

## Objetos de Aprendizaje 3D como una forma de comunicar significados geométricos a través del sentido virtual del tacto en personas ciegas y débiles visuales

ESPINOSA-Raque\*†, CASTAÑEDA-ROLDÁN, Carolina Yolanda`` y MEDELLÍN-CASTILLO Hugo Iván``

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias de la Comunicación y Facultad de Ingeniería Av. Manuel Nava No. 8, Zona Universitaria, C.P. 78290. San Luis Potosí, S.L.P., México e Instituto Tecnológico de Puebla, Departamento de Sistemas y Computación. Av. Tecnológico No. 420 Col. Maravillas, C.P. 72220. Puebla, Pue. México.*

Recibido Enero 7, 2014; Aceptado Mayo 28, 2014

### Resumen

En el proceso de enseñanza es importante comunicar los significados y generar las situaciones o entornos educativos adecuados que conduzcan a un correcto aprendizaje. Muchas de estas situaciones y entornos educativos están basadas en representaciones visuales. El proceso de enseñanza-aprendizaje de la geometría en personas ciegas y débiles visuales es muy difícil debido a las abstracciones y formas visuales que esto representa. Por tanto es necesario desarrollar otro tipo de representaciones no visuales para el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje e inclusión de personas con discapacidad visual.

En el presente trabajo se analizan y proponen objetos de aprendizaje tridimensionales (3D) para la enseñanza de la materia de geometría a personas ciegas o débiles visuales. Los objetos de aprendizaje 3D propuestos utilizan la percepción virtual táctil como una forma de comunicar significados a través del sentido del tacto, permitiendo palpar y adquirir nociones del espacio, formas y geometría de los objetos tridimensionales virtuales.

**Objetos de aprendizaje 3D, Percepción virtual táctil, geometría, proceso enseñanza-aprendizaje (PEA), personas ciegas y débiles visuales**

### Abstract

In the teaching process it is very important to communicate the meanings and to generate the adequate didactic situations and environments that lead to a correct learning. Many of these situations and environments are based on visual representations. The teaching-learning process of geometry for blind and visually impaired people is a difficult process because it involves visual abstractions and shapes. Therefore, it is necessary to develop non visual representations to enhance the teaching-learning process and the inclusion of visually handicapped people.

In this work, 3D learning objects are analyzed and proposed in order to teach geometry to blind and visually impaired people. The proposed 3D learning objects use the virtual tactile perception as a way to communicate meanings by means of the tactile sense, allowing blind and visually impaired people to touch, feel and acquire notions of the space, shapes and geometry of the 3D virtual objects

**3D learning objects, virtual tactile perception, geometry, teaching-learning process, blind and visually impaired people.**

**Citación:** ESPINOSA-Raque, CASTAÑEDA-ROLDÁN, Carolina Yolanda y MEDELLÍN-CASTILLO Hugo Iván. Objetos de Aprendizaje 3D como una forma de comunicar significados geométricos a través del sentido virtual del tacto en personas ciegas y débiles visuales. Revista de Sistemas Computacionales y TIC's. 2015, 1-1:16-28

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: raquel.espinosa@uaslp.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

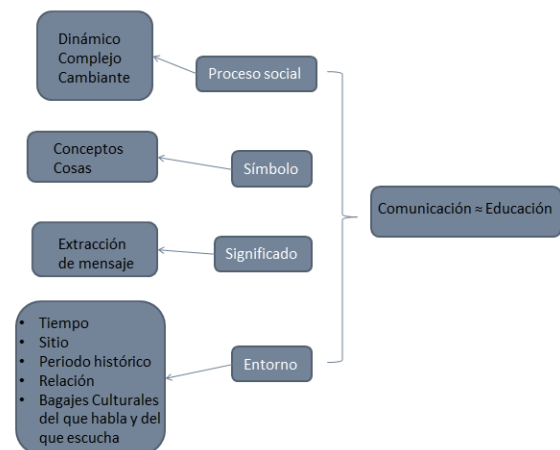
En un proceso de comunicación educativa (Proceso Enseñanza–Aprendizaje PEA) es importante que se compartan los mismos significados para que en el momento de la interpretación de conceptos, los estudiantes, y en especial aquellos que carecen de la vista, puedan representar mentalmente las abstracciones conceptuales que confieren sus profesores. La ceguera en sí misma representa un problema de aprendizaje por el hecho de que en muchas ocasiones es difícil para un profesor convertir los símbolos visuales a símbolos del lenguaje hablado, es decir a tener una comunicación efectiva para la enseñanza.

En el presente trabajo de investigación se analizan y proponen Objetos de Aprendizaje (OAs) para la enseñanza de la geometría a personas ciegas y débiles visuales. Los OAs propuestos están basados en la percepción virtual táctil lo cual permite que los mensajes comunicacionales o educativos se fortalezcan para el caso de personas con discapacidad visual, mejorando de esta manera su aprendizaje e inclusión social en la educación.

## Revisión de literatura

### Comunicación y educación

Partiendo de la definición de comunicación que ofrecen West y Turner como el “proceso social en el que los individuos utilizan símbolos para establecer e interpretar el significado de su entorno” (2004:4), y tomando en cuenta que en esta definición los cuatro términos clave de su perspectiva conceptual son: la comunicación como proceso social, como símbolo, como significado y como entorno; se compara y asemeja el término comunicación con educación en la Figura 1.



