correspondencia con las prácticas que adelantan y los hechos que observan.

Lo anterior, compartiendo y atendiendo también, a las consideraciones realizadas por Iglesias (citado por Romero, 2017: Pg. 18) alrededor de que “... *en los procesos de enseñanza, se trata de que la ciencia se haga de un modo práctico, involucrando los pensamientos comunes (propios del sujeto) y la experimentación, en búsqueda de concordancias entre sí, que permitan al estudiante relacionar las ideas provenientes de estos dos planos, para permitirse así, dar explicaciones más efectivas respecto de algún hecho de la naturaleza o la realidad*”.

Además, una consideración de gran relevancia para esta investigación, y que guarda relación con los métodos de experimentación, consiste en poder hacer evidente el papel que desempeña, primero, el desarrollo de propuestas de construcción de conocimiento a partir de los escenarios que son permeados por la actividad experimental, y que pueden conllevar a la generación de espacios propicios para la discusión, el debate, la reflexión, el establecer acuerdos y desacuerdos, etc., (como ya lo mencionaba Romero, dilucidando a Malagón y García, 2017), y que en sí, permiten evidenciar y dar cuenta, por medio de proposiciones y justificaciones, en las argumentaciones expresadas por los estudiantes, precisamente de los progresos relacionados con la construcción de conocimiento científico, agregando a esto, la potencialización de actitudes como el pensamiento crítico y práctico (similar a lo expresado por Séré (2002) & Romero (2017) en momentos anteriores). En segundo lugar, también será importante dar cuenta del papel que juega el uso de los instrumentos, y el valor que se le atribuye a estos, por la información intrínseca, en las técnicas que se producen alrededor de su manipulación, tales, como el acto mismo de medir y los métodos de diseño y mejora para la intervención, mismas que en conjunto, son propicias de fomentar la generación y producción de conocimiento. (tal cual, como lo afirma Romero, 2017)

Por último, a todo esto se suma también el propósito de hacer que el maestro practicante, por un lado, traiga a contexto los saberes y contenidos disciplinares que son de consideración tanto para el fenómeno como para el campo de la experimentación, y que son propios del ámbito científico, y los logre entretrejer ahora -aparte de con el saber disciplinar propio- con sus intereses y

estrategias de intervención, es decir, con la organización de objetivos y niveles de aprendizaje pertinentes en relación con los contenidos que él mismo establece. Mientras que, por otro lado, se desea que este (el maestro practicante) comprenda una visión más integral entre los temas teóricos que se abordan y el campo práctico de la experimentación, reconociendo, entre estos dos, un conjunto de procesos de construcción de conocimiento. -algo muy similar a como lo daba a entender Hacking (1996), al usar en sus opiniones la expresión de “*una interacción entre estas dimensiones como una familia feliz*”-

Así entonces, lo expresado en los cinco párrafos anteriores, son una perspectiva de los aspectos metodológicos y pedagógicos más generales e importantes que se tendrán en cuenta al momento de adelantar el diseño y construcción de actividades -en el marco de la experimentación- que se consideren propicias para impulsar la construcción y reconstrucción de conocimientos; y que, permitan proseguir al “aula de clases” (entendida desde el contexto de la virtualidad) con un acto de intervención que haga posible a los estudiantes la comprensión de conceptos y hechos que guardan relación con el fenómeno de transferencia de calor por radiación térmica.

4.2. Consideraciones Previas

Todo lo anterior, es otro motivo por el que los procesos de aprendizaje encerrados en la práctica de la actividad experimental son, en gran parte, uno de los fuertes a considerar en el diseño y construcción de una propuesta didáctica, la cual será presentada más adelante, en el segmento “4.3”. Ya que antes de esto, se considera, es el momento pertinente de recordar que para el desarrollo de este trabajo de investigación, se propuso abordar un modelo de corte cualitativo, dentro del marco Acción-Participación (AP), y que principalmente se centraba en la estructura de tipo investigativo propuesta por el maestro en Sociología, el español, Joel Martí.

Por lo que es importante aclarar, y de manera breve, que este método de investigación AP constituye una opción metodológica que, por una parte, permite la expansión del conocimiento, y por la otra, genera respuestas concretas a problemáticas que se plantean los investigadores cuando deciden abordar una interrogante, temática de interés o situación problemática, y desean contribuir o aportar con alguna alternativa de cambio o transformación (Colmenares, 2012). Así, investigadores como Martí (2002), sintetizan la estructuración de una secuencia de etapas o fases

que, aunque reconoce la variación que puede existir para cada contexto en particular, permite organizar y definir unos ejes centrales y de desarrollo que son característicos de este tipo de investigaciones; y estos son los siguientes:

Estructura de investigación AP (ejes centrales), por J Martí.

- *Etapa de Pre-Investigación: En primer lugar, la delimitación de unos objetivos a trabajar que responden a la detección de determinados síntomas.*
- *Etapa de Diagnóstico: A la etapa de concreción le sigue otra de “apertura” a todos los puntos de vista existentes en torno a la problemática y objetivos definidos: se trata de elaborar un diagnóstico y recoger posibles respuestas que salgan de la propia praxis participativa y que puedan servir de base para su debate y negociación.*
- *Etapa de Programación: Esta negociación es la que da lugar a una última etapa, de “cierre”, en la que las propuestas se concretan en líneas de actuación y en la que los sectores implicados asumen un papel protagonista en el desarrollo del proceso.*
- *Etapa de Propuesta y Conclusión: La puesta en marcha de estas actuaciones abre un nuevo ciclo en el que se detectaran nuevos síntomas y problemáticas, y en el que cabra definir nuevos objetivos a abordar.*

(Martí, 2002)

En este sentido, y atendiendo a las relaciones de esta propuesta con la previa estructura de tipo investigativo AP desarrollada por Martí, es de significativa consideración tener en cuenta que la primera de estas etapas, reconocida como *Etapa de Pre-Investigación*, se ha venido adelantando en el transcurso de los capítulos anteriores (capítulo 1, 2 y 3) de una manera indirecta, ya que desde: el abordaje del planteamiento general de la investigación, que respondía fundamentalmente al reconocimiento de una situación problema; pasando por la formulación de una alternativa de tratamiento y una justificación para la misma, hasta lograr así la definición de unos objetivos, tanto específicos como generales, que permitieran pautar un cronograma de trabajo; y atendiendo también, a la recolección de antecedentes tanto de campo como teóricos; se puede afirmar entonces, que se logra completar a “gran escala” con los propósitos de esta etapa, y mismos que consistían en la delimitación de los objetivos y la detección de “síntomas”, que

podieran constituir una base fuerte y con referentes de respaldo para dar pie a momentos posteriores de la investigación.

Así entonces, y con intención de dar paso al siguiente eje investigativo propuesto por Martí (2002) -y que es de gran interés para esta sección- se introduce ahora una *Etapa de Diagnóstico*, con la que se pretende hacer un reconocimiento del terreno y un acercamiento al problema, a partir de la recolección de información con documentos y/o entrevistas. Por lo que aquí, es de relevancia recordar también que, una de las fases enmarcada en los objetivos específicos y que fue propuesta como una iniciativa en la justificación del abordaje de este trabajo, consiste precisamente en organizar dentro de la investigación un momento previo, de inspección, que permita identificar en los estudiantes las ideas primitivas o de anclaje que estos puedan llegar a entender en torno a la transferencia de calor por radiación térmica; y esto -al menos para nuestro caso- con la intención de hacer que la información recolectada pueda ser usada como un punto de referencia, para la organización de explicaciones más pertinentes -dentro de las intervenciones o sesiones- y además, que estén al nivel de dificultad requerido o necesario, tal que, permitan a los estudiantes transitar en un proceso evolutivo de construcción de conocimiento.

Por lo tanto, para llevar a cabo esta tarea, se realizó una recogida de información con un cuestionario tipo encuesta (Anexo #1) -implementado por medio de la plataforma Microsoft Forms- el cual fue aplicado a quince (15) estudiantes de grado sexto (6°) del colegio Instituto Pedagógico Nacional, los cuales se encontraban en un rango de edad entre los 11 y 12 años; en este cuestionario se abordaron una serie de preguntas -de manera directa, como indirecta- relacionadas con la temática de TCRT.

En este orden de ideas, a continuación presentamos los aspectos y generalidades más relevantes que se consiguieron de las repuestas presentadas por los estudiantes a partir de esta intervención; por lo que es importante referenciar también que, el cuerpo del cuestionario que fue propuesto (a los estudiantes) se componía estructuralmente de dos momentos, el primero de ellos, consistió en la presentación de dos situaciones problema que a la vez se relacionaban con circunstancias que eran posibles de apreciar en determinados contextos de la vida diaria, una de estas fue siguiente:

· *Situación problema*

En una noche muy fría de campamento María decide recolectar algunos troncos secos del bosque, con el propósito de encender una fogata y así lograr calentar sus manos.

A la anterior situación se le agregaba el planteamiento de las siguientes interrogantes:

- a) ¿Consideras necesario que María tenga que hacer contacto (físico), entre las manos y las llamas de fuego de la fogata, para así lograr calentar sus manos? Explica tu respuesta.

Así, algunas de las generalidades en las respuestas de los estudiantes a esta pregunta se relacionaban con explicaciones como: “no es necesario el contacto físico, porque con el calor que suelta la fogata es suficiente para calentarse las manos”, “no, porque el calor producido por las llamas calienta el ambiente”, “no es necesario, porque el fuego se expande” o también “no es necesario, porque el fuego emite calor a su alrededor”.

La otra pregunta que se relacionaba con la situación problema era la siguiente:

- a) ¿Cómo consideras posible que el calor generado por las llamas de fuego de la fogata logre calentar las manos de María sin que exista contacto (físico) entre estos? Explica tu respuesta.

A esta pregunta los estudiantes generaron explicaciones como: “es posible porque las llamas de fuego hacen que el aire a su alrededor se caliente y llegue hasta las manos”, “el fuego bota (emite) mucho calor y este llega hasta las manos a una distancia prudente sin necesidad de tocarlo” o “el fuego de la fogata crea un tipo de ondas que calienta las manos”.

Como se puede notar el tipo de respuestas que generan los estudiantes se basa principalmente en afirmaciones y explicaciones que se encuentran vinculadas con aspectos del común, es decir, al contexto social, la práctica o los aprendizajes previos y la experiencia; pero además, se puede identificar también que algunas de las declaraciones pudieron haber sido influenciadas y construidas a partir de lecturas o ideas que fueron adquiridas y/o escuchadas de alguna fuente o comunidad de divulgación científica más rigurosa y compleja, ya que como se puede notar en algunas de las contestaciones, se hace uso de palabras tales como: “ondas” o “emisión” (que son conceptos muy próximos a la concepción de modelos científicos que se encuentran dentro de la formulación explicativa del fenómeno que compete esta intervención), aun así, se advierte que el

uso de estos conceptos por parte de los estudiantes no queda del todo esclarecido, ya que se construyen dentro de un entorno vago y disperso, y en consecuencia, no se logra generar vinculaciones claras y totalmente correctas entre sus definiciones y correspondencias.

El segundo momento dentro del cuestionario consistió en la propuesta de dos preguntas un poco más puntuales y/o “cerradas”, que fueron las siguientes: ¿qué relaciones logras establecer entre calor y temperatura? y desde tu experiencia diaria ¿qué entiendes por el término de Radiación Térmica?; las respuestas conseguidas para esta ocasión (y por ahora en relación solo a la primera pregunta) bifurcaron en dos grandes aspectos, el primero de ellos se relacionaba con grandes rasgos de la experiencia y el contexto diario que rodea a los estudiantes, llegando estos a expresar afirmaciones tales como: *“la temperatura es frío y caliente, así que el calor hace parte de la temperatura”*, *“la temperatura es un modo de decir que algo tiene cantidad de frío o calor”* o también *“la temperatura sube cuando hay calor”*; mientras que, por otro lado, un segundo aspecto se relacionaba específicamente con la formulación de explicaciones bastante específicas y razonables, similares a las que podían ser construidas dentro de un ambiente científico -muy sofisticado de hecho- así, en este caso las respuestas de algunos estudiantes se pueden generalizar en la siguiente expresión: *“El calor se puede asimilar a la energía total del movimiento molecular en una sustancia, mientras temperatura es una medida de la energía molecular media”*.

Un pequeño y breve análisis en relación a esta última respuesta -la del párrafo anterior- y que fue expuesta por varios de los estudiantes, permite identificar dos consideraciones importantes, una de ellas es reconocer -en el papel de docentes- como la enseñanza desde un contexto de modalidad virtual permite a estos (los estudiantes) hacer uso de las herramientas tecnológicas que están a su alcance para informarse y conocer más acerca de ciertas temáticas o asuntos, y así, permitirse generar nuevas relaciones más formales dentro de sus afirmaciones y/o explicaciones acerca de algún acontecimiento o fenómeno en particular; ya que pese a pedir de antemano a los estudiantes que respondieran las preguntas solo a partir de sus conocimientos y experiencias, se puede llegar a considerar que lo hecho no está del todo errado, ya que esto puede reflejar el interés de los estudiantes por conocer de una manera más detallada y clara las relaciones que se pueden encontrar entre los conceptos y los hechos o “cosas” que se desean representar con dichos conceptos.

Por otro lado, una consideración aún más relevante y significativa, es reconocer que pese a que los estudiantes, presentando estas explicaciones tan específicas, no logran precisar totalmente y de manera correcta entre lo que afirman y lo que pretenden representar en el mundo real con dichas afirmaciones, al expresar frases como, por ejemplo: *“movimiento de moléculas”* y *“energía de las moléculas”*, estos (estudiantes) si logran acercarse a concebir posibles explicaciones y/o patrones a partir de dichos modelos o representaciones acerca del *“movimiento”*, o de las *“moléculas o partículas”* y las *“energías”*; mismos, que son acercamientos e ideas que pueden ser reorganizadas y reconstruidas en el estudiante al ser presentadas de una manera más familiar y/o análoga con algún otro tipo de hechos más acordes y cercanos a su contexto o rutina, y por qué no, que estén en el campo de la experimentación y la práctica de su vida diaria. -esto es algo sustancial y relevante de tener en cuenta al momento de diseñar la propuesta de intervención “en el aula”.

