



## José Luis Camargo Pérez

Lic. Matemáticas y Física.  
Universidad del Atlántico

MSc. Ciencias Físicas.  
Uniatlántico.

Esp. Física general.  
Uniatlántico.

Esp. Estadística Aplicada.  
Uniatlántico.

Esp. Informática y  
Telemática. F.U. Areandina.



# Tocando la luz. La física desde otra visión

“La discapacidad no puede ser una desventaja”  
Stephen Hawking

Los conceptos inherentes a la física, por su propio carácter, precisan de una amplia variedad de estrategias y recursos didácticos para lograr un buen grado de motivación e interés en los estudiantes. En los niveles de educación básica o en educación media, cada concepto que se enseña en el campo de la física, para su apropiación significativa, ha de ser susceptible de poder correlacionarlo con la cotidianidad, con el "mundo de la vida" tal como diría el filósofo Edmund Husserl (1936). De acuerdo con Husserl cualquier cosa que se afirme dentro del contexto de una teoría científica (y algo similar puede decirse de cualquier sistema de valores éticos o estéticos), se refiere, directa o indirectamente, al Mundo de la Vida en cuyo centro

está la persona humana (Ministerio de Educación Nacional, 1998). A tenor con este argumento hay que establecer una simbiosis entre el mundo de la vida y el mundo de las teorías científicas, una simbiosis que permita transitar entre el mundo de la conceptualización científica, el mundo de las ideas y la cotidianidad en los contextos en los que se desenvuelven los estudiantes.

En el corpus de materiales propios de la ciencia física, la mayoría de libros y materiales didácticos se elaboran para personas que no tienen discapacidad visual o no son ciegas y esta debilidad se evidencia en grado máximo cuando se trata de experiencias de laboratorio, territorio de gran im-

portancia en las ciencias y del que se ha exiliado a los estudiantes ciegos.

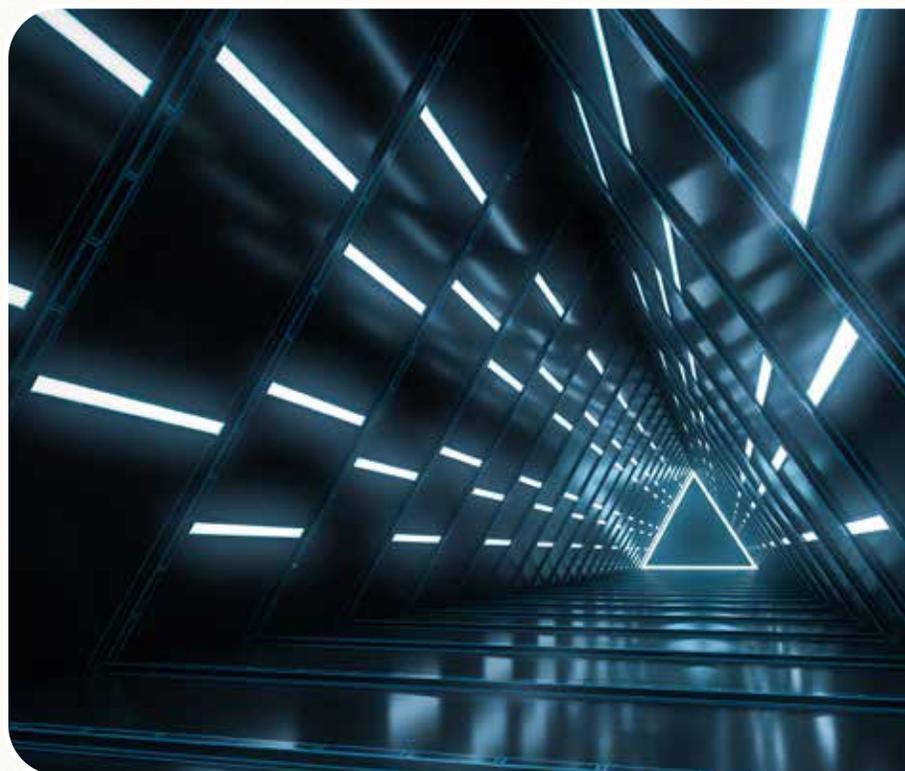
Un claro ejemplo que puede servir como parámetro de referencia para soportar lo afirmado es la temática relacionada con la óptica y los fenómenos asociados con las propiedades de la luz. Los temas mencionados, por su naturaleza, se dirigen a estudiantes que no poseen discapacidad visual. Los estudiantes pueden percibir los fenómenos ópticos como la trayectoria de la luz al incidir en espejos curvos y en espejos planos o estudiar el comportamiento de los rayos de luz al atravesar lentes convergentes o divergentes, así como la comprobación de leyes, como la ley de reflexión y refracción surge entonces un interrogante inevitable: ¿y los estudiantes ciegos cómo se apropiarían de estos temas? En el terreno pedagógico, los materiales didácticos para personas ciegas utilizan el lenguaje Braille, grabaciones sonoras o soportes informáticos (Fernández M., Llopis N., Gil J., García G, 2016). El análisis de este escenario se convierte en el impulso motor para proponer el uso de herramientas innovadoras que fortalezcan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Si el sentido de la vista no puede ser utilizado para estudiar los conceptos propios de la física, es posible emplear el sentido del tacto como medio para la “visualización”; de esta forma, el hecho que una persona sea ciega, que se catalogaría como debilidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje, con la “visualización táctil” se convertiría en una fortaleza para el estudio de los conceptos en el escenario de las ciencias físicas. Bajo este marco, el objetivo se focaliza en generar las condiciones para que los estudiantes ciegos puedan estudiar los conceptos de física utilizando lo que llamaríamos visualización táctil, este es el núcleo del proyecto titulado **Tocando la Luz. La física desde otra visión.**