**Figura 1** Semejanza entre Comunicación y educación

La semejanza entre comunicación y educación se encuentra en que la educación también es un proceso social que implica al menos la interacción de dos personas, el profesor y el estudiante (PEA). A su vez, en ese proceso dinámico o en desarrollo constante, complejo y continuamente cambiante, se fabrican o construyen significados, de los cuales se extrae el mensaje. Tanto en la educación como en la comunicación interactúan símbolos, los cuales son “una etiqueta arbitraria o una representación de fenómenos. Las palabras siendo símbolos de conceptos y cosas representan nociones; por ejemplo, la palabra amor representa la idea del amor; la palabra silla representa la cosa en la que nos sentamos” (West y Turner, 2004. p6), y la palabra pirámide representa un cuerpo geométrico que tiene una sola base y las caras laterales son triángulos que se unen en un vértice. Sin embargo el nombre de la pirámide dependerá de la forma de su base, hay pirámides triangular, cuadrangular, pentagonal, etc., por lo que si sólo hemos sido expuestos a una pirámide cuadrangular, el símbolo se basará en nuestras experiencias y sentimientos previos y a partir de ahí probablemente se le den diferentes significados.

De tal manera que el significado será el término fundamental en la comunicación y la educación, ya que éste será lo que el estudiante extraiga del mensaje emitido por el profesor.

“Si no compartiéramos los mismos significados, pasaríamos momentos difíciles aun hablando la misma lengua o interpretando el mismo hecho” (ídem). Como en el caso de la pirámide no todo significado es compartido, así los estudiantes, en especial estudiantes carentes de la vista, no siempre saben qué quieren decir los profesores con abstracciones conceptuales. “En esas situaciones tenemos que ser capaces de explicar, repetir y clarificar” (ibídem, p7). A pesar de todo, si no se comparte el mismo significado, los comunicadores y profesores “encontrarán dificultades para que sus mensajes lleguen a los demás” (ibíd). Igual de importante es el entorno, el cual se define como

La situación o contexto en el cual la comunicación tiene lugar. El entorno en la comunicación también se puede mediatizar, puede establecerse con un apoyo técnico [...] ya sea correo electrónico, chat rooms o Internet. Estos entornos mediatizados necesariamente influyen en la comunicación de dos personas (West y Turner, 2004. p7).

Van Manen plantea que “la pedagogía es el arte de mediatizar con tacto las posibles influencias del mundo de manera que el niño se vea constantemente animado a sumir una mayor responsabilidad de su aprendizaje y desarrollo personal. Enseñar es influir la influencia” (1998, p93). Sin embargo, ese influir en el aprendizaje y en el desarrollo, debe también reflejarse en la educación especial.

Al respecto Martínez señala que “la educación especial hoy en día la podemos entender de una manera más dinámica y que está centrada en atender: a) aquella persona con necesidades educativas especiales, b) las situaciones educativas que propician su desarrollo, c) la interdisciplinariedad de los profesionales que intervienen, y d) Los contextos: sociales, familiares, escolares o comunitarios” (Martínez, 2012, p22).

Lo anterior implica que una persona ciega debe ser atendida con educación especial incluyente, porque al presentar discapacidad visual, se despliegan Problemas de Aprendizaje (PA).

Por lo anterior, se propone que el entorno mediatizado para la enseñanza de cuerpos geométricos a personas con discapacidad visual sea a través del uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) que permitan tocar objetos tridimensionales, es decir objetos en tercera dimensión (3D) y superficies en segunda dimensión (2D), disminuyendo así un problema en el PEA causado por la carencia de la vista.

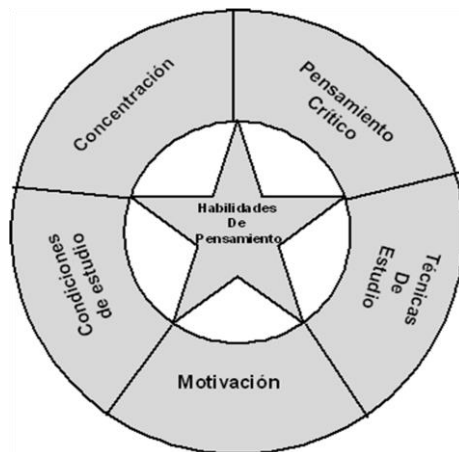
### **Problema de Aprendizaje**

Un PA es un término general que describe dificultades de aprendizaje específicos y que pueden causar que una persona tenga conflictos aprendiendo y usando ciertas destrezas. Por ello es que la ceguera en sí misma representa un PA. Las destrezas que son afectadas con mayor frecuencia cuando una persona sufre de un PA son: escuchar, hablar, razonar, leer, redactar, escribir, y aprender matemáticas. Las personas con PA no tienen retraso mental ni “son lentos para aprender”, al contrario, la mayoría de estas personas tienen un promedio de inteligencia normal o por encima de lo normal (Romero, Lavigne. 2005). Para la persona con PA, los mensajes comunicacionales o educativos que llegan a su cerebro son confusos, por eso es que les resulta difícil aprender en una o más áreas académicas.