Con intención de finalizar este breve balance acerca de las respuestas obtenidas por parte de los estudiantes en el cuestionario, se hace importante reconocer algunas de las contestaciones en relación con la segunda pregunta (que recordamos era: desde tu experiencia diaria ¿qué entiendes por el término de Radiación Térmica?), aquí se encontraron afirmaciones como: *“la radiación térmica mide el calor que se emite, como el del clima, las personas y animales”*, *“la radiación es algo dañino que sucede por medio de la temperatura”*, *“la radiación que emite un cuerpo al estar caliente”* o también *“es la energía que produce el sol en forma de calor”*, se puede apreciar que estas repuestas están muy acordes a la experiencia y al contexto que rodea la vida diaria de los estudiantes; sin embargo, algunos otros estudiantes, nuevamente, se atrevieron a lanzar explicaciones más específicas asegurando que la radiación térmica se refiere a *“la radiación en forma de calor emitida por un cuerpo debido a su temperatura”* y que este *“es un proceso de propagación de ondas o partículas a través del espacio o medio”*, permitiéndonos así, reincidir en un análisis similar al de la situación anterior, cuando los estudiantes no precisan del todo al intentar señalar una relación clara entre lo que expresan y lo que desean representar con dichas expresiones.

De esta manera, con las explicaciones que presentan los estudiantes en el planteamiento de sus respuestas, es posible evidenciar y hacerse un informe del nivel de expresión (de los estudiantes) y de la distancia que puede llegar a existir entre este, y el que puede ser requerido o admitido en

el rigor de un ambiente científico o académico, como lo es la clase de física. Así entonces, muchas de las respuestas reflejan que los estudiantes formalizan o relacionan sus afirmaciones con aprendizajes que son obtenidos dentro de sus experiencias de la vida cotidiana o aprendizajes previos, por lo que en muchas de las respuestas se hace uso de conceptos o términos que tienen alguna aproximación razonable en cuanto al fenómeno de transferencia de calor por radiación térmica, pero estos (conceptos) están siendo mal usados, relacionados o interpretados al momento de compararlos e interpretarlos con aspectos o hechos del mundo real.

Lo anterior, permite considerar -desde esta postura por lo menos- que es necesario ampliar el campo de la práctica y del “hacer” (Séré, 2002), desde un contexto que posibilite continuar relacionando estas experiencias (que ya están manifestadas en los estudiantes), con otros hechos prácticos que requieran de explicaciones más amplias y rigurosas al respecto, y que por supuesto, estén relacionadas con la TCRT.

Por tanto, a continuación, se presenta la organización, el diseño y las acciones pedagógicas dentro del contenido metodológico, y que están compilados en la estructuración de una Unidad Didáctica, con la que se pretende formalizar una propuesta de intervención en el “aula de clases”, para adelantar procesos de enseñanza y aprendizaje relacionados con el fenómeno en cuestión; adoptando además, una didáctica que posibilita ampliar el campo de experiencias y de argumentación de los estudiantes, al mismo tiempo que, permite al maestro evidenciar una apropiación y evolución en la comprensión de los conceptos en cuestión por parte de los estudiantes.

4.3. Componentes Metodológicos y Pedagógicos de la Propuesta

En este apartado se pretende dar a conocer las justificaciones metodológicas y pedagógicas, además de los aspectos, más relevantes que se tuvieron en cuenta al momento elaborar la propuesta de intervención “en el aula”, misma que se presenta en forma de Unidad Didáctica (UD) y que se encuentra descrita de manera detallada en el Anexo #2; esta UD tiene como propósito “guiar” un proceso de enseñanza y aprendizaje que brinde a los estudiantes la oportunidad de desarrollar acciones de construcción y/o reconstrucción de conocimientos alrededor del fenómeno transferencia de calor por radiación térmica, a partir, de actividades prácticas que requieran el uso e interpretación de ciertos conceptos que son necesarios para la

elaboración de descripciones y reflexiones científicas en torno a los hechos relacionados con este fenómeno; al mismo tiempo, la propuesta de UD plantea un método de recogida de información que se acentúa en el lenguaje del que hacen uso los estudiantes para el proceder ante la contestación de algunas preguntas y situaciones problema, y que precisamente, reflejan los conceptos, afirmaciones y explicaciones que son elaboradas por estos (los estudiantes) para expresar sus ideas y saberes.

Por lo tanto, a continuación presentamos dos de los componentes educacionales que son ejes fundamentales en el desarrollo de la propuesta de UD, que son: el *Componente Pedagógico* y el *Componente Disciplinar*.

- *Componente Pedagógico.*

La propuesta de UD tiene un enfoque significativo³ en un marco Acción-Participación, el cual está acompañando de una metodología que involucra el uso de la Actividad Experimental como herramienta potenciadora de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, con la cual se pretende fortalecer la interacción y participación de los individuos involucrados, tanto el maestro como los estudiantes (y esto, con la finalidad también de dar paso a la etapa de programación o de “cierre” donde se desea que los sectores implicados, en especial los estudiantes, asumen un papel protagonista dentro de la investigación); pero además, con esta orientación se busca que los estudiantes avancen en un camino evolutivo en la construcción de conocimiento, en el cual logren encontrar relaciones entre sus ideas previas o de anclaje, y los hechos que observan o evidencian en la experimentación y la práctica, y de esta manera puedan desarrollar comprensiones más amplias que conduzcan a una construcción de explicaciones y afirmaciones mejor elaboradas e instruidas en relación con la TCRT.

En cuanto al referente curricular, la UD se compromete con unos objetivos de aprendizaje que están diseñados para que, en el tiempo dado, los espacios de práctica experimental sirvan de apertura de otros escenarios de socialización, debate y reflexión, en cuanto la construcción de montajes, los métodos de intervención, la instrumentación y la medición se refiere, tal que, esto

³ La perspectiva significativa se aborda desde la teoría de David Ausubel, en donde se desea que las personas (o los estudiantes) relacionen la información que ya poseen (previa o de anclaje), con la información que es nueva para ellos (ósea, transmitida o enseñada), y así, reajustando y reconstruyendo estas dos informaciones, se avance en la construcción de conocimiento.

permita a los estudiantes disfrutar de una manera dinámica y diferente de aprender y/o conocer ciertos conceptos, para así fortalecer la manera en la que los usa y los relaciona en diferentes contextos. Además, se espera que, de manera indirecta, los objetivos potencien también dimensiones cognitivas, comunicativas, del “hacer” y el saber “hacer” y el pensamiento crítico.

· *Componente Disciplinar*

El contenido disciplinar de esta propuesta -como ya se ha podido intuir- está relacionado con el tema de transferencia de calor por radiación térmica, temática que para esta oportunidad se desea pueda ser entendida a partir de una significación construida desde los antecedentes históricos-epistemológicos que fueron aportados desde mediados y finales del siglo XVIII por parte de Prevost y Herschel, hasta los desarrollos teórico-matemáticos impulsados a finales del siglo XIX por Stefan y Boltzmann.

Así entonces, los procesos de transferencia de calor por radiación térmica serán entendidos como: el traspaso (o entrega) de calor de un cuerpo a otro sin la necesidad de que exista contacto físico entre los cuerpos involucrados, lo anterior tiene lugar si, y solo si, estos (los cuerpos) se encuentran a diferente temperatura uno respecto del otro; es por ello que, los cuerpos “calientes” serán propensos a emitir calor en forma de radiación hacia sus alrededores, esto, con una intensidad que es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura (un cuerpo caliente se entiende como un cuerpo con una temperatura por encima de los 0 grados Kelvin o -273,1 grados Celsius). Además, esta transferencia (o traspaso) de calor se manifiesta de una manera que no es posible de apreciar u observar a simple vista -con el ojo humano- pero si puede ser percibida o rastreada por la sensación de calor que logra generar.

Lo anterior, es de notable importancia, ya que se debe tener en cuenta que la dificultad con la que se presente y enseñe la temática a los estudiantes ha de ser pensada acorde con el nivel de complejidad y comprensión en el que estos se encuentran, para que así se pueda “asegurar” una mayor probabilidad de transición entre la construcción y reconstrucción de las ideas previas o de anclaje -que fueron detectadas en los cuestionarios previamente implementados- y las representaciones más rigurosas y formales construidas por los científicos e investigadores.

Es por esto por lo que, en una de las sesiones asignadas, (como se puede notar en el anexo #2.1) se pretende avanzar en un proceso de socialización y reflexión entre los estudiantes y el maestro,

a partir de la contestación a ciertas preguntas y/o cuestionamientos, con el fin de conocer y aprender los conceptos más relevantes relacionados con el fenómeno en cuestión; estas preguntas son: 1) ¿qué es un proceso de transferencia de calor? 2) ¿en qué consiste específicamente un proceso de transferencia de calor por radiación térmica? y 3) ¿qué caracteriza un proceso de transferencia de calor por radiación térmica?

Finalmente, se piensa también, que un sentido conveniente de los conceptos *calor* y *temperatura* es de gran importancia al momento de querer construir explicaciones alrededor de los hechos relacionados con el fenómeno en cuestión, es por ello, por lo que para esta oportunidad y nivel se desea desarrollar la siguiente significación alrededor de estos conceptos: en cuanto al *calor*, este es entendido como una forma o manifestación de energía que se emite de un cuerpo o sistema, transfiriéndose hacia sus alrededores, y esto debido a una diferencia de temperatura; y en cuanto a la *temperatura*, se hace referencia a una escala o medición que representa los niveles o “cantidades” de calor que hay en un cuerpo o sistema.

4.4. Estructura de la Actividad Experimental propuesta dentro de la UD

Ahora, en este fragmento, se desea presentar la estructura diseñada en relación con la actividad central que fue propuesta para la UD, la cual lleva como nombre *Taller Experimental en Casa* (y que se presenta de manera completa en el anexo #2.1), con esta se desea que la experimentación, ya no en el aula de clases, sino en el hogar de los estudiantes, se convierta en una metodología práctica que aporte a la construcción y reconstrucción de conocimiento, pero que además, incentive a la reflexión y replanteamiento de este; la misma (estructura) tiene tres momentos relevantes que son los siguientes:

Primer momento: en esta parte, se pretende que los estudiantes construyan un montaje experimental con el que podrán acercarse y reconocer hechos, en el contexto de lo cotidiano, los cuales se encuentran relacionados con el fenómeno de Transferencia de Calor por Radiación Térmica; con esto se busca poner a los estudiantes en el campo de la acción y la realización de la ciencia (Séré 2002), considerando lo anterior como aptitudes importantes dentro de cualquier propuesta de aprendizaje científico.

Segundo momento: posteriormente, se les pide a los estudiantes que procedan en el marco de la actividad experimental con el uso de algunos instrumentos de medición (jeringas) para que con estos, precisamente, tomen algunas medidas de una sustancia involucrada en la experiencia (agua líquida), para luego registrar los resultados obtenidos en una tabla de datos, y con esto, adelantar un análisis y reflexión al respecto; aquí se busca que la deliberación de los hechos observados y registrados contribuyan en la interpretación -por parte de los estudiantes- acerca del fenómeno en cuestión, pues al igual que Romero (2017), se considera que la intervención y la técnica en la manipulación de estos instrumentos son acciones propicias para fomentar y ampliar la producción de conocimiento científico.

Tercer momento: para finalizar, se propuso a los estudiantes contestar una serie de preguntas -tanto abiertas como cerradas- que se relacionaban con los hechos posibles evidenciar en la práctica, también, se les invitó a la construcción o al planteamiento de preguntas que hubieran podido surgir en ellos luego del desarrollo de la experiencia previa; con esto se quería reconocer la manera en la que los estudiantes reflexionan al momento de construir explicaciones y/o argumentar sus ideas o pensamientos, ya que de acuerdo con Malagón y García (citados por Romero, 2017), este tipo de construcción de explicaciones en el marco de la experimentación encierran procesos discursivos que reflejan lo que se observa, lo que se nombra por hecho a partir de la observación y lo que se desea representar con ese hecho, mismos que, son aspectos relevantes dentro del aprendizaje de la física y de la ciencia en general.

4.5. Enfoque y Niveles

Pese a que los criterios de evaluación que se tendrán en cuenta se basan principalmente en el uso correcto del lenguaje, es decir, el significado que se le da a los conceptos aprendidos en clase (como por ejemplo: radiación, transferencia de calor, temperatura, calor, térmico, onda electromagnética), y la forma en la que los estudiantes los relacionan para construir explicaciones a los hechos que describen o piensan; se considera pertinente presentar también los enfoque y niveles que se tendrán en cuenta para relacionar precisamente con el uso de conceptos; en el siguiente cuadro se presentan los dos enfoque y dos niveles definidos.

<i>Enfoques</i>	<i>Nivel 1</i>	<i>Nivel 2</i>
Fenomenológico	<ul style="list-style-type: none"> · Fuentes de radiación térmica · Distintas fuentes de radiación térmica a diferente temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> · Mecanismos de transferencia
Experimental	<ul style="list-style-type: none"> · Mediciones · Comparaciones 	<ul style="list-style-type: none"> · Cambios físicos

CAPÍTULO 5: SISTEMATIZACIÓN, ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE LOS DATOS O INFORMACIÓN OBTENIDA A PARTIR DE LA INTERVENCIÓN.

La organización de los datos obtenidos, resultado de la propuesta de intervención que fue implementada en el IPN con los quince estudiantes de grado sexto (6°) -y misma que fue recogida en formatos de video, como se aclara en el anexo #2.1- se pretenden sistematizar con ayuda de un esquema denominado como *Redes Sistémicas*, el cual se puede traducir, a grandes rasgos, como una forma de organizar, categorizar y codificar cierto tipo de datos en particular, con el objetivo de encontrar patrones o tendencias, como por ejemplo: generalidades, similitudes o divergencias, etc.