## Contexto del Proyecto

Sin duda alguna, en materia de inclusión educativa, el país ha dado avances, sin embargo aún queda mucho camino por recorrer. De acuerdo con datos suministrados por la fundación Saldarriaga Concha, 90% de niños y niñas con discapacidad no asiste a una institución educativa regular, de igual manera, sólo 190.000 personas están matriculadas en el sistema educativo, lo que representa el 1,3% del total de estudiantes del país y un 27% no estudia por causa de su discapacidad. Según datos del Programa Pacto de Productividad, tan sólo el

15.5% de la población con discapacidad tiene un trabajo y entre estos, sólo el 2.5% gana más de un salario mínimo. Este escenario presenta al panorama de las personas discapacitadas en el país.

A partir de los datos precedentes, el contexto es propicio para generar propuestas que beneficien a los estudiantes con necesidades educativas especiales (NEE). Al indagar sobre la gama de recursos que se pueden utilizar para alcanzar logros significativos en el proceso enseñanza y aprendizaje para



estudiantes ciegos en el campo de la física la mayor parte de los recursos que posibilitan el estudio de diversos temas se focalizan en libros impresos, en la metodología de lectura Braille y diversos materiales para trabajar en el campo de las matemáticas, sin embargo no se abren espacios para que los estudiantes ciegos sean protagónicos en el ámbito de las ciencias, esto puede explicar el hecho de no se encuentran manuales de laboratorio de física para las personas con discapacidad visual. Con la finalidad de superar estas barreras surge el proyecto **Tocando la Luz. La física desde otra visión**, éste se lleva a cabo en la Institución Educativa Técnica Francisco de Paula Santander, ubicada en el municipio de Galapa, Departamento del Atlántico.

Una institución educativa de carácter oficial que ofrece educación básica y media en jornada matinal y vespertina. La institución tiene un número aproximado de tres mil estudiantes en su mayor porcentaje provenientes del municipio de Galapa, en la institución también asisten estudiantes provenientes de la ciudad de Barranquilla.

La institución ha procurado abrir las puertas a estudiantes con diversas discapacidades (en la institución se prefiere el término cualidades diferentes), en tal sentido se ha trabajado en espacios de motivación por parte del departamento de orientación escolar para lograr que los docentes comprendan la trascendencia de la inclusión como factor clave en la educación integral y ante todo para superar las barreras que suelen limitar la asunción de este reto educativo, por ejemplo barreras de carácter pedagógico que emergen ante la ausencia de recursos didácticos para el desarrollo de competencias cognitivas en este grupo de estudiantes con necesidades educativas especiales.