Sin embargo, pueden aprender y ser exitosos como por ejemplo, Thomas Edison, Albert Einstein, Beethoven, Louis Pasteur, Winston Churchill, y Nelson Rockefeller que tuvieron PA pero desarrollaron alguna habilidad del pensamiento.

### Habilidades de pensamiento

Las habilidades del pensamiento se refieren a aquellas que sirven para sobrevivir en el mundo cotidiano, sirviendo de apoyo para llevar a cabo el desarrollo de las habilidades analíticas del pensamiento, (De Sánchez, 1995). En la Figura 2 se muestran los requerimientos para adquirir las habilidades del pensamiento.



**Figura 2** Requerimientos de las Habilidades del Pensamiento

En el presente trabajo se prestará atención a las técnicas de estudio, las cuales deben ser específicas para poder ayudar a los estudiantes ciegos y débiles visuales; por lo que deben tener como característica el ser amenas, divertidas, multimedia y 3D para que el estudiante utilice como estilo de aprendizaje la percepción virtual táctil (Espinosa & Medellín, 2014, p475).

### Estilo de Aprendizaje

El conjunto de características psicológicas y cognitivas que suelen emplearse cuando una persona debe aprender, se conoce como estilo de aprendizaje (Gallego & Honey, 1999); es decir, son las diversas formas en que un individuo puede aprender. Generalmente.

Cada persona emplea un método particular de interacción, y responde a su ambiente de aprendizaje procesando estímulos e información.

De tal manera que internamente tiene ya definida su forma de aprender y es importante proporcionarle los ejercicios con ese tipo de aprendizaje para aumentar su rendimiento. Además, conociendo el estilo de aprendizaje del estudiante con PA, se le sugiere que realice los ejercicios definidos para ese estilo, lo que ayudará en forma más efectiva el disminuir/erradicar un PA. Se pueden mezclar ejercicios de diferentes estilos de aprendizaje dado que una persona no siempre es 100% de un determinado estilo de aprendizaje. A la proporción en que cada persona utiliza diversos estilos de aprendizaje se le llama perfil de aprendizaje. Este perfil será el que determine qué tipo de ejercicio de estilo de aprendizaje practique más el estudiante con PA. Para identificar y evaluar los estilos de aprendizaje con fines pedagógicos se utilizó el modelo de Honey-Alonso el cual mide los estilos de aprendizaje en activos, reflexivos, teóricos y pragmáticos (Reyes, 2012).

**Activos:** Son personas que gustan de nuevas experiencias, de mente abierta, no escépticos y les agrada emprender nuevas tareas; son personas que viven en el aquí y el ahora. El estudiante vive la experiencia.

**Reflexivos:** Gustan de observar las experiencias desde diferentes perspectivas. Reúnen datos para analizarlos con detenimiento antes de llegar a alguna conclusión. Prefieren ser prudentes y analizar bien la situación antes de actuar. El estudiante se basa en la reflexión.

**Teóricos:** Suelen ser perfeccionistas. Por lo general, buscan integrar los hechos en teorías coherentes. Gustan de analizar y sintetizar. Para ellos, la racionalidad y la objetividad son aspectos prioritarios. El estudiante elabora hipótesis e infiere.

Pragmáticos: Su principal característica se relaciona con la aplicación práctica de las ideas. Son realistas cuando se trata de tomar una decisión o resolver un problema. Su filosofía es: si funciona, es bueno. El estudiante aplica.

Desde la perspectiva educativa y comunicativa es esencial e importante reforzar los cuatro estilos de aprendizaje para mejorar los procesos educativos a personas que carecen de la vista.

### **La educación de personas con discapacidad visual**

La percepción sensorial constituye el cimiento del conocimiento para las personas con baja visión, ciegos o normales, dado que todos pasan en su desarrollo por el mismo proceso. El problema es que las personas con baja visión y ciegos no alcanzan un desarrollo normal en su proceso evolutivo, si no se les provoca una situación satisfactoria para que se produzca. El abordaje multi sensorial es particularmente útil para despertar la conciencia del niño acerca de la presencia de sensaciones, adquiriendo de este modo información a través de las partes de su cuerpo. Por lo que las TIC permitirá la formación por competencias donde intervenga el PEA a través del uso de las habilidades multi sensoriales. Esto implica exponer al estudiante ante situaciones que exijan una actividad de exploración, de búsqueda de alternativas diversas, de reflexión sobre formas y conductas de realización de actividades personales y grupales.

“El enseñante se informa primero sobre los procedimientos que usa el estudiante para apropiarse del saber” (La Garanderie, 1984, p.98). El estudiante es pedagogo de sí mismo, es decir que aplica los medios personales para desarrollar sus conocimientos. Su evolución depende de sus medios, que por una parte son implícitos.

El enseñante no se imagina como pedagogo único provisto de medios de aprendizaje universales. Su función de asesor consiste en analizar el perfil pedagógico del estudiante para poder aconsejarlo de conformidad con sus necesidades propias y no con un modelo abstracto” (Chalvin, 1995. p.205-206).