Aun así, a continuación, se desea presentar una breve introducción a este tipo de esquemas, pasando en un principio por una descripción o significación más detallada de lo que son este tipo de redes, para después, al mismo tiempo en el que se nombran aspectos particulares de estas (redes), desarrollar a manera de ejemplificación los datos o resultados que fueron obtenidos para nuestro caso en específico. -esto último, con intención de agilizar y abreviar el proceso de sistematización-

5.1. Introducción a la Sistematización de la Información

Así entonces, para Teresa S. Gisbert investigadora, restauradora e historiadora boliviana, estas redes “... son un lenguaje particular para clasificar; el cual trabaja con categorías definidas, pero que se elaboran de modo que representen y preserven lo más posible la naturaleza individual de los datos” al mismo tiempo estas redes “ofrecen un sistema de notación uniforme que permite expresar diferentes sistemas de categorización a cualquier nivel de complejidad, y una terminología que facilita la clasificación y comunicación del tema analizado”. (Gisbert, 1992)

Otro aspecto relevante para Gisbert es generar la claridad de que las redes sistémicas no hacen referencia a ninguna teoría de aprendizaje como tal, como por ejemplo de la memoria o la cognición, sino que, más bien, estas se encuentran en el surgir de la lingüística sistémica, en donde “... el sentido del lenguaje tiene que ver esencialmente con elecciones realizadas en un contexto. Esto significa que las palabras y frases no contienen un significado como un vaso

contiene agua; el significado se lo da el ser una elección entre varias posibles en un contexto dado". (Gisbert, 1992)

Aun así, se entiende también que, existen profundas diferencias entre el uso de las redes en el campo de la lingüística y en el de análisis de datos cualitativos, por lo que en este último, (el análisis de datos) que es el de interés aquí, lo que se toma de los lingüistas como tal es "... *una notación e idea central de que los significados se dan por contraste en un contexto determinado*". (Gisbert, 1992)

Lo anterior es de gran importancia, ya que precisamente el ambiente en el que se desarrollaron las respuestas que fueron conseguidas por parte de los estudiantes, se originaron a partir del planteamiento de preguntas estructuradas desde una propuesta de actividad que se enfatizaba en el uso de la actividad experimental, con lo que se quiere decir que, las explicaciones e ideas expresadas por parte de estos (los estudiantes) están relacionadas con los hechos, análisis de datos y reflexiones que lograron evidenciar y adelantar a partir de la experiencia obtenida en la misma experimentación; lo que es, por tanto, ideas y significados que se fundan y/o reconstruyen en un contexto determinado.

De esta manera, para nuestro caso en particular, el uso que se le dará a las redes (que se construirán más adelante) será codificar los datos que se obtuvieron, a partir de las expresiones presentadas en las respuestas de los estudiantes a las preguntas propuestas dentro de la práctica, para con estos (datos) desarrollar una categorización a modo de "lenguaje particular" (o red sistémica) el cual, permitirá identificar -según convenga al analista- determinadas clasificaciones, significados y distinciones en relación con lo que pueden pensar o saber los estudiantes y como estos posiblemente han terminado aprendiendo algo en particular afín al tema que fue abordado.

Por lo tanto, en lo que sigue, comenzaremos con el proceso de estructuración de los esquemas adoptados, con intención de pasar la información y los datos obtenidos en las entrevistas a los esquemas de redes sistémicas; para esto se tendrán en cuenta algunas de las estrategias recomendadas para dar organización a este tipo de procesos, pero, como se mencionó anteriormente, se abreviara exponiendo a modo de ejemplificación algunos de los casos que fueron obtenidos para nuestra intervención en particular.

5.2. Elaboración de Relatos Breves

El primer paso a seguir para la estructuración de estas redes sistémicas es la construcción de determinados *relatos breves*, los cuales se derivan de las repuestas que fueron dadas por los estudiantes, estos relatos breves pretenden reducir la información contenida en las entrevistas a un modo de respuesta más corta pero que mantenga los aspectos relevantes de lo expresado por cada estudiante.

La estrategia consiste en tomar las respuesta expresadas por cada estudiante y estructurarlas haciendo uso de un mismo bosquejo para todas estas; para este caso, el diseño del bosquejo viene dado por: una *condición* (que hace referencia a la pregunta planteada en la entrevista), una *afirmación* (que se relaciona con el aceptar “SI”, negar “NO” o justificar “PORQUE” algún tipo de pregunta) y el *relato* (que se refiere a una situación o hecho que es narrada o descrito). -el siguiente recuadro pretende dar una ilustración del bosquejo planteado.

Bosquejo relato breve #
Condición (#):
Código: · Estudiante: Condición (...) / Afirmación (...) / Relato (...)

Así entonces, los bosquejos que se mostraran a continuación corresponden con los relatos breves que fueron obtenidos de los estudiantes que participaron en la actividad, y hacen relación solo a las dos primeras preguntas planteadas en la entrevista (por ende se presentaran también dos bosquejos diferentes), las bosquejos de las demás preguntas de la entrevista se presentaran en el anexo #3.

- Bosquejo 1

Bosquejo, relato breve 1
Condición (1): <i>¿La cantidad de agua líquida recogida por las tres jeringas y registrada en la Tabla 1 es la misma?</i>
Código: · Estudiante: Condición (1) / Afirmación (NO) / Relato (todas tienen diferente cantidad) · Estudiante: Condición (1) / Afirmación (NO) / Relato (no es la misma cantidad) · Estudiante: Condición (1) / Afirmación (NO) / Relato (son diferentes)

- Estudiante: **Condición** (1) / **Afirmación** (NO) / **Relato** (...)
- Estudiante: **Condición** (1) / **Afirmación** (NO) / **Relato** (es mayor donde hay más calor)
- Estudiante: **Condición** (1) / **Afirmación** (NO) / **Relato** (tienen diferente medida)
- Estudiante: **Condición** (1) / **Afirmación** (NO) / **Relato** (donde estaba el bombillo tenía más agua)
- Estudiante: **Condición** (1) / **Afirmación** (NO) / **Relato** (no se parecen los resultados)
- Estudiante: **Condición** (1) / **Afirmación** (NO) / **Relato** (había más agua en unas que en otras)
- Estudiante: **Condición** (1) / **Afirmación** (NO) / **Relato** (dependía del calor que había en cada contenedor)

- Bosquejo 2

Bosquejo, relato breve 2

Condición (2): *¿Por qué crees que no es la misma cantidad para los tres casos?*

Código:

- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (las medidas indicadas fueron diferentes)
- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (en el calorímetro A el bombillo hace que el hielo se derrita más, y en el B que los trozos de hielo conserven (la forma) el cubo de hielo)
- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el bombillo en el contenedor A hizo que se evaporara el hielo, y en el B el hilo lo mantuvo congelado)
- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (cada contenedor tiene una fuente diferente de temperatura)
- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (en el (contenedor) A la radiación térmica emitida por el bombillo es mayor que las demás)
- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (en el calorímetro A hay mucho calor, y en el B mucho frío)
- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (la cantidad de calor transmitida por cada contenedor es diferente)

- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (en (los calorímetros) B y C están más lejos del bombillo)
- Estudiante: **Condición** (2) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (la variación de temperatura que irradia cada objeto en los contenedores)
- Estudiante: **Condición** (1) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (en el contenedor A el bombillo suelta (emite) un calor más fuerte)

De este modo, según Gisbert, reducir las entrevistas a relatos breves “*permite codificarlas para interpretarlas de mejor manera, ya que no siempre todas las expresiones de los estudiantes son nítidas*” (Gisbert, 1992). Ahora, con el diseño de los bosquejos 1 y 2 más su respectivo código - que recordemos se estructura en función y en beneficio del analista- se procede a realizar otro paso previo a la presentación de las redes sistémicas como tal, y este tiene que ver con el desarrollo de unas *redes de contenido* que nos permitirán hacer un reconocimiento general de los componentes y asuntos más relevantes dentro del contenido de los datos o respuestas.

5.3. De los Relatos Breves a las Redes de Contenido

La función de las redes de contenido es exponer o mostrar el modo en el que se han de abordar los datos, es decir, estructurar un esquema -con ayuda de los relatos breves- que permita adelantar y comprender mejor lo que será un futuro análisis. En lo que sigue, presentaremos de manera breve las recomendaciones que hace Gisbert para alcanzar el proceso de estructuración de las redes de contenido, para posteriormente, a manera de ejemplificación, poner nuevamente los dos primeros datos o respuestas que fueron obtenidos en las preguntas de la entrevista propuesta a los estudiantes (bosquejos 1 y 2). Es importante considerar que las demás redes de contenido, que corresponden con los relatos breves de las respuestas del resto de la entrevista, se presentaran en el anexo # 4.

Así entonces, los relatos breves se pueden considerar desde dos perspectivas o categorías importantes, la primera de ellas se denomina *TIPO* y encierra el asunto del que trata el relato; la segunda se conoce como *FRASES* y se refiere a las unidades o comentarios que componen el relato. Dentro de la categoría *TIPO* se puede encontrar tres grandes tipos de relato, que son: 1)

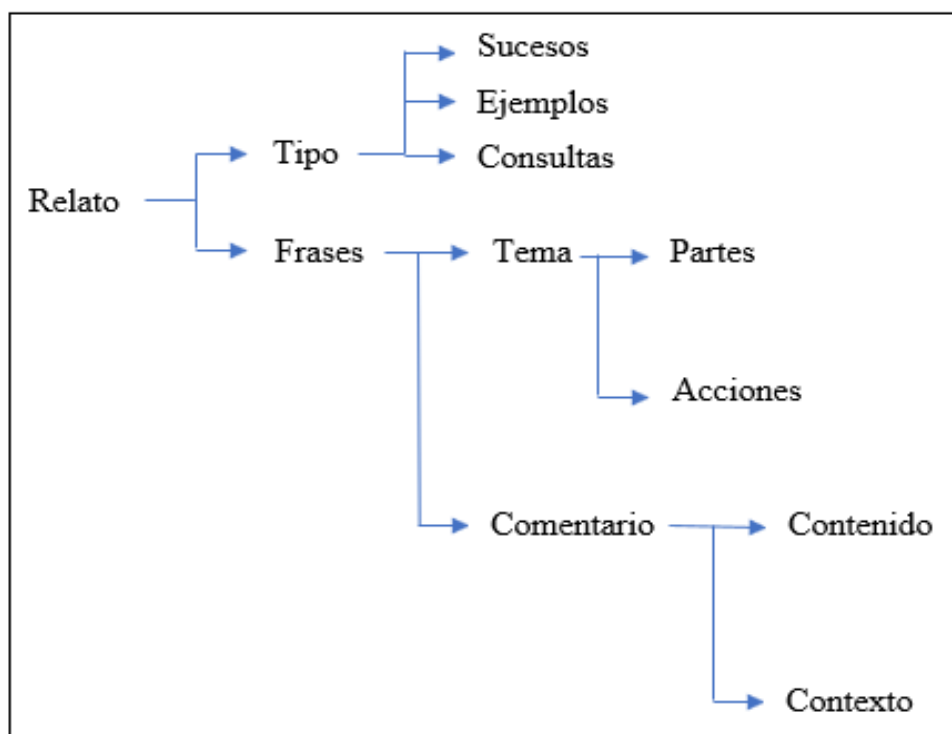
SUCESOS, que corresponde con las situaciones en la que los estudiantes exponen algún hecho evidenciado o registrado. 2) EJEMPLOS, que se relaciona con situaciones aisladas del contexto de las que hace uso el estudiante para fortalecer sus ideas y/o expresiones. 3) CONSULTAS, el cual se relaciona con los cuestionamientos que se hacen los estudiantes para abordar la entrevista. -Es importante reconocer que, debido al diseño de la entrevista, la mayoría de los relatos se mantienen siempre dentro de las dos primeras categorías-

Ahora, cualquiera de los TIPOS de relato señalados arriba “...vienen representados por FRASES, las cuales son cada una de las entradas de los relatos breves que se han indicado previamente”, estas FRASES se pueden “analizar de modo sistemático dirigiéndoles dos preguntas: ¿de qué trata la frase? Y ¿qué dice la frase?” (Gisbert, 1992).

La primera pregunta (¿de qué trata la frase?) nos da el TEMA, el cual muestra una primera categoría de entrada, que por lo general enmarca PARTES y ACCIONES. La segunda pregunta (¿qué dice la frase?) nos da a conocer el COMENTARIO que se realiza sobre los temas anteriores, por lo general se pueden abordar desde las perspectivas de CONTENIDO y CONTEXTO.

Al relacionar las anteriores categorías entre sí, es posible plasmar un tejido previo a la red de contenido el cual pone de manifiesto el modo general en el que se planea abordar los datos, este tejido se denomina como *red estratégica*, y se presenta en la siguiente cuadro. (cuadro #1)

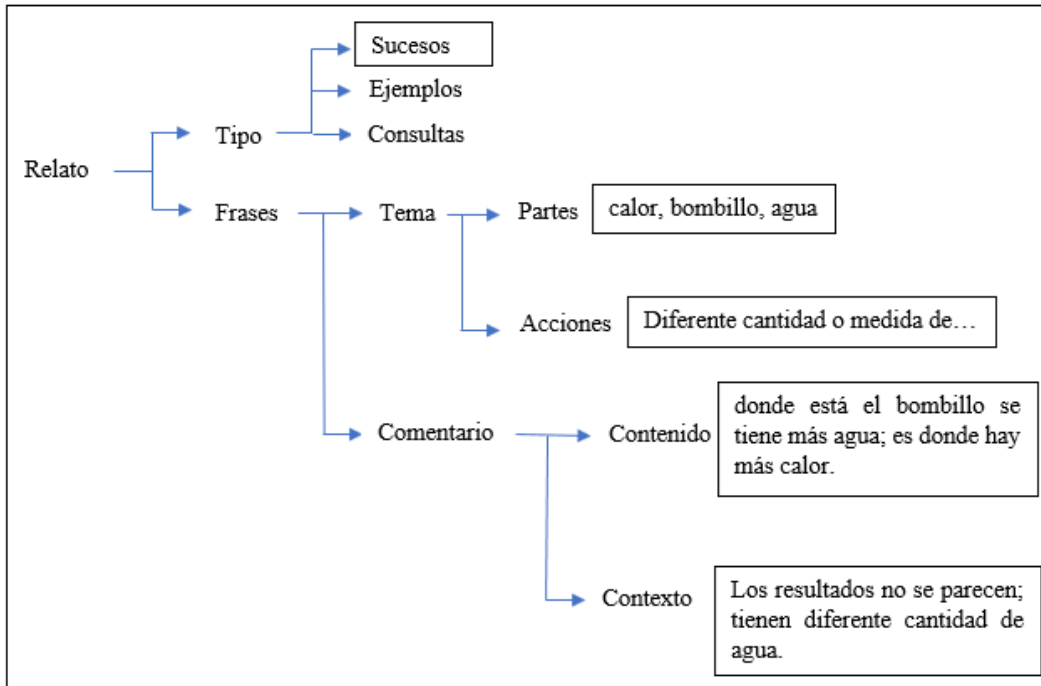
La combinación de esta red estratégica y los relatos breves que se realizaron en los momentos anteriores a partir de las entrevistas, son los que permitirán estructurar y dar paso las denominadas redes de contenido, las cuales, como su nombre lo indica, describirán el contenido de las categorías más relevantes y convenientes para reflejar en la propuesta final de redes sistémicas. Por lo que, como se ha venido mencionando, a continuación presentamos las redes de contenido derivadas los bosquejos 1 y 2. -mismos que pertenecen a las primeras dos preguntas de las entrevistas.



