El “DMHI” como dispositivo móvil de holografía interactiva para el estudio de la Química

Lilia de Jesús Villalba Almendra, Juan Alfonso Flores Castro,
María Elena Cano , Salvador Fuentes Rivera
Tecnológico de Monterrey Campus Cuernavaca
Preparatoria, Departamento de Ciencias
lilia.villalba@itesm.mx

Resumen

El presente trabajo muestra la construcción y experimentación del dispositivo móvil de holografía interactiva, conocido también como DMHI. El proyecto se dividió en tres fases: la fase de construcción del dispositivo, donde se sortearon la mayor parte de los retos tecnológicos; la fase piloto, en la que se llevó el dispositivo DMHI directamente a clases de primer semestre, con la finalidad de entender su funcionamiento frente al grupo; y la fase de implementación, ocurrida en la asignatura de “Materia y entorno” en 2016.

El objetivo de este proyecto fue analizar el impacto que produce utilizar hologramas interactivos como herramienta didáctica en los estudiantes de la PrepaTec, Campus Cuernavaca. La experimentación se realizó cuantitativamente tratando los datos con pruebas T para dos muestras con varianzas diferentes, y cualitativamente mediante la aplicación de un cuestionario en “Google Forms”.

En la fase de construcción del dispositivo se logró el diseño y aplicación de tres programas computacionales realizados en la plataforma UNITY, así como la puesta en marcha del DMHI. Durante la fase piloto se utilizó el DMHI como medio evaluativo, haciendo posible la identificación de diferentes oportunidades de utilización del dispositivo como un nuevo medio de evaluación, o bien, para utilizarse en la campaña de captación de alumnos. Los resultados en esta fase sugieren que los alumnos están acostumbrados a los métodos tradicionales de evaluación, resultándoles más difícil ser evaluados con el DMHI. Sin embargo, los datos recabados en la fase de implementación indican que, si bien será necesario un periodo adaptativo para que los estudiantes conozcan la nueva herramienta, también se sienten curiosos y motivados por ser parte de nuevos tipos de evaluación.

Los resultados de la fase de implementación no muestran diferencia significativa entre los grupos tratados desde el punto de vista estadístico; no obstante, las calificaciones de los grupos experimentales (media) son superiores a la del grupo de control. Para finalizar, se concluye que será necesario realizar más pruebas en diferentes temas de la asignatura e incluso alternar con varias técnicas didácticas ya establecidas o aplicarlo diferentes asignaturas. En todos los casos, más del 90% de los encuestados indicó haberse sentido “más motivados” al interactuar con el dispositivo DMHI; así mismo, calificaron la herramienta como “muy relevante” para sus diferentes asignaturas.

Palabras clave: Holografía móvil, evaluación, química holográfica.

1. Introducción

La presente investigación ha propuesto utilizar recursos holográficos interactivos y estudiar su implementación como herramienta didáctica en las clases de Materia y entornos correspondientes a los nuevos planes de estudio de las preparatorias del Tecnológico de Monterrey. La relevancia de este proyecto radica en ser pioneros en la construcción y adaptación de hologramas interactivos que permitan al alumno ser parte activa de los conceptos que observa. Se espera mayor motivación por parte de los estudiantes en el estudio de la Química, misma que refleje un impacto positivo en sus calificaciones, proporcionando a su vez un recurso didáctico adicional para los profesores del área.

1.1 Planteamiento del problema

De todas las etapas escolares, se considera a la preparatoria como una de las más emocionantes para los estudiantes, llena de conocimiento multidisciplinario e interacciones por parte de los alumnos y profesores. Estadísticamente, ese cúmulo de emociones se ve frustrado por las dificultades al enfrentar cursos de ciencias básicas y/o Matemáticas. En México, según datos de la SEP, más del 30% de los estudiantes reprueban alguna de estas materias durante la preparatoria (SEP, 2013). La materia de Química, como parte del currículo de ciencias, no es la excepción. Algunos alumnos comentan que aprender Química es una de las dificultades más grandes que enfrentan en sus estudios de nivel medio superior. Varias investigaciones han estudiado por qué aprender Química es complicado para los alumnos, y han concluido que uno de los factores principales es la falta de motivación, misma que se genera cuando los alumnos pierden el interés al no comprender conceptos abstractos complejos para visualizar (Valdés Cuervo, Ramírez Sánchez, & Martín Pavón, 2009).