Los autores Hoolbrook y Koenig (2003) señalan que “el éxito académico de estudiantes con discapacidad visual depende en gran medida del acceso a la formación y a los materiales didácticos”. Así mismo Stratton, resalta que para cubrir las necesidades del estudiante y aprovechar al máximo sus habilidades es importante proporcionar la ayuda y adaptaciones que sean realmente necesarias, considerando que “una adaptación excesiva separa al estudiante de su entorno mientras que una carencia le inhibe del aprendizaje” (1990, p.5). Las dos aportaciones mencionadas son claves para comenzar a adentrarse en la educación incluyente de personas con discapacidad visual. El profesor tiene que replantear y estar consciente de que en la planeación de su curso tendrá que invertir tiempo previo para adecuar su método de enseñanza a un método más eficaz enfocado a casos mixtos de estudiantes sin y con discapacidad visual, tomando en cuenta que la replaneación no debe estar ni en el exceso ni en la carencia de adaptación para no ser una educación incluyente ficticia sino una educación incluyente verdadera.

### **La educación mediante el sistema háptico**

El sistema CIGI desarrollado para propósitos de esta investigación, pretende ser un sistema virtual-háptico para la educación incluyente de personas con discapacidad visual, pero que también resulta efectivo para personas que ven, debido a que los objetos 3D que presenta pueden ser vistos a través de la computadora.

La reflexión de Fernández respecto a la vía de acceso de la realidad matemática hasta el entendimiento de la misma, expresa que ante la pérdida de la visión, el tacto es sin duda el medio más efectivo de aprendizaje (1986:72).

La Matemática nace de la cantidad, extensión configurada en el espacio. Hablar de configuración espacial exige hablar de "simultaneidad". El oído sólo puede aportar sucesión, linealidad; la simultaneidad es confusión.

El tacto, limitadamente en la simple sensación táctil de la mano y por construcción, a través de la acción de palpar, es receptor de estímulos de extensión y configuración, por lo que podríamos llamar "simultaneidad a posteriori" aunque esto ya sería hablar de esquemas empíricos. La vista proporciona "nociones elementales de espacio, extensión y solidez que el tacto proporciona también e incluso más exactamente que la vista" (P. Villey; 1946, 14). Habría que subrayar el término "elementales". Más generalmente: "los productos", aún no elaborados intelectualmente, suministrados por las observaciones de la vista y el tacto gozan de mayor analogía que otros cualesquiera. "La vista es un tacto de largo alcance que además tiene la sensación de color. (...) El tacto es una vista próxima sin color y con la sensación de rugosidad" (Ibid). El tacto, por último, es el que confirma la realidad que denuncia, en primera instancia la vista. "El tacto es el sentido fundamental del que se derivan todos los otros. (...) El papel que desempeña para el desenvolvimiento intelectual es importantísimo: los psicólogos han demostrado que es el que educa a la vista, debiéndole el conocimiento de las propiedades esenciales de los cuerpos" (Rodríguez Placer; 1929, 97).

Si a través de la acción de palpar podemos adquirir nociones de espacio, extensión y solides, y si el éxito académico de los estudiantes con discapacidad visual depende en gran medida del acceso a la información y a los materiales didácticos; entonces el sistema CIGI es una buena opción para la enseñanza de la geometría a través de OA's táctiles.

Peña (2014, p.175) propone ciertas orientaciones o recomendaciones para la educación artística de estudiantes con discapacidad visual, en específico en la pintura, de las cuales se citan a continuación las relevantes al presente estudio:

- Fomentar la estimulación sensorial a través de experiencias. En la medida en que desarrollemos una percepción multisensorial así enriqueceremos las representaciones internas de lo visual.
- Utilizar materiales plásticos que impliquen un contacto sensorial y posibiliten el reconocimiento de las formas creadas.
- Ofrecer al estudiante la posibilidad de comentar la creación artística, de modo que ésta pueda servir de nexo visual con el educador y con otros estudiantes.
- Situar ante las mismas condiciones perceptivas a todos los estudiantes para que sean capaces de hacer frente a nuevos retos y concienciarles sobre las habilidades y necesidades de individuos con discapacidad visual.

Tomando en cuenta las recomendaciones de Peña en cuanto a la estimulación sensorial a través de experiencias para enriquecer las representaciones internas de lo visual y el uso de materiales plásticos, las observaciones de Fernández (1986) sobre la importancia del tacto y el señalamiento de Hoolbrook y Koenig (2003) sobre el éxito académico y su dependencia a la información y los materiales didácticos, en la presente investigación se propone que a través del sistema CIGI se pueden manejar OA's con éstas características sensoriales y táctiles.

### Enseñanza mediante OAs

Wiley describe a los OAs como “cualquier recurso digital estructurado que se puede utilizar como apoyo para el aprendizaje y que puede ser reutilizado” (2000). Donde un recurso digital estructurado significa una morfología, secuencia u organización, quedando libre para cada quien definir esa estructura.

En el presente caso de estudio se tomó en cuenta la materia de Geometría y el tema de superficies y volúmenes. Como en cualquier materia la estructura es una unidad o su equivalente, que contiene subunidades. Dicha subunidad puede contener a su vez sub-subunidades, y así sucesivamente, hasta llegar a un concepto que ya no puede subdividirse más. La estructura será tan profunda como lo requiera el concepto a tratar. Ese concepto a desarrollar será el contenido del futuro OA. Para ejemplificar con la materia de matemáticas se tendrá la unidad geometría, donde una de sus subunidades son figuras en el plano o el espacio. A su vez una sub-subunidad son superficies volúmenes. Dentro de superficies se encuentra el triángulo. Por lo que será el triángulo la parte minúscula del todo y del que se realizará un OA. El OA del triángulo, se puede mostrar en distintas formas multimedia. Según el tipo de aprendizaje del estudiante, puede ser un mundo virtual en 2D o en 3D, un juego, un crucigrama, un cuestionario, un ejercicio que se explica paso a paso usando voz, texto.