Cuadro # 1 “Red estratégica general”

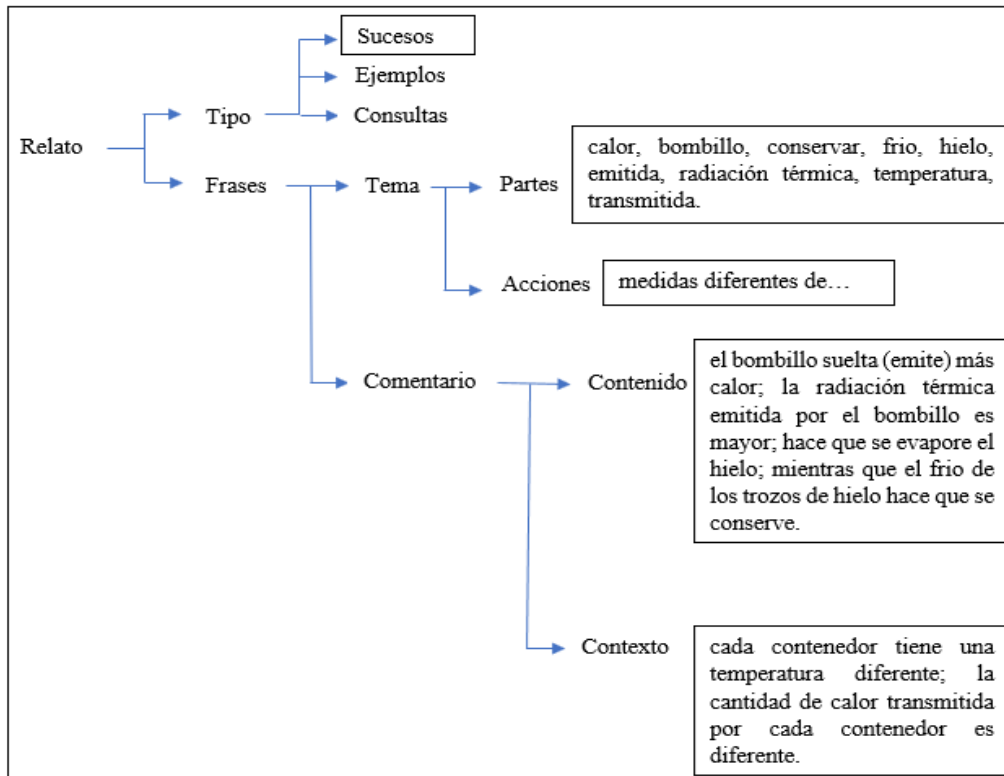
La estructuración de las redes de contenido permiten reconocer dos aspectos bastante importantes, en primer lugar, el de pasar de un panorama individualizado en relación a los datos (o respuestas) -tal cual como se presentaba en los bosquejos relacionados con los relatos breves- a un panorama más general y grupal, en donde es posible identificar similitudes o parecidos entre algunos de los datos obtenidos; mientras que en segundo lugar, precisamente, la generalidad de los datos ayudara a plasmar categorías iniciales y subcategorías más específicas, que servirán para que en las redes sistémicas se filtre la información más relevante -considerada por el analista- y se eviten repeticiones o redundancias y así se logre generar una mayor claridad al respecto.

- Red de contenido - Bosquejo 1



Cuadro #2 “Red de contenido - Bosquejo 1”

- Red de contenido - Bosquejo 9



Cuadro #3 “Red de contenido - Bosquejo 2”

5.4. Presentación de las Redes Sistémicas

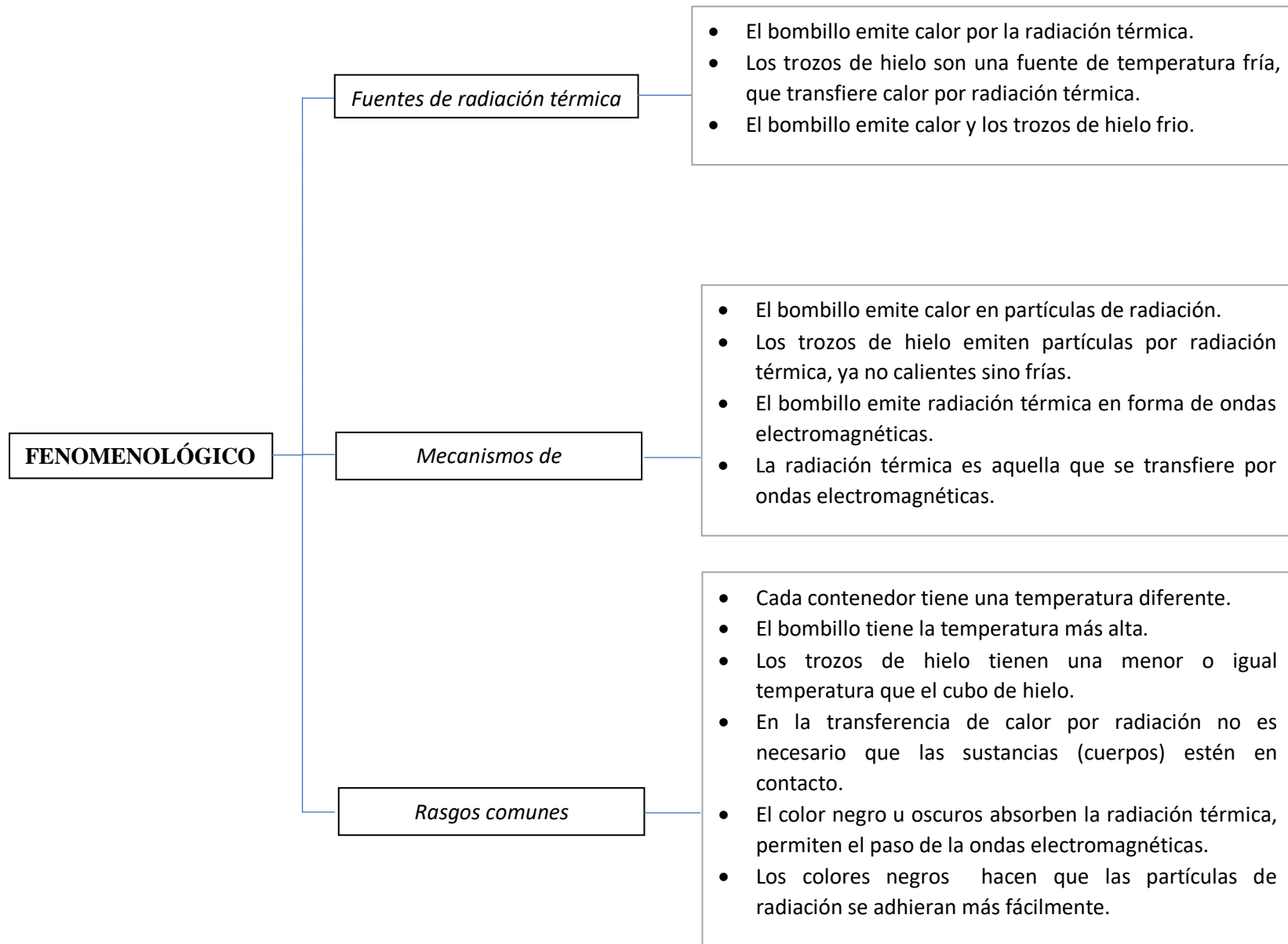
Las redes de contenido pueden dar paso a varias categorías en la organización de los datos (esto según convenga al analista), sin embargo, desde la estructuración y especificaciones de los datos que fueron obtenidos para esta entrevista, se desea plasmar las redes sistémicas a partir de solo dos categorías principales que son: **FENOMENOLÓGICO** y **PRACTICA Y ACTIVIDAD EXPERIMENTAL**. -por tanto también se presentarán únicamente dos estructuraciones de redes sistémicas-

Así entonces, dentro de la categoría inicial **FENOMENOLÓGICO** se desea poner de manifiesto las ideas científicas que los alumnos lograron construir o reconstruir en relación al fenómeno físico en cuestión, lo cual se desea hacer evidente desde el planteamiento de otras tres subcategorías conocidas como: *fuentes de radiación térmica, mecanismos de transferencia y rasgos comunes*.

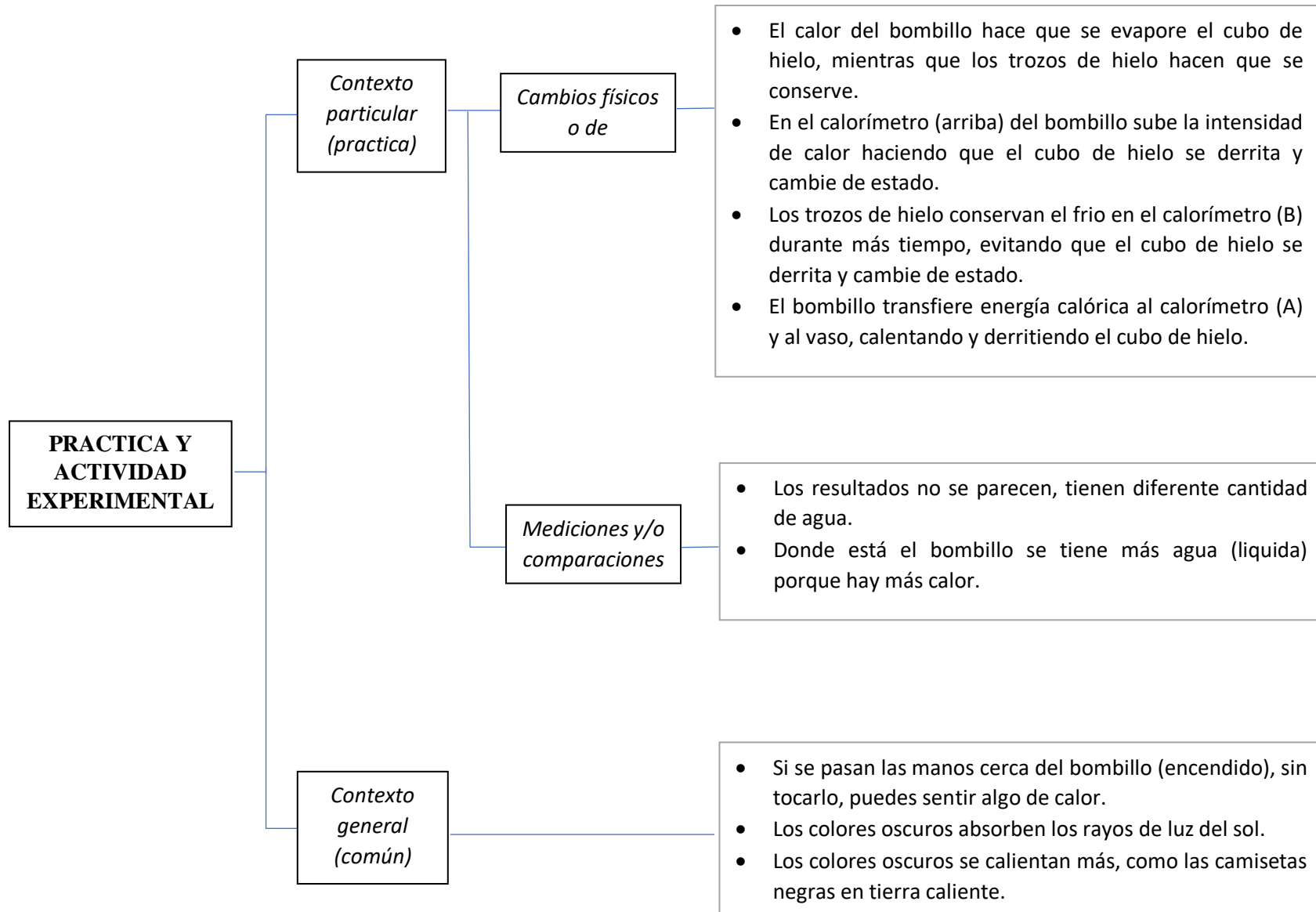
Mientras que en cuanto a la categoría inicial **PRACTICA Y ACTIVIDAD EXPERIMENTAL** se pretende reflejar las explicaciones propias de los estudiantes que se derivan de la misma intervención o práctica experimental y su relación con la propia experiencia del común, por eso se plantea el desarrollo de otras dos subcategorías denominadas como: *contexto particular* y *contexto general*; entendiéndose también que la primera de ellas (*contexto particular*) se divide en otras dos subcategorías que son: *cambios físicos o de apariencia* y *mediciones y comparaciones*.

A continuación, presentamos las dos *Redes Sistémicas* propuestas para este caso:

- Red sistémica # 1 (**FENOMENOLÓGICO**)



- Red sistémica # 1 (**PRACTICA Y ACTIVIDAD EXPERIMENTAL**)



5.5. Análisis de las Redes Sistémicas

Se entiende que pueden llegar a existir una multiplicidad de factores a tener cuenta al momento de enfocar el análisis de una propuesta de intervención, sin embargo -como se ha venido diciendo- para esta oportunidad, y por cómo se llevó a cabo la recogida de información (en material audiovisual, tal cual como se menciona en el anexo #2.1), se expresa que, este análisis se adelantó teniendo en cuenta la estructuración que era posible de apreciar -en los estudiantes- al momento en el que ellos expresan y construyen determinadas explicaciones en relación con ciertos hechos determinados, o también, cuando expresan sus ideas y/u opiniones; es decir, como estos (los estudiantes) terminaron haciendo uso y organización adecuada de determinados conceptos específicos que suelen ser cotidianos y de menester en el manejo de conocimientos afines al fenómeno de transferencia de calor por radiación térmica; lo anterior, precisamente y de manera conveniente se refleja en la estructuración y construcción de categorías y subcategorías que fueron visiblemente señaladas en las anteriores redes sistémicas.