Sin duda, las nuevas tecnologías han permitido que los estudiantes diseñen y observen estructuras químicas en 2D y en 3D desde cualquier dispositivo móvil. La holografía, por ejemplo, ha sido investigada como medio de enseñanza de la Física (Rolando Serra Toledo[I], Cruz[I], Zaldo[I], Lunazzi[II], & Magalhães[II], 2009), demostrando que más del 90% de los estudiantes que la vivieron como exposición didáctica, incrementaron su motivación por esa ciencia. En el año 2014, Luévano *et al.*, mostraron la factibilidad de construir una estación holográfica portátil, misma que fue utilizada con éxito como recurso en la impartición de clases al combinarla con un robot de telepresencia. Sin embargo, en todos los casos los hologramas siguen siendo un recurso visual. Hoy en día, más investigaciones sugieren que la conexión necesaria entre las tecnologías emergentes y los contenidos temáticos de los cursos es una buena interacción, donde el estudiante participa y no sólo observa. Esta tendencia también se aprecia en los reportes de proyectos NOVUS, donde en el año 2013, tres proyectos incorporaron aspectos de manipulación directa de tecnologías para incrementar la interacción entre el “método” y los alumnos (Crespo, Riestra, & Gánem, 2013).

1.2 Objetivo de la investigación

Analizar el impacto que produce en los estudiantes el utilizar hologramas interactivos como herramienta didáctica en la asignatura de Materia y entorno de 3er semestre de la PrepaTec, Campus Cuernavaca, durante el periodo agosto-diciembre de 2016.

2. Desarrollo

El presente documento describe los diferentes aspectos del proyecto de investigación educativa DMHI-MYO para el estudio de la Química. A continuación, se describe el marco teórico que soporta al proyecto, el desarrollo metodológico en las fases, así como los resultados preliminares obtenidos en el periodo agosto-diciembre de 2016.

2.1 Marco teórico

La teoría de la "Programación neurolingüística", también conocida con la sigla PNL, manifiesta que una persona recibe información mediante un sistema sensorial favorito. En México, varios estudios han determinado que gran parte de la población estudiantil prefiere aprender visualmente (Villalobos, 2003). Sin embargo, es bien conocido que el mayor aprendizaje se da cuando los estudiantes logran utilizar todos sus sentidos para dar significado a la información recibida (Padilla Hermosillo, Rodríguez, & López Quintero , 2011). Incluso, estudios recientes sugieren que la población estudiantil mexicana posiblemente esté adoptando un nuevo sentido favorito de aprendizaje: el Kinestésico, donde los alumnos prefieren hacer y no solo ver (González, Alonso, & Rangel, 2012). En todos los casos, se reconoce que contar con información sobre los estilos de aprendizaje de los alumnos puede contribuir a la construcción de ambientes que propicien un aprendizaje eficaz.

En el año 2010, Sankey, Birch, & Gardiner, visualizaron la importancia de introducir al alumno a ambientes de aprendizaje "Multimodales" mediante el uso de las tecnologías. Sin embargo, la generación de nuevos ambientes "tecnológicos" de aprendizaje no es cosa fácil. Al respecto, los profesores Luis Luévano y Eduardo López de Lara presentaron en el año 2013, el proyecto titulado "Telepresencia, proyección holográfica en vivo" donde se muestra la sinergia entre un robot de telepresencia y la proyección holográfica, generando así un ambiente de aprendizaje diferente y nada común. En el mismo año, Eduardo González-Mendívil *et al.,* estudiaron el potencial de la holografía y la telepresencia en la difusión y exposición de contenidos académicos. La holografía, por sí misma, ha resultado positiva como método de enseñanza de las ciencias en varias investigaciones (Rolando Serra ToledoI, CruzI, ZaldoI, LunazziII, & MagalhãesII, 2009).

Recientemente, avances NOVUS 2014, de Luévano, López de Lara y Hernández muestran la construcción de una cabina de proyección holográfica, dejando entrever la importancia de propiciar un mejor acercamiento entre los alumnos y la tecnología mostrada. De forma simultánea al desarrollo y aplicación de dispositivos visuales, los dispositivos de interacción directa también revelan un incremento exponencial al combinarse con diferentes tecnologías.[1] Resulta interesante que no existan implementaciones en educación sobre la combinación de la holografía y algún dispositivo interactivo, indicando probablemente que la holografía ha sido explotada como medio visual.

[1]Ejemplos *Leap Motion, Kinetic, Wii Controls*, interacción verbal con dispositivos móviles SIRI.

En áreas médicas, se encontró que la empresa “Real View Medical Holography”[2], anunció la venta de un proyector holográfico interactivo 3D. Sin embargo, los altos costos de los equipos imposibilitan el estudio e implementación de la herramienta en áreas educativas.