Un video, y/o con el sistema CIGI como medio de percepción virtual táctil en personas ciegas y débiles visuales.

Los componentes principales de un OA son cuatro, como se pueden observar en la Figura 3, los cuales toman como referencia la congruencia y veracidad de los contenidos de un curso; así como la conveniencia de los componentes empleados; el uso óptimo de recursos audiovisuales; el establecimiento de metas pedagógicas y de actividades para lograr éstas; el uso de estándares para el llenado del metadato y la relevancia de los campos empleados (Ruiz, Muñoz & Álvarez, 2013, p 9).

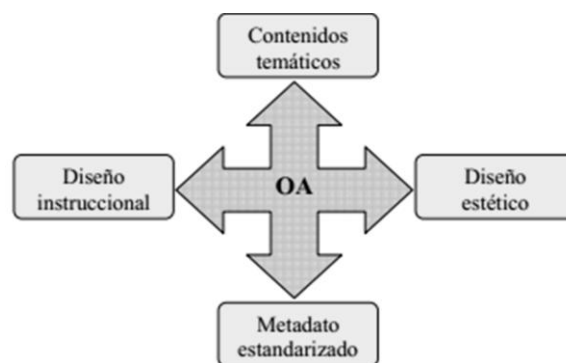
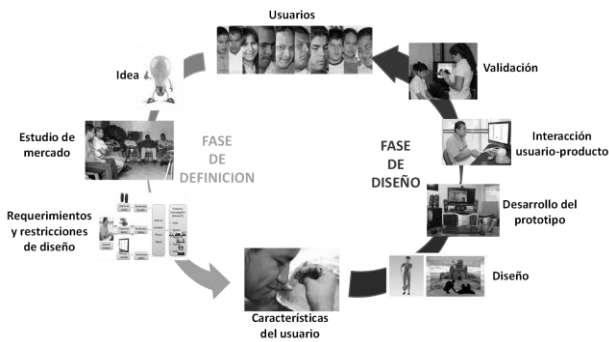


Figura 3 Componentes principales de un OA.

### Sistema CIGI

Los autores Medellín et. al. (2011) han propuesto el novedoso Sistema CIGI, el cual considera el uso de la realidad virtual y los sistemas hápticos para añadir el sentido del tacto al cine. El sistema CIGI propuesto tiene como propósito crear un mundo virtual que puede ser recorrido por el invidente al mismo tiempo que se escucha una narración acompañada por un espacio auditivo. El sistema CIGI permite sentir formas y texturas del ambiente virtual explorado. A raíz de las investigaciones generadas se pretende utilizar esta TIC, no sólo como herramienta recreativa, sino como herramienta en los OAs para la enseñanza de la geometría a personas ciegas y débiles visuales.



**Figura 4** Proceso de desarrollo de objetos orientados al usuario invidente. Ejemplo de desarrollo del Sistema CIGI.

En la Figura 4 se muestra el proceso de desarrollo en el diseño de OA's, objetos físicos, situaciones, ambientes y servicios orientados a personas invidentes, ejemplificado con el ambiente virtual del Sistema CIGI.

**Metodología experimental**

Se propuso y desarrolló la metodología experimental con base en dos fases, la de definición y la de diseño, en las que primero se tomaron en cuenta a participantes usuarios con discapacidad visual a los cuales se dirigió el ambiente virtual con OAs. En la fase de definición se realizó un estudio de mercado del grupo de usuarios participantes en cuanto a las particularidades de aprendizaje. En base a éste estudio se especificaron los requerimientos y restricciones del diseño tomando en cuenta las características del usuario y el contenido temático a tratar. Una vez recopiladas las características, en la fase de desarrollo de los prototipos o modelos virtuales se generaron cuerpos geométricos tridimensionales. Una vez obtenidos los modelos se integró al usuario con el producto en una evaluación de las figuras geométricas básicas: un triángulo, un cubo, una esfera y un cono truncado.

**Contenido Temático**

Triángulo	
Círculo y Circunferencia	
Cuadrado	
Rectángulo	

**Tabla 1** Contenido temático Geometría

La construcción de los componentes de un OA para Geometría dirigidos a estudiantes ciegos y débiles visuales partió del contenido temático que se muestra en la Tabla 1, donde cada concepto puede generar uno o más OA.

**Diseño estético**

El OA diseñado para ciegos y débiles visuales, se realizó por medio del sistema CIGI, donde el triángulo es una figura geométrica con superficie 2D dibujada en 3D, la cual se percibe por medio táctil usando un sistema háptico (el CIGI). El objetivo de implementarlo en 3D es con el fin de que el invidente pueda palpar la superficie y el perímetro del triángulo ya que al tratarse de una figura geométrica con volumen dispone de percibir táctilmente el ancho, largo y profundidad del objeto.