Es por esto, que haciendo uso de estas últimas redes podemos permitirnos llegar a señalar cuáles pueden ser posibles ideas y estrategias que llegan a coexistir, evolucionar, construirse o reconstruirse en los estudiantes a partir de la interacción con ciertos ambientes científicos determinados (como el experimental). Además, se recalca, de nuevo, que en la organización de estos conceptos para la expresión de explicaciones e ideas, se tendrá en cuenta en la mayoría de los momentos que las mismas tienen mucha relación con la organización de interpretaciones que nacen y se desarrollan en los contextos prácticos y experimentales, asimilando entonces -como ya lo dijo Gisbert- que estos son significados construidos en la exposición a contextos determinados.

Entonces, como se puede apreciar en la subcategoría *fuentes de radiación térmica*, varios de los estudiantes reconocen al bombillo como una fuente calor, la cual esencialmente puede emitir calor hacia sus alrededores, es decir, transfiere calor; además reconocen también que existen objetos o sustancias como los trozos de hielo que igualmente pueden emitir calor, solo que a temperaturas más bajas o “frías”. Por otro lado, en la subcategoría *rasgos comunes* es posible especificar de gran manera, como los estudiantes reconocen por analogía que en sí, si no, todos los cuerpos irradian calor y por ende funcionan como fuentes de este (calor), solo que lo hacen en cantidades de calor o de “frío” que dependen de la escala de temperatura.

Lo expresado en el párrafo anterior refleja el reconocimiento de fuentes de radiación térmica y la descripción de una de sus caracterizaciones más relevantes y que fue mencionada por un gran científico del siglo XIX en su momento, y es que “los cuerpos tanto calientes como fríos son susceptibles a irradiar calor, solo que lo hacen en función de su temperatura”. Esto permite acercarnos como analistas a una posible confirmación de que los estudiantes pudieron llegar a alcanzar los niveles propuestos en conexión con la UD, y más específicamente en relación al reconocimiento de las fuentes de radiación.

Por otro lado, en cuanto a la subcategoría de *mecanismos de transferencia* si es posible apreciar una clara división entre dos grupos de estudiantes muy marcados; el primero de ellos reconoce que los cuerpos o sustancias que transfieren el calor por radiación térmica lo hacen por medio de las ondas electromagnéticas, atendiendo con esto a una caracterización muy relevante e importante en los procesos de transferencias de calor de este tipo, y misma que fue tratada (al menos como reconocimiento de una correspondencia de carácter “lógico” para dar cuenta de los mecanismos o formas de transferencia de calor) dentro de las sesiones y discusiones de clase (anexo #2.1). Esto permite reconocer el alcance de otro de los niveles de aprendizaje propuestos.

Sin embargo, existe otro grupo de estudiantes que asegura que el calor emitido por los cuerpos o sustancias se transfiere (el calor) por medio de partículas, algo que pese a no ser fuertemente considerado para los niveles de impartición e interpretación en relación a la caracterización que fue acotada respecto al componente disciplinar, si es muy interesante, ya que permite evidenciar y concluir algo importante de entrada, y es entender que con este tipo de intervenciones experimentales es posible conseguir en estas poblaciones específicas (que son estudiantes entre los 11 y 12 años de edad) la construcción e interpretación de conocimientos científicos más avanzados comparados con un nivel inicial al de la física moderna (newtoniana); ya que perfectamente una discusión más amplia al respecto de si es correcto, o no, afirmar si este calor se transfiere por medio de partículas, puede ser algo que hace parte tópicos relacionaos con enfoques físicos más complejos como los cuánticos o relativistas, y esto en relacion a que si se considera la radiación térmica como un tipo de onda electromagnética -al igual que la luz, solo que en otra longitud de onda- se podría llegar a ideas de anclaje para abordar temáticas como por ejemplo el comportamiento dualidad onda-partícula. -aun así, una extensión y discusión más

profunda para este tipo de conclusiones se dejará para otro momento, al no tratarse de la intención principal de esta propuesta.

Ahora, siguiendo con el análisis posible de desglosar de las redes sistémicas, es posible apreciar de la subcategoría, *mediciones y comparaciones*, que el uso e interpretación de los instrumentos de medición para llevar a cabo precisamente mediciones (de agua líquida) y comparaciones (en la cantidad) aporta en la reflexión que luego permite una posterior organización conceptual más elaborada para adelantar la presentación de explicaciones e ideas.

Esto último se refleja más claramente en la subcategoría *cambios físicos o de apariencia*, donde a partir de las mediciones y comparaciones de datos, los estudiantes concluyen que los cambios o conservaciones en el estado de los cubos de hielo dentro de los calorímetros, para así llegar a la obtención de más o menos cantidad de agua líquida, depende entonces de la cantidad de calor que este puede recibir -por medio del mecanismo de transferencia de calor por radiación térmica- de las diferentes fuentes que se encontraban: el bombillo, los trozos de hielo o la temperatura ambiente. Esto permite reflejar el alcance de otros de los niveles establecidos, específicamente en relación al uso e interpretación de instrumentos de medición, el análisis de datos y la observación y reflexión que se hace sobre estos (instrumentos) para la predicción y descripción de cambios físicos o de apariencia en las sustancias, y la explicación de otros hechos evidenciados.

Finalmente en la subcategoría de *contexto general* es posible dar cuenta también que, los estudiantes continúan relacionando sus expresiones con el contexto del común o de su diario vivir, lo cual se considera de gran importancia, ya que esto refleja que los mismos (estudiantes) hacen uso del conocimiento aprendido, en parte del proceso de práctica experimental, para hacerlo análogo y extrapolarlo a las explicaciones que usan luego como ejemplificación de ciertas situaciones que hacen parte de otros escenario de la naturaleza pero que en esencia se describen bajo los mismos criterios físicos, asíéndolas entonces (las explicaciones) más organizadas, formales y razonables científicamente. Algunas de estas afirmaciones son: *“los colores oscuros absorben más fácilmente la radiación térmica, como los rayos del sol o la del bombillo incandescente”* o *“En la transferencia de calor por radiación las sustancias que intercambian calor, no es necesario que estén en contacto, sino que (estos) absorben calor por las ondas electromagnética”* o también *“En el calorímetro C se derritió un poquito el cubo de hielo, esto por la temperatura exterior (ambiente) que influye”*.

Por lo que, de todo el análisis anterior, se puede expresar la gran capacidad -favorable- que tienen los estudiantes para comunicar de manera ordenada sus ideas, sus reflexiones y procedimientos en relación a la intervención experimental, las variables que se encuentran en la misma experimentación, los análisis de datos, etc; y como todo esto en conjunto, conlleva a desarrollar un proceso de construcción de conocimiento que de hecho guarda mucha relación con las explicaciones científicas formuladas por personajes de renombre dentro del ámbito científico, lo que de hecho recordemos, fue una parte fundamental en la intención de intervención para la idea central de este trabajo de grado.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La construcción de este documento me ha permitido desarrollar un carácter independiente en consideración a los métodos existentes para dar paso a la enseñanza de las ciencias como tal, además, de generar una serie de aprendizajes y experiencias muy valiosas, las cuales me permiten formular las siguientes conclusiones y reflexiones de manera general:

- En cuanto a la pregunta problema, se hace posible afirmar que el uso de la actividad experimental como herramienta potenciadora de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (y en específico alrededor del fenómeno de TCRT) ayudo como una metodología dinámica en “el aula de clase”, la cual a través de la interacción con el mundo real, a partir de la construcción de montajes, la manipulación de instrumentos de medida, el análisis de datos, etc., apporto en la construcción y/o reconstrucción de los conceptos, sus significados e interpretaciones; lo cual se hace evidente en la formulación de explicaciones o ideas que expresan los estudiantes al momento de contestar a ciertos cuestionamientos relacionados con los hechos de la práctica.

También se destaca como la actividad experimental enfrenta a los estudiantes a la toma de decisiones -cuando estos intervienen en el desarrollo de la práctica- lo cual de manera directa o indirecta (son diversos los casos) lleva a que estos (los estudiantes) generen reflexiones y un mayor razonamiento de las teorías físicas que guían la misma experimentación; y con esto, no solo se contribuye al aprendizaje o reorganización conceptual -como ya se mencionó- sino que, además, son aspectos que fortalecen aptitudes como el “hacer” y desarrollar la ciencia, lo cual termina también posicionando a los estudiantes en el campo de la curiosidad y de la investigación científica.

- Sin duda el aspecto más importante a concluir es plasmar la garantía de que el objetivo general del trabajo fue abordado a gran escala y cumpliendo, si no, en su total cabalidad; pues se puede garantizar que en gran medida los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, diseñados bajo estructuras y metodologías de practica experimental producen en los estudiantes la formulación de explicaciones que les posibilita construir y establecer identidades científicas (que se expresan en información, y por ende son entendidas como construcción de conocimiento) que son más refinadas, claras y razonables dentro del ámbito científico.

- Pese a lo anterior, es muy importante mencionar también que, una dificultad de llevar a cabo la implementación de la actividad experimental por medio de una modalidad virtual, es la ausencia del maestro dentro de los escenarios donde el estudiante está experimentando, con esto me refiero en especial a la importancia que tiene la presencia del maestro al momento de realizar estas intervenciones, ya que esta es la persona (el maestro) experta en dirigir los procesos de construcción, intervención e interpretación de equipos y/o instrumentos de medición, para de esta manera garantizar la eficiencia de las prácticas o de los laboratorios; así entonces, pensar en esta relación (estudiante-maestro) a distancia termina en parte no solo limitando sino afectando los procesos de aprendizaje de los estudiantes. -con esto no se quiere decir que nuestra experiencia no haya alcanzado los lineamientos deseados, sino que sin duda, este tipo de detalles hace más compleja la enseñanza y el aprendizaje de las temáticas.
- Se desea reconocer también que el estudio de documentos históricos que nacen de fuentes primarias y/o secundarias, permiten apreciar como la construcción de conocimiento se profundiza en problemáticas, contextos, procesos de práctica e intervención, análisis de datos, etc, que posibilitan en el maestro pensarse y realizar propuestas didácticas que pueden tener acercamientos a estos contextos o problemáticas que fueron propias de los científicos, y con esto poder hacer ver en los estudiantes que el conocimiento es algo que parte o inicia en la construcción de modelos que son creados por nosotros -los humanos- y así se pierda un poco ese temor a conocer y aprender, y eso lo lleva a atreverse a ver que este (el conocimiento) es más bien un producto, que en gran parte, sigue estando sin terminar.
- Por último mencionar también que, desde mi perspectiva, el uso de los esquemas de redes sistémicas para adelantar el análisis de la información obtenida en las entrevistas pueden llegar a ser un método bastante recomendable, pues la claridad que presenta de manera visual correspondiéndole a los datos una organización por medio de categorías y subcategorías generando así distinciones, que permiten posteriormente general conclusiones que en realidad reflejan ciertos resultados determinados más específicos y valiosos en relación a las intervenciones. -esto siempre claro, como bien se mencionó en su momento, en consideración con los resultados que son deseados de obtener por cada analista.

BIBLIOGRAFÍA

- Cowan, N. (1995). *Modelos de la Memoria de Trabajo: una revisión bibliografía comparativa*. [Archivo PDF] Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7299833>
- Hacking, I (1983). *Representar e intervenir: temas introductorios en la filosofía de la ciencia natural*. [Archivo PDF] Recuperado de: <https://cursosupla.files.wordpress.com/2018/09/hacking-i-representar-e-intervenir-1983.pdf>
- García, E. (2011). *Filosofía de las practicas experimentales y enseñanza de las ciencias*. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/pafi/n31/n31a01.pdf>
- Romero, A. et al. (2017). *La experimentación en clase de ciencias: aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas*. [archivo PDF]. Recuperado de: http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7034/1/RomeroAngel_2017_ExperimentacionClaseCiencias.pdf
- Martí, J. (2002). *La investigación – Acción Participativa. Estructura y fases*. [archivo PDF]. Recuperado de: https://www.redcimas.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/m_JMarti_IAPFASES.pdf
- Stewart. B. (1888). *An Elementary Treatise on Heat*. [Versión electrónica]. Manchester. England. Editorial Claredon. Recuperado de: <https://archive.org/details/elementarytreati00stewuoft/page/n6/mode/1up>
- Romero, A. et al. (1996). *Newton, Black y Carnot y la relacion calor-temperatura*. [Versión electrónica]. Bogotá. Colombia. Universidad Pedagógica Nacional. Recuperado de: https://www.academia.edu/8773216/Newton_Black_y_Carnot_y_la_relaci%C3%B3n_calor-temperatura
- Vázquez D. et al. (2000). *Diccionarios Oxford – Ciencias*. [Versión electrónica]. Madrid. España. Editorial Complutense, S. A. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=_5yHvJ61eQC&pg=PA1111&lpg=PA1111&dq=teoria+de+los+intercambios+de+prevost&source=bl&ots=Yb_SOHYu6F&sig=ACfU3U2b7YZWbKJmni6xFyf90MtMbF4ruA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewjxnrKu1I3yAhX5QzABHfw5ChAQ6AEwCXoECB8QAw#v=onepage&q=teoria%20de%20los%20intercambios%20de%20prevost&f=false

- Herschel W. (1800). *Experiments on the Refrangibility on the invisible Rays of the Sun*. [Archivo PDF] Recuperado de:
<https://royalsociety.org/search/?query=herschel&collection=website-meta&clive=>
- Herschel W. (1800). *Experiments on the solar, and on the terrestrial Rays that occasion Heat*. [Archivo PDF] Recuperado de:
<https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstl.1800.0020>
- Violle J. (1981). *Sobre la relación entre la Radiación de calor y la Temperatura*. [Archivo PDF] Recuperado de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00237795/document>
- Allmendinger T. (2018). *La radiación térmica de la atmosfera y su papel en el llamado efecto invernadero*. [Archivo PDF] Recuperado de:
https://www.scirp.org/pdf/ACS_2018042514435908.pdf
- Gisbert T. (1992). *Una metodología cualitativa para el estudio del desarrollo conceptual en el aprendizaje de las ciencias. análisis con redes sistémicas*. [Archivo PDF] Recuperado de:
<https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/82917>
- Sére M. (2002). *La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?* [Archivo PDF] Recuperado de:
<https://core.ac.uk/download/pdf/38990709.pdf>
- Garay F. (2011). *Perspectivas de historia y contexto cultural en la enseñanza de las ciencias. Discusiones para los procesos de enseñanza y aprendizaje*. [Archivo PDF] Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/2510/251019455004.pdf>
- Moreno C. (2017). *Radiación Térmica: construyendo la identidad entre luz y calor*. [Archivo PDF] Recuperado de:
<http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/9925/TE-21690.pdf?sequence=1>
- Giraldo Y. (2014). *La actividad experimental en la clase de física y la construcción social de conocimiento*. [Archivo PDF] Recuperado de:
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/6520/1/GiraldoLiliana_2014_ActividadExperimentalFisica.pdf
- Ferreirós J. & Ordoñez J. (2002). *Hacia una filosofía de la experimentación*. [Archivo PDF] Recuperado de:
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/38442/Hacia%20una%20filosof%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Anexo #1



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE C&T - DTO. DE FÍSICA
COLEGIO INSTITUTO PEDAGÓGICO NACIONAL
CURSO: GRADO SEXTO 6°

CUESTIONARIO DE IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LAS IDEAS PRÓXIMAS AL FENÓMENO DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN TÉRMICA

1. Situación Problema 1

En una noche muy fría de campamento María decide recolectar algunos troncos secos del bosque, con el propósito de encender una fogata y así lograr calentar sus manos. (Imagen 1)



Responde:

- b) ¿Consideras necesario que María tenga que hacer contacto físico, entre las manos y las llamas de fuego de la fogata, para así lograr calentar sus manos? Explica tu respuesta.
- c) ¿Cómo consideras posible que el calor generado por las llamas de fuego de la fogata logre calentar las manos de María sin que exista contacto físico entre estos? Explica tu respuesta.