El presente proyecto sustenta ser pionero en la incorporación de un factor de interacción con proyecciones holográficas, mediante la construcción de un “DMHI-MYO” sencillo y accesible económicamente, haciendo posible su implementación en áreas educativas.

2.2 Diseño metodológico

La investigación se llevó a cabo en tres diferentes fases: construcción del dispositivo móvil de holografía interactiva, pruebas piloto en primer semestre, e implementación de la herramienta de holografía interactiva en la asignatura Materia y entorno de tercer semestre de la PrepaTec, Campus Cuernavaca.

Fase 1. Construcción del dispositivo móvil de holografía interactiva DMHI

La construcción del dispositivo de holografía interactiva requirió de la adecuación correcta de los dispositivos individuales que lo constituirán. La Figura 1 muestra un diagrama del prototipo ideado por los suscriptores de esta propuesta, en función de la literatura revisada y en comparación con una fotografía del dispositivo en uso.

Antes de iniciar la construcción del dispositivo DMHI, se realizaron experimentaciones que permitieron asegurar el funcionamiento del mismo. Se utilizó el diseño piramidal invertido, siendo la principal referencia: Luévano Belmonte, López de Lara Díaz, & Hernández, 2014. La compañía “Holho-Holographic devices”, con quien se ha tenido contacto previo, también justificó esta decisión.

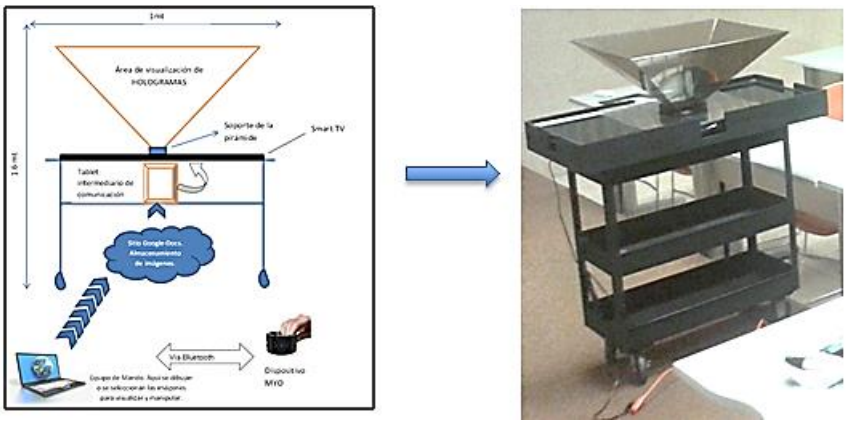

Figura 1. Construcción del dispositivo de holografía interactiva, DMHI

[2] http://www.realviewimaging.com/?page_id=66

El dispositivo consta de un carro-soporte donde se descansa horizontalmente una pantalla *Smart TV* de 40 pulgadas, misma que actúa como proyector de los hologramas. La pantalla se comunica con una tableta "Galaxy" mediante la función "Screen Mirroring"[3]. Dicha tableta contiene una aplicación para computadora diseñada por nuestro equipo, denominada "DMHI-Lite", que señaliza la información cuadruplicando la imagen o video (ver Figura 2). Esta acción constituyó un paso fundamental e indispensable para la proyección de los hologramas.

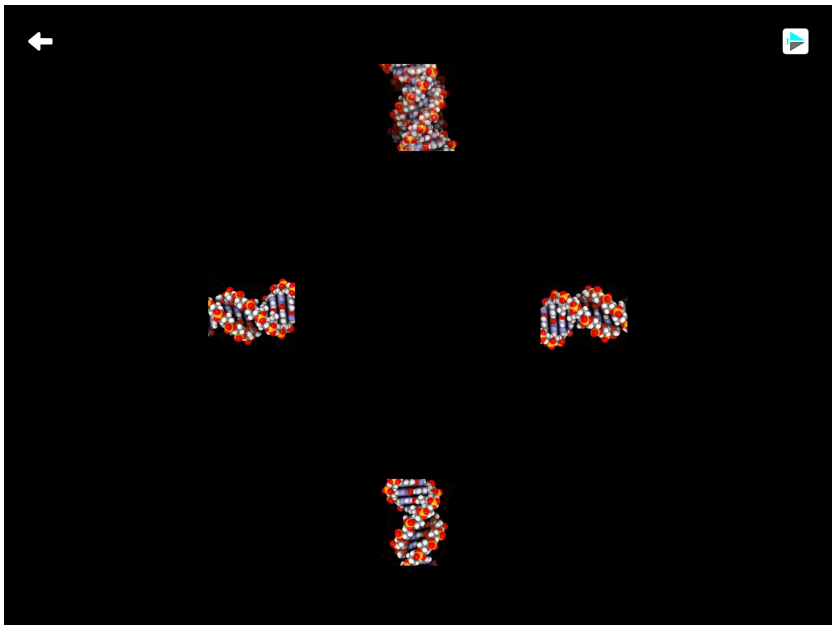

Figura 2. Aplicación "DMHI-Lite". Cuadruplicación de la pantalla.