Ante los diferentes tipos de cualidades diferentes se han de asumir retos diferentes y se han de generar acciones pedagógicas pertinentes con sólidas bases didácticas. Tanto los retos como las acciones deben converger en el crecimiento académico y personal de los estudiantes con necesidades educativas especiales. Bajo el marco de esta premisa, en cada disciplina académica se utilizarán los recursos que por su carácter posibiliten el crecimiento integral de los estudiantes. En algunas disciplinas, por su propia naturaleza se facilita la utilización de recursos, por ejemplo en el área de humanidades las grabaciones sonoras pueden contribuir positivamente a la transmisión de información para estudiantes ciegos, así como el sistema de lectura Braille. El lenguaje de señas también es una poderosa herramienta para trabajar en el aula con estudiantes sordos. Cuando se trata de disciplinas como la ciencias físicas, en la que los conceptos han complementarse con muchas ayudas visuales, dependiendo de los recursos institucionales, la tarea de consolidar los fundamentos conceptuales y afianzarlos con prácticas de laboratorio, maximiza el reto pedagógico.

Al tener estudiantes ciegos en la clase se asume un serio compromiso para que se forje una inclusión real y no tener simplemente a una persona escuchando pasivamente mientras la temática se dirige al resto de estudiantes. El reconocimiento de esta

realidad sirve como telón de fondo para proyectar tres preguntas fundamentales:

- \* ¿Qué tipo de estrategias pedagógicas se pueden emplear para que los estudiantes ciegos puedan apropiarse significativamente de las temáticas en ciencias físicas?
- \* ¿Qué tipo de recursos didácticos se deben utilizar para que los estudiantes ciegos puedan apropiarse significativamente de las temáticas en ciencias físicas?
- \* ¿Cómo generar las condiciones en el ámbito de la inclusión para que los estudiantes ciegos puedan ser protagónicos en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula de clase?

En el abordaje de los interrogantes subyace una seria reflexión en torno a la asunción de los retos que se presentan en la enseñanza de las ciencias físicas para personas ciegas. El proyecto de aula **Tocando la Luz. La física desde otra visión**, busca dar respuesta a estos tres interrogantes.

Para desarrollar la experiencia, primero se parte de las necesidades intrínsecas del estudiante, en otras palabras ¿Cuáles son sus expectativas en la clase? ¿Cuáles son sus motivaciones para aprender? En esta fase se genera un punto de inflexión interesante pues el estudiante debe explicitar sus debilidades y fortalezas sin que por ello se sienta inclinado a sentirse inferior o no idóneo para el proceso de aprendizaje. La segunda fase del proyecto se centró en concienciar a la comunidad educativa sobre la trascendental importancia de no excluir a un estudiante en función de su necesidad educativa especial y en contraste otorgarle su rol como alguien muy valioso del cual se puede aprender y con el cual se puede aprender, de manera que armónicamente logre llegar a ser parte importante en el aula, trabajando desde sus diferencias y creciendo integralmente en el colectivo de la clase. En esta fase los padres de familia desempeñan un papel crucial evidenciado en el apoyo al proceso destinado a potenciar las competencias cognitivas y socioafectivas de su hijo y percibirlo ante la comunidad educativa y en su hogar como una persona valiosa que puede ser capaz de aprender con los medios adecuados y no como un discapacitado que necesita que otros le resuelvan sus dificultades sin que de él surja el empuje volitivo que lo lleve a perfeccionar sus talentos y a desarrollar sus potencialidades a partir de sus cualidades especiales.