2. Situación Problema 2



En un día muy muy soleado Anna y su hermano Juan deciden salir a caminar por la ciudad, Anna viste un pantalón claro y una camisa blanca, mientras que su hermano Juan viste una sudadera totalmente oscura y un buso negro. (Imagen 2)

Responder:

En la situación anterior, ¿quién crees que sentirá una sensación mayor de calor o tendrá una mayor temperatura al terminar un largo paseo en la ciudad? Explica tu respuesta.

3. ¿Qué relaciones logras establecer entre calor y temperatura? Explica tu respuesta.

4. Desde tu experiencia diaria, ¿qué entiende por el término de *Radiación Térmica*?



Anexo #2



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
COLEGIO INSTITUTO PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE C&T - DTO. DE FÍSICA**

***PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL FENÓMENO DE
TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN TÉRMICA.***

Elaborada por: José Santiago Torres Velásquez

• **¿A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDA Y CUÁL ES EL PROPÓSITO?**

Esta propuesta de Unidad Didáctica está dirigida a los estudiantes de grado sexto (6to), del Colegio Instituto Pedagógico Nacional; el cual es un grupo o población que tiene un promedio de edad aproximado entre los 11 y 12 años de edad.

La Unidad Didáctica tiene como propósito involucrar a los estudiantes, haciendo uso especial de la actividad experimental, en procesos de construcción de conocimiento científico que están relacionados con el fenómeno de Transferencia de Calor por Radiación Térmica; así, se espera que estos espacios de práctica e intervención, puedan servir como apertura de otros escenarios generadores del debate, el cuestionamiento y especialmente de la reflexión, tales que, logren brindar a los estudiantes una forma diferente y dinámica de conocer y aprender nuevos conceptos, además, de potenciar la forma correcta de usarlos a la hora de generar explicaciones o expresarse en relación a los hechos a fines con la Transferencia de Calor por Radiación.

• **OBJETIVOS DE LA UNIDAD DIDÁCTICA**

Conceptos e ideas fundamentales que se desea sean aprendidos por los estudiantes.

- Reconocer, con ayuda de la experimentación, procesos de Transferencia de Calor y relacionarlos con el concepto de Radiación Térmica.

Que habilidades y destrezas se deberían construir y/o fortalecer en los estudiante

- Explicar por qué cuerpos iguales que son expuestos a diferentes ambientes de temperatura, sufren distintos cambios en su apariencia física; esto haciendo uso de los conceptos básicos de Transferencia de Calor y el de Radiación Térmica.
- Predecir el cambio en la apariencia física de un cuerpo que es expuesto a diferentes intensidades de Radiación Térmica.

- **SESIONES**

Esta Unidad Didáctica se planea implementar en dos sesiones de 45 minutos cada una, que serán organizadas de la siguiente manera:

- En la primera sesión, se desea recordar qué es un proceso de transferencia de calor e introducir el caso específico de la Transferencia de Calor por Radiación Térmica; esto con intención de presentar y construir los conceptos que se ven involucrados en la temática, tales como calor, transferencia de calor, radiación, térmico(a) y temperatura. Para terminar, se propone una actividad en el marco de un Taller Experimental en Casa, con el que se desea que los estudiantes se enfrenten a una situación problema de orden práctico, y que guarda relación con el tema, con intención de que los estudiantes puedan reflexionar alrededor de dichas experiencias, y con ayuda de lo aprendido en clase, logren construir explicaciones razonables y coherentes frente a los hechos que ellos mismos evidencian.
- Posteriormente, en la segunda sesión, se desea hacer una retroalimentación de las experiencias incluidas en el Taller Experimental en Casa, con el propósito no solo de formalizar los conceptos (mismos que se mencionaron en el párrafo anterior), sino también de ponerlos a prueba con el planteamiento de algunas situaciones problema y que están dentro del contexto de la vida cotidiana.

- **SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA CADA SESIÓN**

Sesión I

- **Título:** Conociendo el fenómeno de Transferencia de Calor por Radiación Térmica. (anexo #2.1)
- **Tiempo:** 45 minutos.
- **Lugar:** “Aula de clases” (video llamada) – hogar de los estudiantes.

- **Propósito:** conocer y aprender los conceptos relacionados al fenómeno de Transferencia de Calor por Radiación Térmica; además, de abordar una situación problema relacionada con la temática, y en el marco de la experimentación, con intención de estimular la construcción de explicaciones razonables frente a los hechos que se evidencian.
- **Conceptos previos:** Claridad en la diferenciación entre temperatura y calor.
- **Conceptos construidos:** Radiación, transferencia de calor, temperatura, calor, térmico(a).

Sesión II

- **Título:** Retroalimentación de la actividad Taller Experimental en Casa.
- **Tiempo:** 45 minutos.
- **Lugar:** “aula de clases” (video llamada)
- **Propósito:** abordar las dificultades que aún se mantengan y las posibles interrogantes que puedan presentar los estudiantes en relación con la actividad experimental propuesta, esto con intención de formalizar los conceptos involucrados en la temática de Transferencia de Calor por Radiación Térmica.

● INDICADORES DE RESULTADOS Y EVALUACIÓN.

Este proceso de evaluación no corresponderá a la realización de un examen escrito o de ejercicios matemáticos, sino que consistirá en la elaboración de un video (de máximo 5 minutos), el cual debe contener de manera explícita tanto la forma de abordar como de desarrollar la actividad propuesta en el Taller Experimental en Casa, además, del planteamiento de explicaciones y de las respuestas a las preguntas que allí se proponen.

Por lo que, se tendrá en cuenta el uso correcto del lenguaje, es decir, el significado que se le da a los conceptos aprendidos en clase (Radiación, transferencia de calor, temperatura, calor, térmico), y la forma en la que los relaciona para construir explicaciones a los hechos que describe, además será de mucha importancia la construcción del montaje experimental de la práctica y su presentación en la edición del video. Así entonces, para este proceso de evaluación se tendrá en cuenta la siguiente rubrica, la cual se estructura a partir de la cantidad de elementos que utiliza el estudiante al momento de argumentar o expresar sus ideas.

➤ *Rubrica de evaluación*

CRITERIOS	DESEMPEÑO
No hace uso en ningún momento de los conceptos relacionados con la temática como calor, transferencia de calor, radiación térmica o temperatura. Por lo que, sus conclusiones y descripciones carecen de un lenguaje y fundamento científico.	BAJO (1)
Hace uso de conceptos como calor, transferencia de calor, radiación térmica y temperatura; sin embargo no logra relacionarlos de manera correcta al momento de construir sus explicaciones. Por lo tanto, sus conclusiones solo se fundamentan en afirmaciones.	BÁSICO (2)
Hace uso correcto de conceptos como calor, transferencia de calor, radiación térmica y temperatura; y también los logra relacionar de manera adecuada al construir sus explicaciones. Además sus conclusiones se sustentan en los datos y las evidencias. Sin embargo no genera ninguna refutación al respecto.	MEDIO (3)
Los argumentos y explicaciones que construye reflejan el dominio y el uso correcto al relacionar los conceptos de calor, transferencia de calor, radiación térmica y temperatura. Por lo que, sus conclusiones reflejan el análisis de datos y la reflexión de las evidencias. Además se atreve a construir refutaciones al respecto.	SUPERIOR (4)
Plantea argumentos y explicaciones extensas y completas, las cuales reflejan el dominio y la buena forma de relacionar conceptos como calor, transferencia de calor, radiación térmica y temperatura. Además, sus conclusiones no solo dejan ver el análisis de datos y la reflexión de las evidencias, sino que incluyen también otros soportes científicos. Además, se atreve a construir preguntas y más de una refutación al respecto.	EXCELENTE (5)



Anexo #2.1

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
COLEGIO INSTITUTO PEDAGÓGICO NACIONAL
CURSO: GRADO SEXTO 6°**

***CONOCIENDO EL FENÓMENO DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN
TÉRMICA***

Sesión I

Propósito: conocer y aprender los conceptos relacionados al fenómeno de Transferencia de Calor por Radiación Térmica (calor, transferencia de calor, radiación, térmico(a) y temperatura); además, de abordar una situación problema relacionada con la temática, y en el marco de la experimentación, con intención de estimular la construcción de explicaciones razonables frente a los hechos que se evidencian.

Así entonces, la intención es comenzar la sesión con el abordaje y socialización de la siguiente situación problema; para posteriormente, y en relación a la misma, pasar al abordaje, discusión y respuesta del planteamiento de tres preguntas que enmarcan en gran parte los conceptos involucrados en la temática central:

- *Situación problema*

En un día muy caluroso de verano Juan decide ir de paseo a la playa, pero ha olvidado llevar su hielera, en consecuencia él tiene problemas para lograr mantener sus bebidas frías y refrescantes; por otro lado, este solo cuenta con su parasol para protegerse de los rayos del sol. (Imagen 1)



Responde:

¿Qué harías tú, en la situación de Juan, para mantener las bebidas frías la mayor cantidad de tiempo posibles?

- *Preguntas para abordar, discutir y relacionar con la situación problema*

1. ¿Qué es un proceso de transferencia de calor?

- Es una transferencia (o intercambio) de calor de un cuerpo (A) a otro Cuerpo (B)
- Para que esto ocurra es necesario que SIEMPRE un cuerpo (A) tenga una mayor temperatura que el otro cuerpo (B)

2. ¿Qué es un proceso de Transferencia de Calor por Radiación Térmica?

- Cumple con las condiciones anteriores de Transferencia de Calor
- El caso especial de Radiación Térmica hace referencia (en este contexto) a que dicha transferencia de calor se produce sin la necesidad de que exista contacto entre cuerpos.

3. ¿Qué características tiene la Transferencia de Calor por Radiación Térmica?

- Esta transferencia de calor se manifiesta de una manera que NO es posible de apreciar a simple vista. Pero puede ser rastreada de otras maneras. ¿Cuáles? Por la sensación de calor que logra producir.

- *Actividad – Taller Experimental en Casa*

Justificación: Esta propuesta de actividad experimental tiene como propósito lograr que los estudiantes se involucren en las metodologías prácticas y del “hacer” en las ciencias; pero también, enfrentar a los mismos a una situación problema relacionada con la Transferencia de Calor por Radiación Térmica, dentro de un contexto de la vida diaria, para así pretender que los estudiantes puedan relacionar sus ideas y conocimientos aprendidos en clase, con la construcción de explicaciones razonables que se aproximen a dar cuenta del porqué de los hechos que observan y cuantifican (miden) en el desarrollo de la práctica.

Recomendación importante: el desarrollo de esta actividad se realizará en casa de los estudiantes y además involucrará el uso de la *Energía Eléctrica (corriente)*, por lo que es necesario que los estudiantes cuenten con el acompañamiento y supervisión de un adulto responsable.

Materiales:

- 3 calorímetros. Nota: más adelante se explicará su construcción.
- 3 contenedores base. Nota: más adelante se explicará su construcción.
- 1 lámpara o roseta de bombillo (conectada a la energía eléctrica)

- 1 bombillo INCANDESCENTE (de filamento o amarillo). Nota: es necesario hacer uso específico de este tipo de bombillo ya que este será utilizado como fuente calor.
- 300 ml de agua congelada (hielo). Nota: el hielo debe estar en pedacitos o cubos pequeños, con la intención de que logren entrar en el interior de un contenedor base.
- 3 cubos de hielo exactamente iguales. Nota: mantenerlos en el congelador justo hasta el momento en el que vayan a ser utilizados.
- 3 jeringas (ml)
- Cronometro
- 2 láminas de icopor de 50x25 cm
- 2 láminas de cartón reciclado 50x25 cm
- 3 vasos plasticos
- 1/8 de cartulina negra

➤ *¿Cómo construir el calorímetro?*

El calorímetro consiste en una estructura en forma de caja cubica, con medidas de 10x10x10 cm; el cual está construido con icopor, a excepto de la cara inferior, esta debe ser de cartulina negra; por último, el calorímetro tiene en el centro de su interior, y ajustado en la cara inferior, un vaso plástico. (Además, la cara superior del mismo NO debe estar pegada o ajustada, con la intención de poder tener acceso al interior del calorímetro). *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 2).*

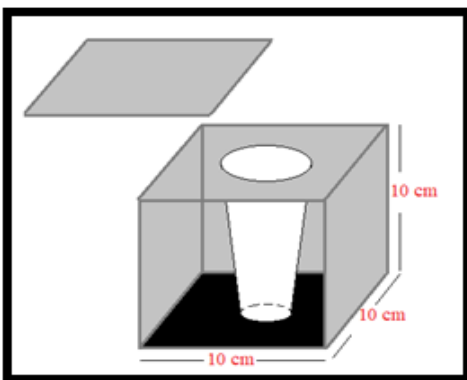


Imagen 2: Calorímetro.

Tomada de: Imagen propia.