El dispositivo también funciona remplazando la tableta "Galaxy" por una *laptop* "Lenovo", misma que, por sus funciones de interconectividad, permite la conexión directa con la *Smart TV* sin cables.

Adicionalmente, se consideró la construcción de un sitio "en la nube" mediante el uso de "Google Drive", con la finalidad de almacenar las imágenes 3D y videos creados para su posterior proyección.

Fase 2. Pruebas piloto

Una vez construido el DMHI, se llevaron a cabo pruebas piloto en dos grupos de primer semestre (alrededor de 50 alumnos), con la intención de obtener datos certeros sobre su funcionamiento en el aula, lo cual ha permitido establecer nuevas acciones para su optimización. Los grupos fueron seleccionados de la asignatura "Fundamentos de la Vida", correspondiente al nuevo plan de estudios de la PrepaTec en Monterrey.

La prueba piloto consistió en realizar una comparación evaluativa escrita sobre el tema "niveles de organización de la materia". Primero se aplicó la evaluación a un grupo de forma tradicional, donde

[3] La función "Screen Mirroring" permite **duplicar la pantalla de la tableta "Galaxy S6" en el *Smart TV* sin necesidad de cables.**

las preguntas escritas también requerían respuestas escritas. La otra evaluación se llevó a cabo utilizando el DMHI, en donde se proyectaron las imágenes que los alumnos tendrían que clasificar de acuerdo a los niveles de organización de la materia (ver Figura 3). El grupo se llevó a un aula obscura donde podían observar el funcionamiento del DMHI y responder su evaluación. Para finalizar esta fase, se solicitó a los alumnos contestar la encuesta disponible en: https://goo.gl/forms/f0mIw43w8xfe53gZ2.

Figura 3. Prueba piloto, el DMHI en evaluación de conceptos

Fase 3. Implementación de la herramienta de holografía interactiva

La implementación de la herramienta se llevó a cabo en tres grupos de "Materia y entorno" de tercer semestre en el periodo agosto-diciembre de 2016, con una muestra aproximada de 90 alumnos. Los grupos fueron organizados de acuerdo al siguiente esquema:

Figura 4. Esquema de distribución de clases impartidas utilizando el DMHI

En el primer parcial, el DMHI visitó los grupos B y C durante la impartición del tema de "Configuraciones electrónicas". Fue necesario obscurecer el salón de clases para que todos los alumnos lograran observar e interactuar correctamente con el DMHI. El grupo A (control), vivió la impartición del tema de forma tradicional, en el salón de clases. Los tres grupos contestaron un examen de conocimientos sobre el tema y un formulario en "Google Docs" para la recolección de datos sobre la motivación e impacto de la utilización del DMHI en los grupos.

Fase 3. Implementación de la herramienta de holografía interactiva

3.1 El DMHI como recurso de captación de alumnos

Una nueva faceta para la utilización del DMHI ha sido considerada al recibir la invitación de presentarlo ante alumnos interesados en conocer más sobre las Preparatorias del Tec de Monterrey.

Un pequeño grupo de 10 estudiantes fue recibido en nuestras instalaciones provenientes de nivel secundaria, mismos que fueron invitados por el área de promoción del Campus Cuernavaca. Los alumnos tomaron la clase de "Niveles de organización de la materia", correspondiente a la asignatura de primer semestre "Fundamentos de la vida".

La misma actividad utilizada en las pruebas piloto fue implementada con este grupo. Los estudiantes recibieron la explicación del tema y realizaron dos evaluaciones, una tradicional escrita y una utilizando el DMHI. En este caso en particular se denota una gran disposición por parte de los estudiantes para participar, ya que en realidad el dispositivo DMHI representaba para ellos una gran novedad. El DMHI fue utilizado en todos los casos anteriores gracias a la creación de dos aplicaciones diseñadas en la plataforma "Unity": "DMHI-MYO" y "DMHI-Lite". Cabe mencionar que los aspectos técnicos que se atendieron constituyeron un verdadero reto tecnológico para el equipo. Así mismo, se incorporaron algunas aplicaciones comerciales para el diseño de las actividades, tales como "iMovie", "Holapex", "YouTube", "Yout.Org", entre otras.