**Figura 5** Triángulos implementados en VRML



El autor Fernández del Campo (1986), menciona que a los estudiantes ciegos “su falta de visión les impide seguir el aprendizaje de la Matemática en las mismas condiciones que los estudiantes considerados como de visión normal. Lo que implica que se requiere de nuevas formas de implementar el PEA a una persona que presenta ceguera, esto por medio de sonido o en este caso por medio de la percepción virtual táctil y multimedia, teniendo como condición que sea estético aún para el niño invidente. Concepto ambiguo dado que el invidente no necesariamente tiene el mismo constructo cognitivo de aspecto bello o artístico como el de la persona que sí ve. Por lo que, para que los OA en 3D sean estéticos y agradables, el estudiante puede trasladar, rotar y escalar el objeto geométrico y sentirlo en forma virtual táctil; y percibir lo estético con la simulación de un triángulo rugoso o liso y el débil visual percibir los colores como se muestra en la Figura 5.

### Metodología

Para realizar la evaluación de la percepción geométrica virtual táctil, se propusieron un conjunto de pruebas experimentales de exploración, apreciación y reconocimiento de sólidos geométricos tridimensionales, como OA's, mediante el uso del dispositivo háptico y el sistema CIGI. En dicha prueba participaron 8 personas ciegas (Figura 6); las cuales se seleccionaron tomando en cuenta personas débiles visuales, ciegos parciales y ciegos totales, con el fin de identificar si el grado de invidencia toma importancia o no a la hora de identificar los objetos tridimensionales. Sin embargo, a éstos últimos no se les permitió ver la pantalla para evitar que eso influyera en sus respuestas.



**Figura 6** Participantes en las pruebas de evaluación

La metodología experimental fue la siguiente:

- Siguiendo el Propio Modelo Propuesto, primero se indagó en la forma común en que los estudiantes ciegos aprenden las formas geométricas.
- Se prosiguió al modelado de las figuras geométricas de prueba.
- Se situó a los participantes ciegos en una sala en la cual se les dieron las indicaciones generales.
- Los objetos virtuales tridimensionales previamente creados fueron: un cubo, una esfera, un cilindro, y un cono truncado. El orden de exploración de los objetos fue distinto para cada participante con el fin de medir si a medida en que se familiarizan con el sistema, la identificación mejoraba o no.
- A cada una de las personas se les pidió realizar la exploración, apreciación y reconocimiento de los cuatro objetos virtuales tridimensionales mediante el dispositivo háptico y el sistema CIGI, ver Figura 7. A todos los participantes se les tomó video para el registro y posterior análisis de los resultados.
- Al finalizar las pruebas, a cada uno de los integrantes se le realizó una serie de cuestionamientos en relación a sus percepciones sensoriales e imágenes mentales.



**Figura 7** Pruebas de evaluación de la percepción virtual táctil

## Resultados

Los datos consistieron en 2 horas de grabación en audio y video, que documentaron las pruebas aplicadas a 4 personas con ceguera total, a 3 personas con ceguera parcial (sólo perciben bultos y sombras) y a una persona débil visual (lee a 3 cm de distancia).

La grabación en audio y video se transcribió para posteriormente seguir el proceso analítico del grado de reconocimiento de la figura geométrica tridimensional “el triángulo” transformado en un cuerpo geométrico 3D el “cono truncado” y percibido a través del sistema CIGI.

	Tipo de ceguera	Orden de la figura presentada	Descripción de la figura: cono truncado	Tiempo que tardó para reconocer el objeto
HUGO	Ciego Total	3a figura	Es un triángulo.	1'51"
ALEX	Ciego Parcial: Ve sombras y bultos	3a figura	No sé qué es. <b>No lo identificó por sí mismo, se le guió el movimiento y así lo identificó.</b>	3'49"
DANIEL	Ciego Parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Es un cono.	2'26"
ABEL	Ciego Total	4a figura	Un cono.	2'50"
FER	Ciego Total	1a figura	Es un cuadrado, un círculo. <b>No lo identificó por sí mismo, se le guió la mano y después lo identificó.</b>	4'44"
LUCERO	Ciego Total	4a figura	Es muy alto, es un hielito, un óvalo, un corazón, un cilindro. <b>No lo lo identificó por sí mismo. Se le guió la mano y después lo identificó.</b>	3'
RUBY	Ciego Parcial: Ve sombras y bultos	4a figura	De arriba es más angosto y de abajo más amplio, es una pera de box, es un cilindro, como una pirámide.	2'16"
Jonny	Débil visual: lee a 3 cm de distancia	2a figura	Es un triángulo, de arriba más chico y de abajo más grande, como una montaña o un cono.	36"

**Tabla 2** Cono truncado: descripción y tiempo de reconocimiento

El caso estudiado en esta ocasión como OA de la geometría es el triángulo, el cual se modeló como un cono truncado en 3D con el fin de identificar la capacidad de reconocimiento de la figura en uno de sus diferentes volúmenes.

Se identificó una gran dificultad de reconocimiento por parte de los participantes debido a la complejidad de su forma. La mayoría de los usuarios identificaron que el objeto tenía un círculo menor en la parte superior del cono y un círculo mayor en la parte inferior, pero no imaginaban la forma completa. Sólo 2 de los 8 participantes identificaron el cono truncado como “cono” o “pirámide” y 3 de ellos no identificaron el objeto. Después de 4 minutos de exploración individual se les guió la mano y se les explicó la figura para el reconocimiento efectivo de la misma.