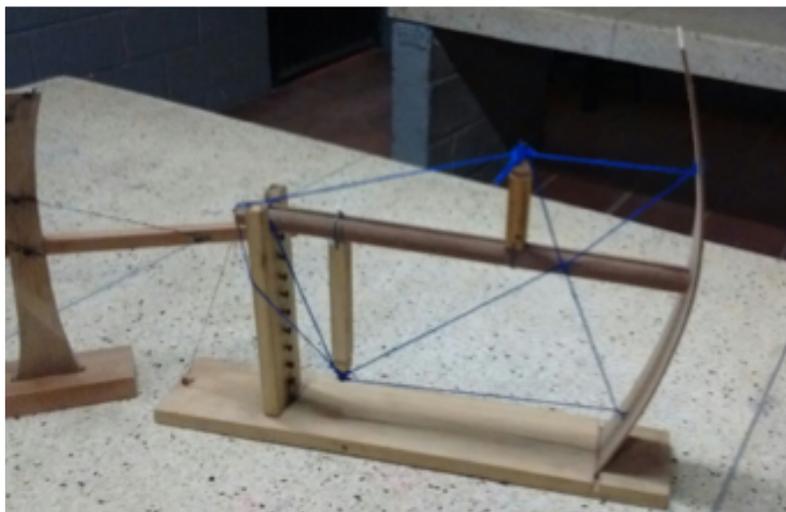
Para asumir el reto de incluir a los estudiantes ciegos como protagonistas en el proceso de enseñanza y aprendizaje se tomó la iniciativa de iniciar con un tema que por sus características resultaría complejo para su apropiación por parte de estudiantes ciegos, este tema correspondería a la óptica física que involucra el estudio de rayos de luz, espejos curvos, espejos planos, lentes y cuerpos transparentes. Si este reto se superaba, se abriría el campo a otros temas que también pondrían a prueba la capacidad creativa de los estudiantes y del docente; pero con un valor agregado, la motivación de la comunidad educativa para seguir adelante ante futuros desafíos.

De nuevo surge una buena pregunta para empezar los temas en el campo de la óptica para estudiantes ciegos ¿qué tipo de recursos se deben utilizar? Bajo este ángulo se abrió un espacio de preguntas a los estudiantes ciegos de manera que explicitaran cómo se sentían en el aula, cómo les gustaría aprender, como les gustaría el estilo de aprendizaje, con qué herramientas. Las ideas surgidas de estas entrevistas llevaron a la creación del concepto de visualización táctil: si no puedes verlo con tus ojos, puedes verlo con tus manos.

Atendiendo a las sugerencias e ideas que se plantearon en el aula, se diseñaron prototipos con los cuales los estudiantes ciegos pudieran estudiar de manera significativa varios conceptos de óptica. Estos prototipos elaborados en la institución utilizando recursos como la madera, hilos y fuentes de luz, posibilitaron a los estudiantes ciegos identificar y diferenciar los espejos curvos, los tipos de lentes convergentes y divergentes y sus variantes. Con la ayuda de los estudiantes ciegos surgió la

idea de recorrer a través de los hilos la trayectoria de los rayos de luz que inciden sobre lentes así como en espejos planos y cóncavos, determinando el tipo de imagen formada en relación con la ubicación del objeto frente al espejo, por ejemplo, si la imagen es invertida o real o si es de mayor tamaño o de menor tamaño que el objeto, ver figura 1.

*Fig. 1. Prototipo para estudiar el comportamiento de rayos que inciden en un espejo cóncavo*



Otro prototipo diseñado e implementado, permite a los estudiantes seguir la trayectoria de los rayos que inciden en un espejo plano, verificando la ley de reflexión a través de la medida de los ángulos de incidencia y reflexión, por medio de un transportador con numeración Braille diseñado para tal propósito. Este prototipo posibilitó a los estudiantes ciegos, explicar ante sus compañeros de clase, la ley de reflexión mediante la utilización de un láser de alta frecuencia gracias al cual se logra visualizar la reflexión de los rayos lumínicos incidiendo

sobre un espejo plano mientras que el estudiante “recorre” con sus dedos el rayo incidente y el rayo reflejado. Para ampliar el campo de experimentación con los fenómenos inherentes a las leyes de reflexión de la luz se utilizó un instrumento para medición de ángulos, un transportador Braille para medir el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión del láser que se proyecta paralelo a los hilos que manipula el estudiante, y comprobar la ley de reflexión. De esta manera se concreta la explicación de los conceptos con un alto nivel de motivación, elevando en gran manera las competencias socioafectivas y cognitivas del estudiante ciego, al ser protagonista del proceso de enseñanza y aprendizaje, ver figura 2 y figura 3.

Fig. 2. Prototipo para estudiar el comportamiento de rayos que inciden en un espejo plano.