Figura 5. El DMHI como recurso para la captación de alumnos

2.3 Resultados

Ya que el proyecto se llevó a cabo en tres fases, los resultados se presentarán en orden de acuerdo a esas fases descritas con anterioridad.

Resultados de "Fase 1: Construcción del Dispositivo DMHI"

Se hicieron los análisis pertinentes para lograr la correcta integración de todos los componentes del DMHI. Los aparatos adquiridos fueron: tableta "Galaxy", *laptop* "Lenovo", carrito "Truper", *Smart TV* "Samsung", cables HDMI, láminas de acrílico transparente y ahumado, tablón de madera y pintura en aerosol. La construcción del dispositivo resultó relativamente sencilla, sin embargo, el ensamble de comunicación entre los aparatos constituyó el verdadero reto.

Se han desarrollado hasta el momento tres programas computaciones desde la plataforma "Unity", mismos que se han ocupado para el desarrollo de los materiales didácticos proyectados en el DMHI durante las pruebas (ver Figura 6). Los programas fueron denominados: "DMHI-MYO", "DMHI-Lite", "DMHI-Pro". Este último aún no ha sido probado; las pruebas aquí descritas se realizaron utilizando el "DMHI-Lite".

Figura 6. Interfaz de la aplicación "DMHI-Lite", utilizada para realizar la experimentación mostrada

Resultados de "Fase 2: Pruebas piloto"

A continuación se describen los resultados de los grupos de la materia "Fundamentos de la vida" que sirvieron como pruebas piloto de este proyecto. La muestra fue de 38 alumnos provenientes de dos grupos diferentes, a quienes se les evaluó un tema de modo tradicional (cuestionario) y también se les evaluó el mismo tema utilizando el DMHI. Se realizaron dos tipos de análisis. Los datos obtenidos

de las calificaciones de ambas evaluaciones permitieron hacer una comparación estadística entre ambos tipos de evaluación, dando como resultado preliminar que “no hay una diferencia significativa entre los tipos de evaluación”. Los datos fueron procesados en el programa “Excel” mediante la “Prueba T” para dos grupos de varianzas diferentes. Los promedios obtenidos de las evaluaciones fueron los siguientes: Método tradicional: 84 puntos; evaluación utilizando la herramienta DMHI: 77 puntos.

Con respecto a la evaluación cualitativa, se tiene que el 57.7% de los alumnos no conocían la herramienta, el 15.4% parecía no recordar si la habían visto, y el 26.9% aceptó conocer la tecnología del DMHI. Del 100% de los encuestados, más del 65% indicó considerar al DMHI como una herramienta relevante en el estudio de la asignatura, así como haberse sentido muy motivados al realizar las actividades con el DMHI (ver Figura 7).

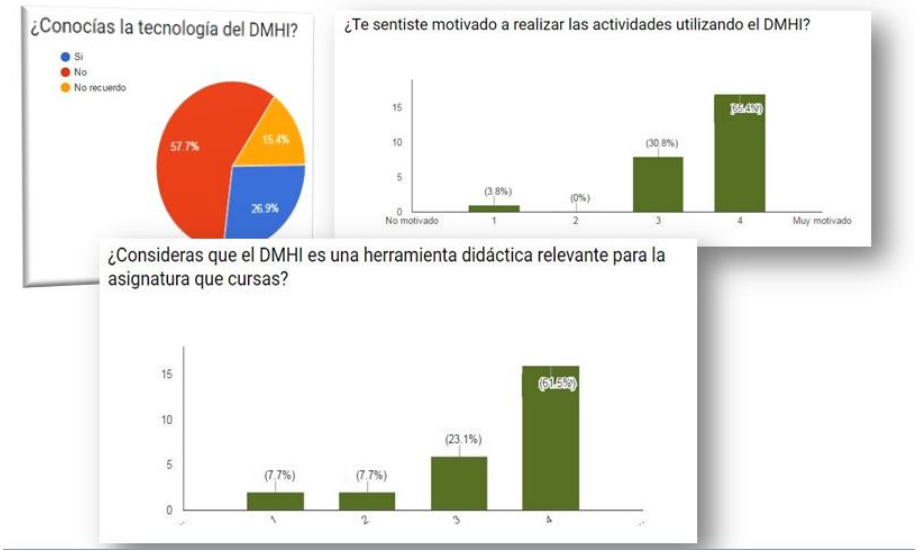

Figura 7. Concentrado gráfico correspondiente a las preguntas de la evaluación cualitativa del DMHI, Prueba piloto, ¿conocías esta tecnología?, ¿consideras esta herramienta relevante?, ¿te sentiste motivado?