El tiempo de exploración que le tomó a las personas ciegas que sí reconocieron las figuras geométricas osciló entre un minuto cincuenta y un segundos (1'51'') y dos minutos cincuenta segundos (2'52''). En el caso de la persona débil visual, se le permitió ver la figura y tocarla, por lo que sólo tardó treinta y seis segundos (36'') en reconocer la imagen. Después de un tiempo aproximado de 4 minutos (4') a las personas que no reconocían el objeto 3D, se les guió la exploración sosteniendo su mano y recorriendo junto con el usuario el cono truncado, explicando el contorno tridimensional de la figura.

Se implementaron 3 cuerpos geométricos más con el fin de identificar si el grado de dificultad en el reconocimiento de los cuerpos geométricos disminuía a medida que se familiarizaban más con el sistema.

Participante	Tipo de ceguera	Orden de exploración de las figuras	Descripción de la figura	Dificultad para encontrar el objeto
Hugo	Ciego total	1a figura	Cubo	Se le pierde el objeto y no lo identifica
		2a figura	Esfera	En poco tiempo lo identificó
		3a figura	Cono truncado	En poco tiempo lo identificó
		4a figura	Cilindro	No lo identificó
Alex	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cubo	En poco tiempo lo identificó
		2a figura	Esfera	En segundos lo identificó
		3a figura	Cono truncado	No lo identificó
		4a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identificó
Daniel	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cono truncado	En poco tiempo lo identificó
		2a figura	Esfera	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identificó
		4a figura	Cubo	En poco tiempo lo identificó
Abel	Ciego total	1a figura	Cilindro	Tardó en reconocerlo
		2a figura	Cubo	En poco tiempo lo identificó
		3a figura	Esfera	En poco tiempo lo identificó
		4a figura	Cono truncado	En segundos lo identificó
Fer	Ciego total	1a figura	Cono truncado	No lo identificó
		2a figura	Cubo	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Esfera	Tardó en reconocerlo
		4a figura	Cilindro	No lo identificó
Lucero	Ciego total	1a figura	Cilindro	Tardó en reconocerlo
		2a figura	Cubo	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Esfera	En poco tiempo lo identificó
		4a figura	Cono truncado	Tardó en reconocerlo
Ruby	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cubo	En poco tiempo lo identificó
		2a figura	Esfera	En poco tiempo lo identificó
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identificó
		4a figura	Cono Truncado	Tardó en identificarlo
Jonny	Débil visual: Lee a 3 cm de distancia	1a figura	Esfera	Exploró la figura viendo y sintiendo, a lo que dijo no tener dificultad para identificar el objeto.
		2a figura	Cubo	Tardó en identificarlo
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identificó
		4a figura	Cono truncado	Tardó en identificarlo

**Tabla 3** Resumen de la prueba con Invidentes y débiles visuales.

Los resultados que se pueden apreciar en la tabla 3, es que los participantes pudieron identificar con mayor facilidad la esfera que el cubo y el cilindro.

En el caso de la esfera a la persona débil visual se le permitió ver y tocar el objeto, por lo que no le pareció difícil encontrarlo, teniendo mayor precisión en sus movimientos. Sin embargo, en el segundo objeto que exploró tuvo mayor dificultad para reconocerlo. En el caso del cilindro la mayoría de los participantes lograron identificarlo con mayor facilidad que el cubo, sólo uno de ellos no sintió la figura sino hasta la segunda oportunidad en que volvió a sentir todas las figuras y fue entonces cuando las identificó.

## Discusión y conclusiones

El entorno mediatizado para la enseñanza de cuerpos geométricos a personas con discapacidad visual a través de la TIC CIGI, es una herramienta que permite mejorar el proceso de la educación y la comunicación directa del profesor-estudiante para disminuir un problema en el PEA.

Del análisis de los resultados obtenidos de las pruebas experimentales, se puede inferir que al tocar cuerpos geométricos 3D, existe un mayor enriquecimiento para el invidente en la construcción de las representaciones simbólicas a través de la percepción virtual táctil.

Siendo de suma importancia que entre profesor y estudiante los significados compartidos sean los mismos tanto en el proceso de comunicación como en el de educación, es importante diseñar OA's adecuados para el alumnado, por lo que al revisar los datos arrojados en el uso del entorno virtual táctil del sistema CIGI, se aprueba como resultado de análisis que los usuarios logran identificar los cuerpos geométricos virtuales 3D. Por lo que el CIGI puede ser utilizado como técnica de estudio para el desarrollo de OA's y de habilidades del pensamiento, ayudando a su vez a disminuir los PA ocasionados por la carencia del sentido de la vista.

Los usuarios participantes al explorar de una forma virtual táctil los cuerpos geométricos, generaron imágenes mentales similares a la realidad presentada en la computadora, asemejándola a través del movimiento de la mano con el dispositivo háptico. Lo cual hizo al sujeto consciente de las propiedades del objeto presentado. A pesar de que el reconocimiento de los objetos en algunos de los usuarios no fue inmediato, se identificó una importante disminución en el tiempo de exploración a medida que se familiarizaban con el sistema, lo cual significa que entre más se utilice el sistema, la velocidad de exploración para el reconocimiento del ambiente virtual disminuye.