Fig. 3. Prototipo para estudiar la Ley de reflexión de la luz



Gracias al uso de los prototipos diseñados para el aprendizaje de la física para estudiantes ciegos, los estudiantes se convirtieron en protagonistas del proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula pudiendo dirigir varias clases exponiendo con mucha propiedad y seguridad los conceptos fundamentales en varios campos de estudio de la física como la óptica y la cinemática. Ver figura 4.

Otro ámbito en el que se excluye a los estudiantes ciegos y que se convierte en un terreno complejo, es el relacionado con la experimentación. Al consultar a varios docentes de física en algunas instituciones educativas, se evidencia esta complejidad que ha terminado por convertirse en un axioma difícil de erradicar. La síntesis de la percepción de los docentes consultados puede explicitarse en la siguiente duda ¿qué puede hacer un estudiante ciego en un laboratorio? La respuesta a este interrogante abre la puerta a otro desafío: lograr que un estudiante ciego pueda llevar a cabo experiencias de laboratorio dirigiendo el proceso de principio a fin: montaje de elementos, explicación conceptual y desarrollo de la experiencia. De nuevo, se acude a los estudiantes para la recopilación de ideas, esto conduce a una gran cantidad de propuestas que se cristalizaron en adaptaciones a elementos como las fuentes de voltaje, las fuentes de luz y el uso de materiales adaptados para facilitar la visualización táctil. Por ejemplo, para verificar el funcionamiento de un regulador de voltaje se incluyó un sistema de vibración al dispositivo y para comprobar el encendido de una fuente de luz se aprovechó el calor emitido por la misma. La disposición de elementos para la práctica de laboratorio se facilitó utilizando reglas con numeración Braille permitiendo a los estudiantes ciegos ubicar a los elementos en las distancias requeridas y en los sitios apropiados dentro del esquema de montaje experimental, ver figura 5.

Al llevar a cabo la experiencia de laboratorio se alcanzó un nivel de motivación elevado en los estudiantes superando barreras de imposibilidad didáctica. La superación de las barreras se hizo extensiva a otras esferas institucionales pudiendo replicar los logros alcanzados en el VIII Congreso Regional de Ciencias Físicas, llevado a cabo en la Universidad del Atlántico, entre el 7 al 9 de noviembre de 2018. Los estudiantes también fueron como invitados especiales a otras instituciones interesadas en conocer los logros obtenidos. Ver figura 6.

A través del proyecto **Tocando la Luz. La física desde otra visión**, se ha podido alcanzar la meta de trabajar los temas de la óptica física con estudiantes ciegos logrando un buen nivel de aprendizaje significativo y un alto grado de recepción y motivación hacia la ciencia y por supuesto generando las condiciones para una inclusión dinámica en el aula. El proyecto abre el espacio a otros retos en los cuales se trabajará a mediano plazo a partir del diseño e implementación de prototipos para el estudio de conceptos en el campo de la dinámica y la hidrodinámica. Uno de los mayores retos es el diseño de prototipos para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos propios del electromagnetismo, los cuales, permitirían un trabajo interdisciplinar en el que pueden involucrarse los docentes de otras áreas como la electricidad y el diseño, modalidades que ofrece la institución. Esta experiencia ha dejado una impronta de satisfacción en los estudiantes y en la comunidad educativa al poder entender y vivenciar, que no hay impedimentos para lograr aprendizajes significativos en el campo de las ciencias naturales, en este caso las ciencias físicas y comprender, por medio de la inclusión, que si no es posible ver un fenómeno físico es factible estudiarlo con la visualización táctil.

### Ruta didáctica de la Experiencia

El paso inicial para dar viabilizar al proyecto de aula **Tocando la Luz. La física desde otra visión**, se dirigió a la búsqueda de literatura relacionada con la enseñanza de las ciencias a personas ciegas. Al indagar sobre los recursos didácticos que se pueden implementar en el proceso enseñanza



Fig. 4. Estudiantes con cualidades especiales explicando conceptos en ciencias físicas.



Fig. 5. Preparando una experiencia de laboratorio de óptica



Fig. 6. Elián, replicando la experiencia de laboratorio de óptica en el International Berkeley School, Barranquilla.