Al preguntar a los alumnos cuál método de evaluación preferían, el 46.2% eligió el método tradicional, el 34.6% eligió el dispositivo DMHI, y solo el 19.2% prefirió el verbal. Finalmente, se solicitó a los alumnos indicar qué evaluación habían percibido más sencilla; los resultados fueron: el 53.8% eligió la evaluación tradicional, y el 46.2% seleccionó la evaluación utilizando el DMHI (ver Figura 8).

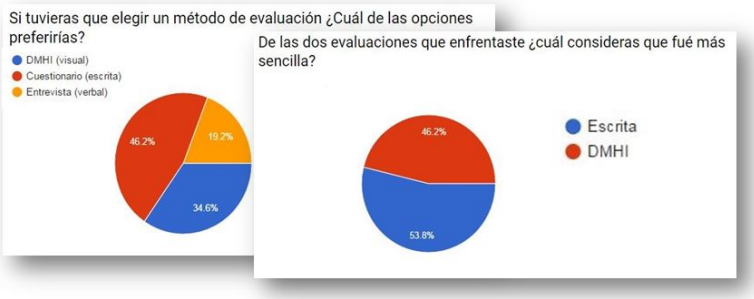

Figura 8. Gráficos correspondientes a las preferencias en tipos de evaluación en la Fase 2, Pruebas piloto.

Resultados de "Fase 3: Implementación de la herramienta de holografía interactiva"

La fase de implementación se llevó a cabo en tres grupos de Materia y entorno. La dinámica de implementación descrita anteriormente alude a dos grupos prueba, B y C, comparados con un grupo de control A.

Todos los grupos fueron sometidos a una evaluación tipo cuestionario en línea después de haber recibido la clase, y utilizando el DMHI en los grupos B y C. Los promedios de las evaluaciones por grupo son las siguientes: A: 60 puntos; B: 80 puntos; y C: 66 puntos. Para el análisis estadístico, los grupos B y C constituyeron un bloque llamado "DMHI", mientras que al grupo A se le llamó "tradicional".

Los resultados indicaron que no hay una diferencia significativa entre los grupos "DMHI" y "tradicional". Sin embargo, las calificaciones numéricas de los alumnos de los grupos B y C son más altas que las del grupo A, de acuerdo a la media de cada grupo (ver Tabla 1).

	Grupo A Control	Grupo B DMHI	Grupo C DMHI
Media del grupo	60	80	66

Tabla1. Media grupal, grupos control y DMHI

Muestra las medias grupales de los 3 grupos evaluados en donde se implementó la herramienta DMHI para un tema de clase.

Los resultados cualitativos procedentes de los alumnos de los grupos B y C son los siguientes: el 96% de los alumnos considera que la herramienta podría ayudar a vincular lo aprendido con la realidad, mostrándose el 72% definitivamente de acuerdo y el 24% de acuerdo con ello. El 57.7% de los alumnos aseguró no conocer la tecnología de DMHI, mientras que el 92% votó por haberse sentido motivado o muy motivado a realizar la actividad utilizando esta herramienta (ver Figura 9).

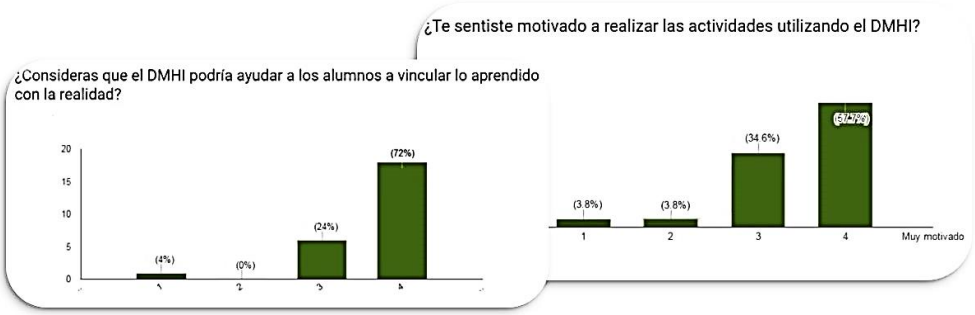

Figura 9. Concentrado gráfico correspondiente a las preguntas de la evaluación cualitativa del DMHI en los grupos de implementación, ¿conocías esta tecnología?, ¿consideras esta herramienta relevante? y ¿te sentiste motivado?