Por otro lado, los patrones gráficos táctiles de las figuras geométricas tridimensionales presentadas, ofrecen al tacto activo del ciego la información visual del entorno virtual, permitiendo que el sujeto represente mentalmente y exteriorice con la palabra oral lo que no puede percibir de manera visual.

Por lo anterior se puede decir que la percepción virtual táctil puede generar imagen mental háptica cuando la persona palpa su campo virtual táctil, llevándole a comprender el espacio y a traducirlo en una imagen mental. A través del tacto el ciego comprende que en el mundo exterior hay objetos asibles, con un nombre, una forma y un uso propio; característica que puede aprovecharse en el PEA de personas con discapacidad visual.

A través del presente trabajo de investigación se ha logrado el acceso de personas ciegas a imágenes táctiles que le permiten mejorar su PA mediante la construcción de imágenes mentales a través de OA's desarrollados en sistemas hápticos y de realidad virtual. Mediante el sistema CIGI es posible mejorar las representaciones mentales de cuerpos geométricos en personas ciegas, ya que estas se generan en el momento en el que el sujeto incorpora como parte de sus experiencias didácticas la percepción táctil.

Los patrones gráficos táctiles del sistema ofrecen al tacto activo la información visual del entorno virtual, tanto en forma como en textura, para que el sujeto se pueda adentrar al mundo virtual y representar mentalmente lo que no puede percibir directamente del escenario virtual.

Los resultados de esta investigación son de utilidad como parte del trabajo para lograr la incursión de la imagen táctil en la comunicación y educación incluyente, la cual permita percibir las propiedades geométricas de los objetos, e incluso que en un futuro también se logre proporcionar información sobre el peso y consistencia de los objetos al ser frotados, apretados y estirados.

### Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional Para la Cultura y las Artes (CONACULTA) de México, y a la SEP a través del programa PROMEP, por el apoyo financiero otorgado para la realización del proyecto.

### Referencias

- Alfageme, M. B. (2008). Análisis del uso de un entorno virtual por profesorado universitario. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 7 (2), 17-31.
- Chalvin, M. J. (1995). *Los dos cerebros en el aula*. Madrid: TEA Ediciones.
- De Sánchez, M. A. (1995). *Desarrollo de Habilidades de Pensamiento, Procesos Básicos del Pensamiento*, México D.F. 2ª Ed. Trillas, ITESM.
- Espinosa, R. y Medellín, H. I. (2014). Análisis y evaluación de la generación de iconos mentales en personas invidentes a partir de la percepción virtual táctil utilizando realidad virtual y sistemas hápticos. *Revista de Comunicación y Tecnologías emergentes*. Icono 14. Vol. 12. No. 2. P. 295-317.
- Fernández, J. E. (1986). *La enseñanza de la matemática a los ciegos*. España: Gráficas Juma. ONCE.
- Gallego, A. C. y Honey, D. (1999). *Cuestionario e instrucciones en Estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora*, España: Ediciones Mensajero Anexo s/n.
- Holbrook, M. C., & Koenig A. J. (Eds.) (2003). *Foundations of education. Volume II. Instructional Strategies for Teaching Children and Youth with Visual Impairments*. Nueva York: AFB Press.
- Martínez, L. (2012). *Sistemas de educación especial*. Estado de México: Red Tercer Milenio.
- Medellín, H. I., Martínez, C. A., Espinosa, R. y Castañeda, C. Y. (2011). *Desarrollo de un Sistema de Proyección de Películas Virtuales para Gente Invidente*. *Revista "Impulso"*. Puebla, México: Tecnológico Regional de Puebla.

Peña, N. (2014). La diversidad en la enseñanza universitaria. Un reto por la creación visual desde la invidencia. *Tendencias Pedagógicas* No. 23. Págs. 171-190.

Reyes, F. (2012). 4 estilos de aprendizaje según Alonso, Gallego y Honey. En Red. <http://periplosenred.blogspot.mx/2011/08/4-estilos-de-aprendizaje-segun-alonso.html>.

Rodriguez, R. (1929): *Apuntes sobre Pedagogía Especial de Ciegos*. Madrid. Imprenta del Colegio Nacional de Sordomudos y de Ciegos.

Romero & Lavigne (2005). Dificultades en el Aprendizaje Unificación de Criterios Diagnósticos. I. Definición, Características y tipos. *Materiales para la Práctica Orientadora*. Volumen No. 1. Consejería de Educación. Junta de Andalucía.

Ruiz, Muñoz & Álvarez (2007). *Evaluación de Objetos de Aprendizaje a través del Aseguramiento de Competencias Educativas*. Virtual Educa. Brasil.

Stratton, J. (1990). The principle of test restrictive materials. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 84, 3-5.

Van Manen, M. (1998): "El tacto en la enseñanza". Paidós Educador: Barcelona.

West, R. y Turner, L.H. (2004). *Teoría de la Comunicación: Análisis y Aplicación*. Madrid, España: Mc Graw Hill.

Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (2000), *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Recuperado el 18 de 08 de 2006, de <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>