➤ *¿Cómo construir el contenedor base?*

El contenedor base consiste en un recipiente en forma de caja cubica, pero sin su cara superior, con medidas de 10x10x10 cm; el cual está construido con cartón reciclado; (Además, como se deben construir tres contenedores, uno de ellos debe tener en su cara inferior un agujero no muy grande, pero si lo suficiente, para introducir justo la roseta donde se colocara el bombillo). *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 3).*

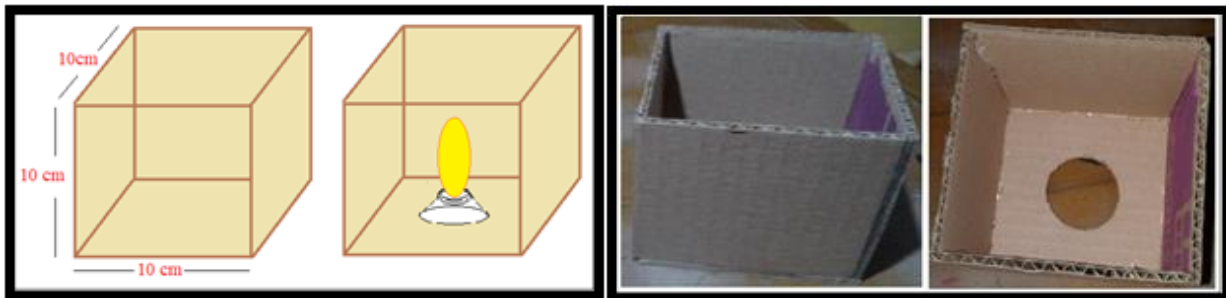


Imagen 3: Contenedor base.

Tomada de: Imagen propia.

Procedimiento experimental:

Paso 1: Ubicar los tres contenedores base sobre una superficie y espacio cómodo, tal que, primero, permita distanciarlos de 5 a 6 cm cada uno, y segundo, se puedan distinguir entre contenedor A, contenedor B y contenedor C. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 4).*



Imagen 4: Contenedores base A, B y C.

Tomada de: Imagen propia.

Paso 2: Ahora ubique con mucho cuidado dentro del contenedor A la roseta de bombillo de una manera que pueda ser fácilmente conectada a la corriente eléctrica; posteriormente ajuste el bombillo incandescente en la roseta, pero aun NO lo encienda. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 5).*



Imagen 5: Contenedor A con bombillo en su interior.
Tomada de: Imagen propia.

Paso 3: Introduzca los 300 ml de pedazos de hielo en una bolsa plástica (para evitar derrames, que se estropee el contenedor o posibles accidentes), y ubíquela dentro del contenedor B, pero sin llenarlo por completo, se pueden dejar 1 o 1,5 cm de espacio. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 6).*



Imagen 6: Contenedor B con los trozos de hielo en su interior.
Tomada de: Imagen propia.

Paso 4: Entonces, asegúrese que la roseta con el bombillo incandescente se encuentre dentro del contenedor A, que los cubos de hielo se encuentren dentro del contenedor B y el contenedor C este completamente vacío. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 7).*



Imagen 7: Contenedor A, B y C.
Tomada de: Imagen propia.

Paso 5: Referencie los tres calorímetros y ubique uno sobre cada uno de los contenedores base A, B y C. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 8).*

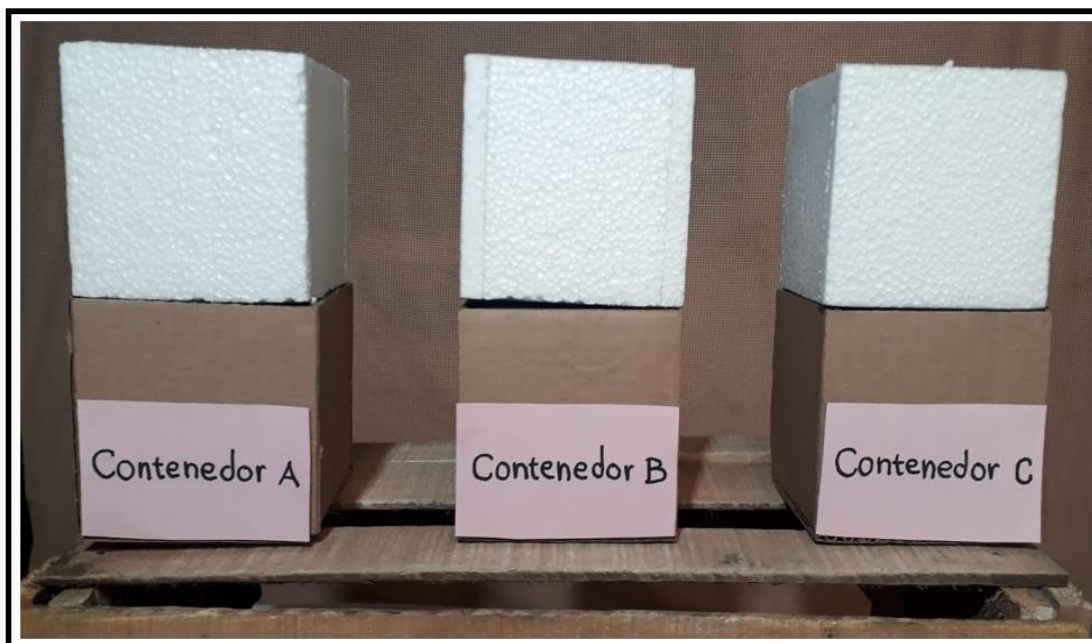


Imagen 8: Contenedor A, B y C con los calorímetros sobre ellos.
Tomada de: Imagen propia.

CONSEJO: se recomienda que al finalizar el paso 6 se siga de manera casi inmediata con el paso 7.

Paso 6: Retire del congelador los tres cubos de hielo de igual tamaño y forma, y deposite uno en cada uno de los vasos plásticos dentro de los calorímetros (A, B y C); de manera seguida y sin perder tiempo, ajuste la tapa superior de los calorímetros asegurándose que queden bien cerrados. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 9).*



Imagen 9: cubitos de hielo de igual tamaño dentro del baso plástico del calorímetro
Tomada de: Imagen propia.

Paso 7: Rápidamente encienda el bombillo en la roseta dentro del contenedor A, y comience a contar 5 minutos con ayuda del cronometro. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 10).*



Imagen 10: Contenedor A, B y C con los calorímetros cerrados.
Tomada de: Imagen propia.

CONSEJO: se recomienda que al finalizar el paso 8 se siga de manera casi inmediata con el paso 9.

Paso 8: Ahora, y una vez transcurridos los 5 minutos, retire todos los calorímetros de cada uno de los contenedores base. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 11).*



Imagen 11: Contenedor A, B y C fuera de los contenedores base
Tomada de: Imagen propia.

Paso 9: Tenga a la mano las tres jeringas, tome la primera e introduzca toda la cantidad de agua en estado líquido que se encuentra dentro del vaso plástico del calorímetro A; después de manera similar, tome la segunda jeringa e introduzca toda la cantidad de agua en estado líquido que se encuentra dentro del vaso plástico del calorímetro B; por último, tome la tercera jeringa e introduzca toda la cantidad de agua en estado líquido que se encuentra dentro del vaso plástico del calorímetro C. *La siguiente imagen ayuda a comprender la descripción anterior (Imagen 11).*

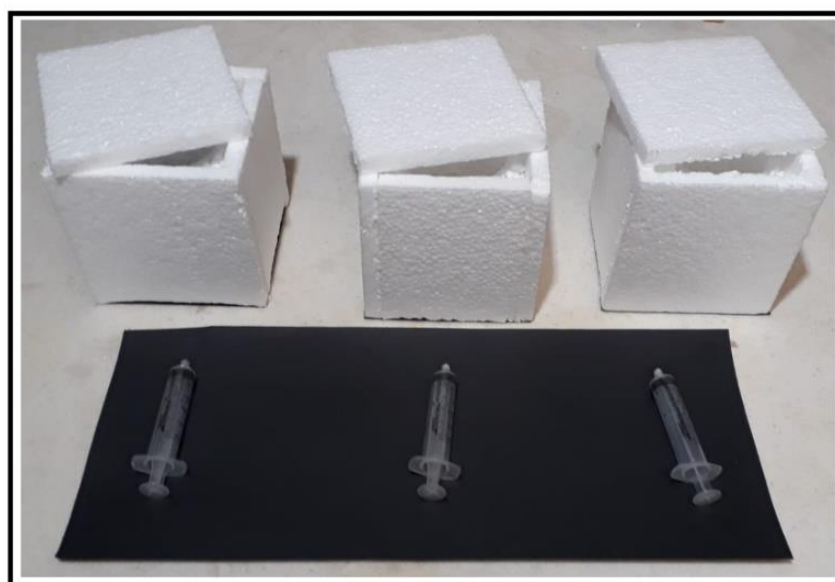


Imagen 10: Contenedor A, B y C con los calorímetros cerrados.
Tomada de: Imagen propia.

Paso 10: Con ayuda de la escala de medida que se encuentra en la superficie de las jeringas, revise la cantidad de agua en mililitros (ml) que fue recogida por cada una de las jeringas; y con cuidado de no confundir las medidas llene la siguiente tabla.

Jeringa	Calorímetro	Cantidad de agua líquida en (ml)
1	A	
2	B	
3	C	

Tabla 1: Registro de datos

Preguntas relacionadas con la actividad experimental:

Responde:

1. ¿la cantidad de agua líquida recogida por las tres jeringas es la misma?
2. ¿Cómo explicas que la cantidad de agua líquida recogida por las jeringas en cada uno de los calorímetros (A, B y C) sea diferente? ¿Por qué crees que no es la misma cantidad para los tres casos?
3. En el caso donde recogiste la mayor cantidad de agua líquida con la jeringa ¿por qué crees que esto sucedió?
4. En el caso donde recogiste la menor cantidad de agua líquida con la jeringa ¿por qué crees que esto sucedió?
5. En el caso del calorímetro A ¿cómo crees que fue posible que el calor del bombillo lograra derretir el cubito de hielo, si el bombillo y el hielo no se encontraban en contacto?
6. En el caso del calorímetro B ¿consideras que los trozos de hielo dentro del contenedor base ayudaron a mantener la forma del cubito de hielo dentro del calorímetro? Explica tu respuesta
7. ¿Por qué crees que la superficie inferior de los calorímetros debe ser de cartulina negra? ¿consideras que el color tiene algo que ver?
8. Haciendo uso de los conceptos relacionados con la Transferencia de Calor por Radiación Térmica, explica el porqué de todos los resultados finales evidenciados en la práctica experimental.

Anexo #3

Bosquejos de los relatos breves de la continuación de la entrevista.

- Bosquejo 3

Bosquejo, relato breve 3
Condición (3): <i>En el caso donde recogiste la mayor cantidad de agua líquida con la jeringa ¿por qué crees que esto sucedió?</i>
Código: <ul style="list-style-type: none">• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (el calor del bombillo hace que el hielo se derrita)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (el bombillo emite calor en partículas de radiación, y ese calor llega hasta el hielo)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (el calor llega al calorímetro)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (donde está el bombillo hay más radiación térmica, haciendo que el cubo de hielo se derrita)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (había una temperatura más alta)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (en el contenedor (A) había más intensidad de calor)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (el calor de bombillo era transmitido por radiación al calorímetro, haciendo que el cubo de hielo cambie de estado)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (en ese contenedor estaba el bombillo)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (el bombillo genera mucha más radiación térmica)• Estudiante: Condición (3) / Afirmación (PORQUE) / Relato (el calor que suelta (emite) el bombillo hace que el hielo se derrita más rápido)

- Bosquejo 4

Bosquejo, relato breve 4
Condición (4): <i>En el caso donde recogiste la menor cantidad de agua líquida con la jeringa ¿por qué crees que esto sucedió?</i>
Código: <ul style="list-style-type: none">• Estudiante: Condición (4) / Afirmación (PORQUE) / Relato (el cubo de hielo no tuvo suficiente

calor para derretirse, por los trozos de hielo)

- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (los trozos de hielo expulsan (emiten) partículas de frío, que mantienen frío el cubo de hielo)
- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el contenedor se congeló, y conservo el estado del cubo de hielo)
- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (no tenía ninguna fuente de temperatura caliente)
- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (con el hielo (trozos) se tenía una menor o igual temperatura que el cubo de hielo)
- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (los hielos (trozos) mantienen frío más tiempo)
- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el tener hielo (trozos) no hay transferencia de calor al calorímetro (ya que) están en equilibrio, el cubo de hielo no cambia de estado)
- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el contenedor tenía trozos de hielo)
- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (los trozos de hielo emiten radiación térmica fría, evitando que el cubo de hielo se derrita)
- Estudiante: **Condición** (4) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (los trozos de hielo hacen que el ambiente se conserve frío, y lo derrita (el cubo de hielo) más lento)

- Bosquejo 5

Bosquejo, relato breve 5

Condición (5): *¿Cómo crees que fue posible que el calor del bombillo lograra derretir el cubito de hielo, si el bombillo y el hielo no se encontraban en contacto?*

Código:

- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el bombillo tenía suficiente fuerza para derretirlo)
- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el bombillo emite partículas de calor calentando el vaso (calorímetro), derritiendo el cubo de hielo)
- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el calor que emite el bombillo calentó el hielo)
- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el bombillo emite radiación térmica en forma de ondas electromagnéticas, y estas derritieron el cubo de hielo)

- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (se calentó por las ondas electromagnéticas que generaba el bombillo)
- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el calor traspasa la cartulina, y calentó el icopor (del calorímetro)).
- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el calor del bombillo transfiere radiación, y la energía calórica viaja en forma de ondas electromagnéticas)
- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (por la radiación del bombillo, si pasas la mano cerca, sin tocarlo, puedes sentir algo de calor)
- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (la transmisión de calor por radiación térmica transfiere cierta cantidad de calor, por las ondas electromagnéticas)
- Estudiante: **Condición** (5) / **Afirmación** (PORQUE) / **Relato** (el calor que irradia el bombillo hace caluroso el ambiente del contenedor, calentando el vaso donde está el hielo)

- Bosquejo 6

Bosquejo, relato breve 6

Condición (6): *¿Consideras que los trozos de hielo dentro del contenedor base ayudaron a mantener la forma del cubito de hielo dentro del calorímetro?*

Código:

- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (SI) / **Relato** (los trozos de hielo emiten frío, y eso evito que se derritiera el cubo de hielo)
- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (SI) / **Relato** (el hielo en el contenedor expulsa (emite) frío, haciendo que no se derrita el cubo de hielo)
- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (SI) / **Relato** (...)
- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (SI) / **Relato** (el contenedor tenía una fuente de temperatura fría)
- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (SI) / **Relato** (la temperatura del trozo de hielo era menor o igual a la del cubo de hielo, preservándolo)
- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (NO) / **Relato** (no la mantuvo del todo, traspasa un poco)
- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (SI) / **Relato** (los trozos de hielo permitieron que el calorímetro mantuviera su temperatura, y el cubo de hielo no cambiara de estado)
- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (SI) / **Relato** (influye en el resultado)
- Estudiante: **Condición** (6) / **Afirmación** (SI) / **Relato** (es por la transferencia de calor por radiación térmica, solo que en este caso el hielo trasmite radiación térmica fría)

- Estudiante: **Condición (6) / Afirmación (SI) / Relato** (los trozos de hielo hacen que el calorímetro conserve un poco el frío)

- Bosquejo 7

Bosquejo, relato breve 7

Condición (7): *¿Por qué crees que la superficie inferior de los calorímetros debe ser de cartulina negra? ¿consideras que el color tiene algo que ver?*

Código:

- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (para que transmita el calor o el frío, los colores tienen que ver con la radiación térmica)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (el color negro hace que las partículas de calor o frío se adhieran más fácil a la cartulina)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (el color negro absorbe la luz y el calor)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (el color negro u oscuros absorben mejor la radiación térmica)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (el color oscuro absorbe mejor la radiación)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (es para que el calor traspase la cartulina)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (los colores oscuros absorben más la luz, permitiendo el paso de las ondas electromagnéticas del bombillo)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (ese color absorbe la luz solar y la temperatura)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (los colores oscuros aborden más fácilmente la radiación térmica, como los rayos del sol o el bombillo)
- Estudiante: **Condición (7) / Afirmación (SI) / Relato** (la cartulina se calienta como las camisetas negras en tierra caliente)

- Bosquejo 8

Bosquejo, relato breve 8

Condición (8): *Haciendo uso de los conceptos relacionados con la Transferencia de Calor por Radiación Térmica, explica el porqué de todos los resultados finales evidenciados en la práctica experimental.*

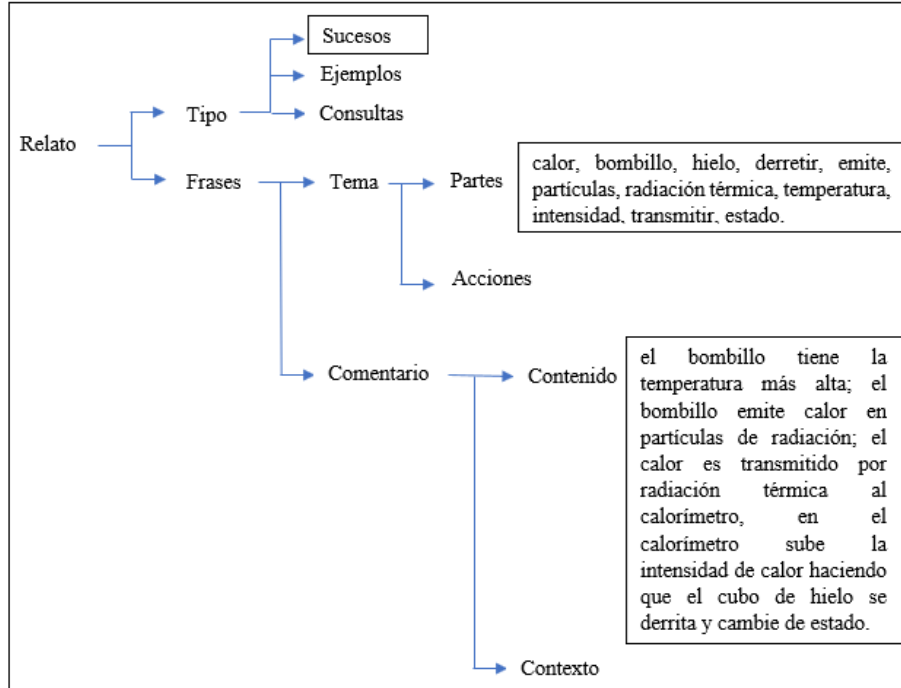
Código:

- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (la radiación térmica es aquella que se transfiere de los cuerpos calientes por medio de ondas electromagnéticas)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (en el contenedor A el bombillo irradia partículas de calor, en el B los trozos de hielo están a la misma temperatura que el cubo, y en el C la temperatura del exterior (ambiente) calentó un poquito)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (en el contenedor A el calor que irradia el bombillo derritió el cubo de hielo, en el B el frío que irradia el trozo de hielo está a la misma temperatura que el cubo)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (la radiación térmica emitida por el bombillo permitió transferir el calor al cubo de hielo por las ondas electromagnéticas, haciendo que subiera la temperatura y se derritiera)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (el bombillo es el que más calor irradia por su alta temperatura)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (...)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (en la transferencia de calor por radiación no es necesario que estén en contacto las sustancias que intercambian calor, sino que estas (sustancias) absorben las ondas electromagnéticas, el bombillo irradia calor y el hielo frío)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (...)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (...)
- Estudiante: **Condición** (8) / **Afirmación** (-) / **Relato** (...)

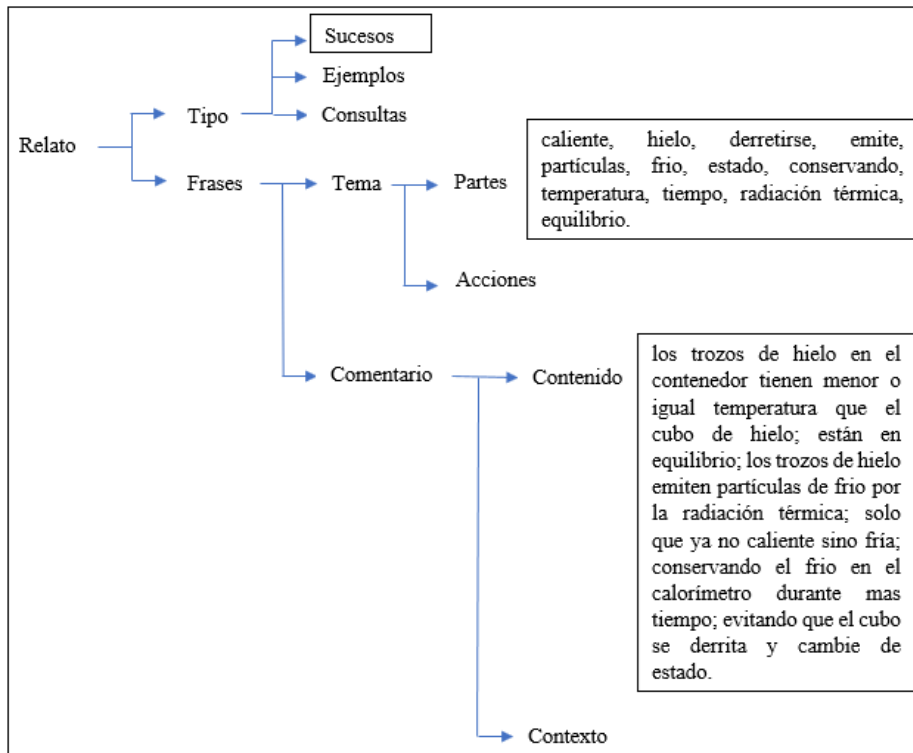
Anexo #4

Redes de contenido de la continuación de la entrevista.

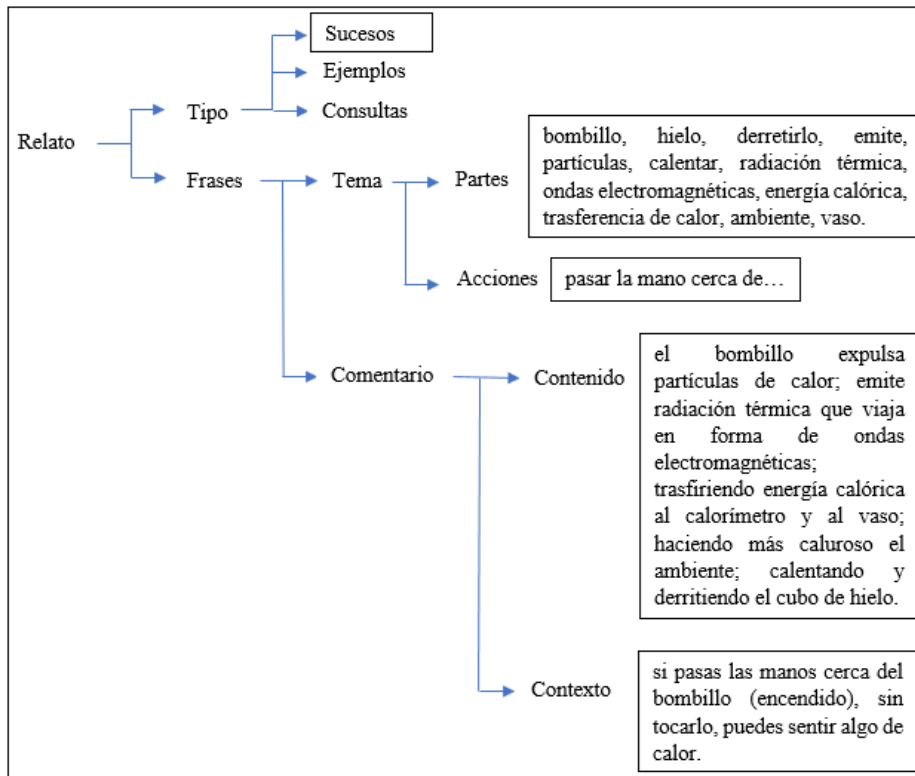
- Red de contenido - Bosquejo 3



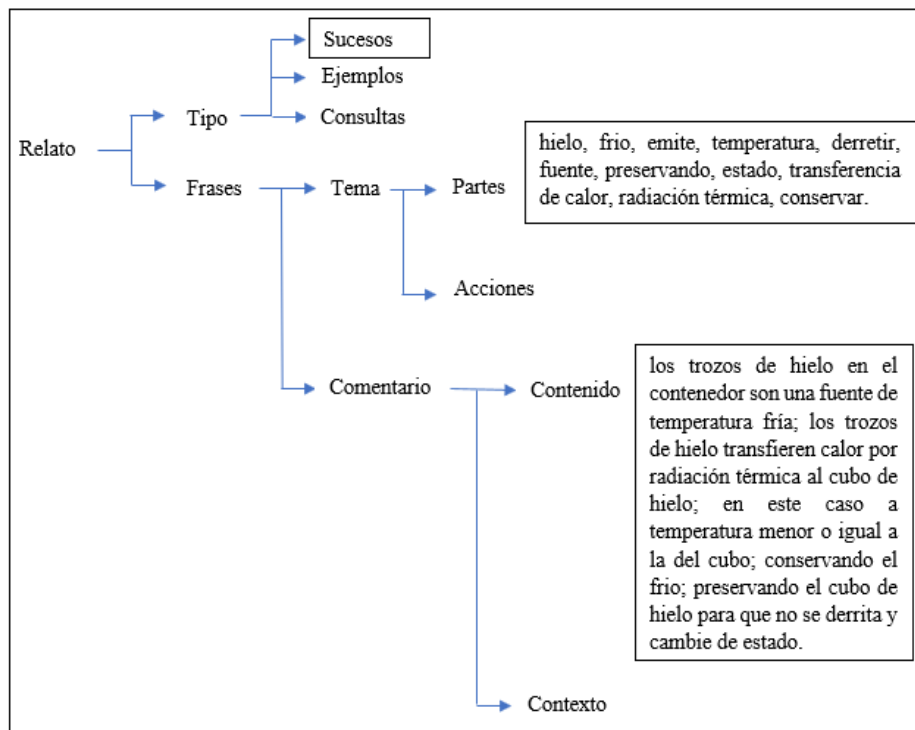
- Red de contenido - Bosquejo 4



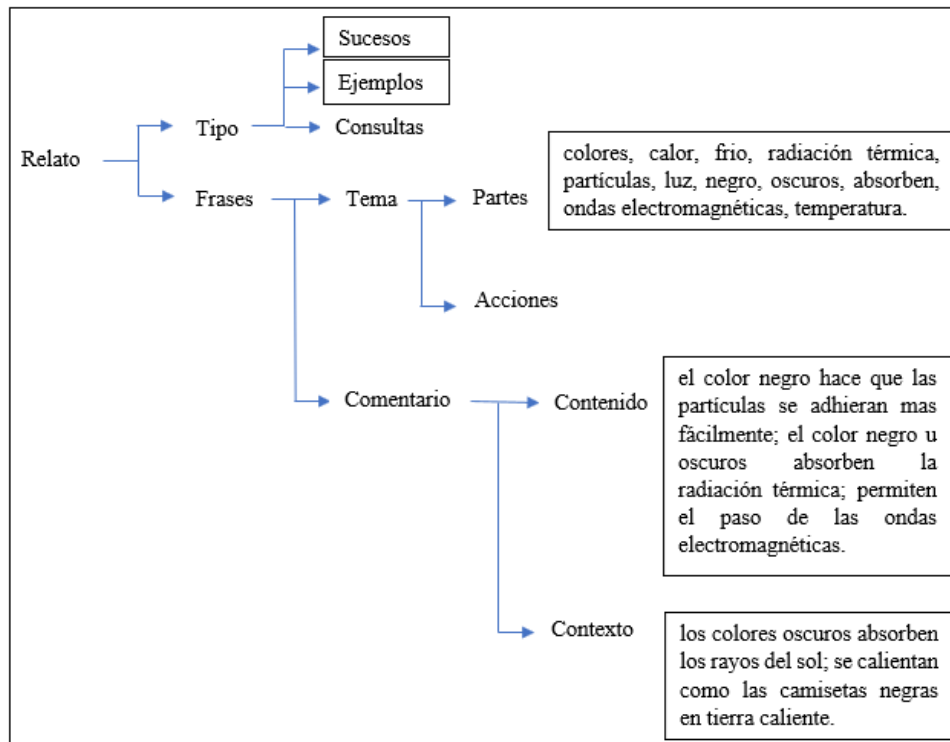
- Red de contenido - Bosquejo 5



- Red de contenido - Bosquejo 6



- Red de contenido - Bosquejo 7



- Red de contenido - Bosquejo 8