Por último, se preguntó a los alumnos qué tipo de evaluación preferirían, obteniéndose que el 65.4% votó por la evaluación utilizando el DMHI, mientras que el 26.9% eligió la evaluación escrita, y tan solo el 7.7% prefirió la evaluación verbal (ver Figura 10).

Figura 10. Gráfico de preferencia de tipos de evaluación en la implementación del proyecto DMHI

2.4 Discusión (análisis e interpretación de resultados)

Los resultados preliminares de las tres fases descritas han aportado un gran valor para la consideración de nuevos aspectos evaluativos utilizando la herramienta DMHI. Antes que nada, es importante comentar que la principal diferencia entre la prueba piloto y la prueba de implementación, fue que los alumnos enfrentaron diferentes etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje. En la prueba piloto se realizó una evaluación directa utilizando el DMHI como herramienta para la identificación de imágenes que posteriormente los alumnos tenían que clasificar, mientras que durante la implementación, la herramienta fue utilizada como recurso pedagógico para explicar un tema de forma novedosa y atractiva. Los resultados obtenidos también sugieren que los alumnos se han “acostumbrado” a los métodos tradicionales de evaluación. Algunos artículos de investigación han planteado que los alumnos demuestran gran interés por nuevos métodos de evaluación, (Manrique Arribas, Vallés Rap, & Gea Fernández, 2012). Sin embargo, los nuevos métodos podrían resultar más difíciles en comparación con aquellos a los que están acostumbrados. Esto podría explicar por qué, en la prueba de implementación, los alumnos prefieren el DMHI, pues sienten curiosidad de experimentar nuevos tipos de evaluación; por otro lado, en la prueba piloto en donde ya habían experimentado el nuevo tipo de evaluación, los alumnos calificaron el método tradicional como más sencillo.

Con respecto al resto de las variables, se sabe que las nuevas tendencias educativas indican que llevar al aula algún tipo de tecnología, produce un aumento en la motivación de los alumnos por la materia de estudio (Zugowitki, 2012). En este proyecto, ambas fases experimentales mostraron que el dispositivo DMHI es una excelente forma de innovar. Más del 90% de los alumnos se sintió motivado

a realizar la actividad con el DMHI. Así mismo, calificaron al dispositivo como útil para comprender conceptos y relacionarlos con la realidad. Al respecto, cabe mencionar que una de las principales exigencias por parte del Tecnológico de Monterrey hacia sus profesores, es que deben incorporar actividades con mayor reto intelectual y que al mismo tiempo generen una vivencia y una experiencia en los alumnos (Ramírez, 2013). Es así como esta herramienta puede proporcionar un nuevo espacio de enseñanza-aprendizaje, en donde los conceptos se construyan y se visualicen.

Finalmente, y acerca de los análisis estadísticos aplicados en ambas fases experimentales, según los resultados preliminares mostrados no hay diferencias significativas estadísticas entre el uso del DMHI y el método tradicional de enseñanza-aprendizaje experimentado. Sin embargo, varios factores podrían haber intervenido negativamente en este análisis. La evaluación podría ser uno de ellos, y tal vez el factor más importante sea que los grupos B y C que fueron tratados en una clase utilizando el DMHI, fueron sometidos a la misma evaluación tradicional que el grupo de control. Aún bajo estos términos, las calificaciones son numéricamente más altas en los grupos experimentales. Esto sugiere que se necesita una mejor adaptación de la experimentación para recabar datos más certeros sobre el impacto de la herramienta. Adicionalmente, si se incorpora lo mostrado en la fase piloto, también será necesaria una etapa de reconocimiento del tipo de evaluación utilizando el DMHI, a medida que los alumnos logren superar la etapa de frustración por el nuevo tipo de evaluación.

Otro de los aspectos importantes será la elección del tema con el cual usar esta herramienta. Así como se seleccionan diferentes técnicas didácticas para lograr competencias específicas, será importante seleccionar el DMHI para aquellos temas en los que la visualización y manipulación de los objetos conduzca al alumno a alcanzar las competencias definidas para esa actividad.

Conclusiones

De forma concreta, se emiten las siguientes conclusiones del proyecto. Con respecto a la fase de construcción, es evidente que el funcionamiento del DMHI es suficiente. No obstante, será necesario continuar trabajando en la adaptación del dispositivo MYO de control de gestos para lograr una manipulación directa de las imágenes observadas, por parte de los alumnos. La creación de los tres programas computacionales, “DMHI-MYO”, “DMHI-Lite” y “DMHI-Pro”, son una muestra de la constante búsqueda de una mejor interacción entre los componentes del dispositivo.