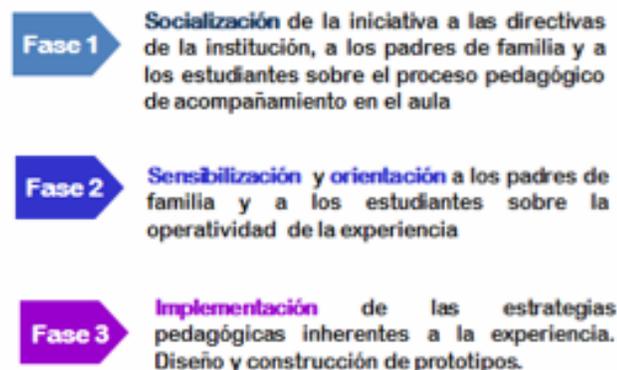
y aprendizaje para estudiantes ciegos en el campo de la física se detecta una gran escasez. Con el uso creciente de recursos tecnológicos la tendencia actual en educación científica se inclina nuevamente por herramientas visuales, que por su naturaleza son inaccesibles para esta población (Reynaga, et al., 2014), por ejemplo, no se encuentran manuales de laboratorio de física para personas con discapacidad visual. Generalmente los laboratorios tiflológicos se basan en soportes informáticos con avanzadas tecnologías y programas informáticos dirigidos a personas con discapacidades visuales. El programa Jaws se incluye en el espectro de herramientas que contribuyen al proceso de aprendizaje por parte de las personas ciegas. Sin embargo, es posible afirmar que se ofrecen pocos recursos y herramientas en el terreno de la experimentación científica para las personas ciegas. A partir de lo expuesto se dan las condiciones para generar un proyecto que permita potenciar las competencias cognitivas y socioafectivas de los estudiantes en el ámbito de las ciencias físicas y la experimentación. Sobre esta plataforma se edifica el objetivo general del proyecto de aula **Tocando la Luz. La física desde otra visión:**

- \* Propiciar las condiciones para una educación inclusiva en la asignatura de física, que posibilite la participación activa de los estudiantes ciegos en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

**Para concretar este objetivo se activó la siguiente ruta en la institución:**



**El proceso de implementación del proyecto se llevó a cabo en tres fases:**



En el trabajo de diseño y elaboración de los prototipos se contó con la ayuda del profesor del área de metalmecánica quien atendió las instrucciones dadas por los estudiantes ciegos, logrando un buen producto que puede ser replicado con materiales de fácil consecución. Si se cuenta con una impresora 3D se puede elaborar un kit portable que puede ser usado en otras instituciones.

La dinámica para concretar las prácticas de laboratorio se explica en el contexto del proyecto. En este punto es pertinente tener en cuenta que la gama de adecuaciones que se puedan implementar en cada dispositivo depende de la creatividad del docente. Actualmente se trabaja en un manual de laboratorio con instrucciones para que los estudiantes ciegos puedan llevar a cabo las experiencias en física lo que consolidaría en gran manera las competencias cognitivas del estudiante y por ende su autoestima y su percepción personal como una persona con capacidades y cualidades diferentes y de gran valía.

## Logros Obtenidos

Crear que algo es posible y trabajar para lograrlo produce grandes satisfacciones. Los primeros en conocer el objetivo principal del proyecto Tocando la Luz. La física desde otra visión, fueron los estudiantes que de manera directa tendrían la responsabilidad de concretarlo: dos estudiantes ciegos de la Institución Educativa Técnica Francisco de Paula Santander, ubicada en el municipio de Galapa, Departamento del Atlántico.

Al conversar con los estudiantes, lo primero que se percibió fue una barrera de incredulidad. Entender



que algo es valioso y dudar de su concreción puede ser un gran obstáculo. Poco a poco, leyendo con ellos sobre experiencias de superación personal y escuchando los videos de TED sobre los grandes logros alcanzados por personas con discapacidad, sus sonrisas de incredulidad pronto se tornaron en sonrisas de esperanza al dar las primeras ideas sobre cómo deseaban que fuese la clase de física. La mayor sonrisa se reflejó en el proceso de diseño de los prototipos sugeridos a partir de sus ideas. La incredulidad surgió de nuevo cuando se planteó el reto de que ellos dirigirían varias clases de física y sus respectivos laboratorios; pero una vez tuvieron en sus manos los prototipos para llevar a cabo la clase y los experimentos, la percepción de poder alcanzar lo que antes resultaba imposible no se convertiría más en un obstáculo.