Acerca de la fase piloto, se denota la relevancia de haber trabajado con los alumnos antes de implementar la herramienta. Los aprendizajes generados en esta fase fueron fundamentales para planear y continuar la implementación de este proyecto. Los resultados preliminares obtenidos sugieren una gran aceptación del dispositivo por parte de los alumnos y profesores. Adicionalmente, se vislumbran dos grandes áreas de estudio: por una parte, una nueva forma de evaluación; y por otra parte, su utilización en la campaña de captación de alumnos, resultando en una combinación retadora para los profesores y alumnos que utilicen este dispositivo.

A manera de lograr un análisis estadístico veraz, se concluye que es imperativo generar resultados en diferentes clases y temas, para lograr una comparación entre la efectividad del dispositivo y su aplicación como técnica didáctica o como método de evaluación.
Para finalizar, es importante reconocer el valor que el aspecto cualitativo aporta a este proyecto. Los alumnos indicaron sentirse muy motivados a realizar las actividades; así mismo, calificaron a la herramienta como un vínculo entre lo aprendido y la realidad, lo que podría permitir generar más evidencias sobre la adquisición de competencias específicas en diferentes áreas de estudio.

Cabe mencionar que hasta el momento han participado diferentes profesores en la capacitación ofrecida para utilizar el DMHI en sus grupos, significando esto un gran compromiso por parte de los mismos para encontrar, generar y usar nuevos recursos docentes innovadores.

Reconocimientos

Se agradece el apoyo de los profesores Benjamín Hernández Campuzano e Irma Esnaurrizar en la aplicación de la experiencia DMHI en el grupo piloto.
Al fondo NOVUS, se le agradece el financiamiento para la realización de esta aplicación.
Se agradece a los alumnos que participaron en la muestra experimental, todos sus comentarios y felicitaciones.
Se agradece infinitamente la colaboración Omar Enrique Quintero Mármol Sánchez, programador de las tres ediciones “DMHI-MYO”, “DMHI-Lite” y “DMHI-Pro”, por su incansable labor como colaborador de este proyecto.

Referencias

- Arendt, R. J. (2013). Construtivismo ou construcionismo? Contribuições deste debate para a Psicologia Social. *Estudios de Psicologia* , 5-13.
- Crespo, R., Riestra, E., & Gánem, R. (2013). *Realidad Virtual como herramienta para el aprendizaje inmersivo en ingeniería.* Ciudad de México: Editorial digital del Tecnológico de Monterrey.
- González, B., Alonso, C., & Rangel, R. (2012). El modelo VARK y el diseño de cursos en línea. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia* , 1-2.
- Luévano Belmonte, L. E., López de Lara Díaz, E., & Hernández, A. (2014). *Cabina de Proyección Holográfica.* Zacatecas: Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
- Manrique Arribas, J. C., Vallés Rap, C., & Gea Fernández, J. M. (2012). Resultados generales de la puesta en práctica de 29 casos sobre el desarrollo de sistemas de evaluación formativa en docencia universitaria. *Psychology, Society, & Education , Vol 4* (1), 87-102.
- Padilla Hermosillo, A. M., Rodríguez, C. L., & López Quintero , G. (2011). Estilos de Aprendizaje VAK y rendimiento académico de alumnos de odontología. *Educación y estilos*

de aprendizaje-enseñanza. Aprendizaje y Desarrollo Humano / Ponencia (pp. 1-6). San Nicolás de los Garza, Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.

- SEP. (2013). *Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional.* México DF.: Dirección Gral de Planeación y Estadística Educativa.
- Ramírez, D. N. (2013). Folleto Modelo Educativo Tec 21. Monterrey, Nuevo León, México.
- Rolando Serra ToledoI, 1., CruzI, G. V., ZaldoI, A. F., LunazziII, J. J., & MagalhãesII, D. S. (2009). El holograma y su utilización como un medio de enseñanza de la física en ingeniería. *Revista Brasileira de Ensino de Física* , 1-5.
- Valdés Cuervo, Á. A., Ramírez Sánchez, M. C., & Martín Pavón, M. (2009). Motivación hacia el estudio de la Química en estudiantes de Bachillerato Tecnológico. *Revista Iberoamericana de Educación* , 9-10.
- Villalobos, P.-C. E. (2003). Educación y estilos de aprendizaje-enseñanza. In P.-C. E. Villalobos, *Educación y estilos de aprendizaje-enseñanza* (p. 75 y 117). México DF: Publicaciones Cruz O. S.A.
- Zugowitki, V. (29 de Marzo de 2012). El uso de las TIC en el aula incrementa la motivación de los alumnos. Buenos Aires, Argentina.