Involucrar a la comunidad educativa resultó una tarea gratificante pues siempre hay muchas personas dispuestas a apoyar aquello que consideran de gran valor. La motivación de los padres de familia se convirtió en un faro para arrojar poderosa luz sobre las metas trazadas. Las directivas de la institución brindaron el respaldo para incluir en las mallas curriculares más elementos en pro de los estudiantes con necesidades educativas especiales.

Dentro de los logros obtenidos reseñamos los más relevantes:

- \* Se propiciaron las condiciones para que los estudiantes ciegos se convirtieran en protagonistas en un campo complejo como el de las ciencias físicas y la experimentación, logrando una inclusión significativa en la institución dirigida a la potenciación de las competencias socioafectivas.
- \* Se elevó el nivel de motivación y compromiso entre los miembros de la institución en relación con la importancia de trabajar en procesos de inclusión significativa y real en el contexto educativo.
- \* Se concretó el sentido de identidad, valoración y compromiso institucional en los padres de familia de los estudiantes involucrados en la experiencia.
- \* Se obtuvo reconocimiento en el diario El Heraldo sobre los logros alcanzados en el campo de la inclusión por medio del proyecto Tocando la Luz. <https://www.elheraldo.co/barranquilla/en-video-cuatro-ejemplos-exitosos-de-educacion-inclusiva-561950>
- \* La experiencia Tocando la Luz, en el año 2018 fue seleccionada por la Fundación Saldarriaga Concha en convenio con el Ministerio de Edu-



cación Nacional como una experiencia significativa en el campo de la inclusión en Colombia.

La frase de Hawking en torno a la discapacidad siempre fue un claro referente motivacional. Lograr que los estudiantes ciegos fuesen conscientes de sus capacidades, superar la barrera de la exclusión y convertirlos en agentes activos dentro del aula son factores que se convierten en la fuerza motriz para avanzar hacia la consecución de mayores metas.

### Conclusiones

Los objetivos establecidos en la experiencia se concretaron de manera satisfactoria, logrando que los estudiantes ciegos pudiesen apropiarse significativamente de los conceptos en las ciencias físicas. Al utilizar la visualización táctil se logra un mayor nivel de aprendizaje que sumado a los los prototipos innovadores, elevan en gran manera el grado de competencias cognitivas en los estudiantes, lo cual converge en la solidez de sus competencias socioafectivas. La participación de los estudiantes fluyó desde sus aportes en la didáctica de la clase hasta la generación de ideas para el diseño y construcción de los prototipos. En línea con esta dinámica se abrieron espacios para dar a conocer los logros alcanzados en conferencias ofrecidas por los estudiantes en otras instituciones educativas y en entrevistas concedidas a medios de comunicación locales. De igual manera se dieron las condiciones para la participación del docente responsable del proyecto Tocando la Luz. La física desde otra visión, como ponente, en varios eventos académicos.

Actualmente se trabaja en otros retos, uno de ellos dirigido a la expansión de la experiencia en otras instituciones y la construcción de otros prototipos para abarcar todas las ramas de la física clásica incluyendo el ámbito experimental. **RM**

### Bibliografía

- \* Fernández M., Llopis N., Gil J., García G. Discapacidad visual y técnicas de estudio. En: ONCE, Madrid; 2016 p. 8-13
- \* Fundación Saldarriaga Concha. (2018). Colombia conoció experiencias exitosas de atención educativa a estudiantes con discapacidad desde un enfoque de educación inclusiva. Recuperado de <https://www.saldarriagaconcha.org/colombia-conocio-experiencias-exitosas-de-atencion-educativa-a-estudiantes-con-discapacidad-desde-un-enfoque-de-educacion-inclusiva/>
- \* Ministerio de Educación Nacional. (1998). Lineamientos curriculares para Ciencias Naturales y Educación ambiental. Colombia, Bogotá D.C: Editorial Magisterio.
- \* Reynaga, C. Hernández, I. Sánchez, E. López, C. Ibarguengoitia, M. Ibáñez, J. (Noviembre de 2014). Experiencias educativas en la enseñanza de las ciencias experimentales a niños y jóvenes con discapacidad visual. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación llevado a cabo en Buenos Aires, Argentina.