

USABILIDAD DE UNA MESA MULTITACTIL PARA EL FOMENTO DE HABILIDADES BASICAS DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE PRIMARIA



Experiencia educativa desarrollada conjuntamente por la Universidad Autónoma de Barcelona, la Universidad de Nariño y la Institución Educativa Municipal Ciudad de Pasto.

Luis Eduardo Paz Saavedra

Grupo de Investigación Educación, Informática y Sociedad – GREDIS
Universidad de Nariño

RESUMEN

Este trabajo presenta la investigación realizada en torno al uso de una mesa multitáctil como apoyo al desarrollo de habilidades básicas de aprendizaje en estudiantes de tercero de primaria. Para tal propósito se describe el proceso de diseño y construcción de la mesa multitáctil, el software y las pruebas realizadas con los niños, así como los resultados en torno a los objetivos educativos planteados. También se incluye el análisis sobre la interacción de los estudiantes con el dispositivo, así como las ventajas y desventajas encontradas en todo el proceso.

DESCRIPCION DE LA RELACION CON LA CONVERGENCIA DIGITAL

Como se puede observar, de acuerdo a los propósitos planteados en el evento, así como las diferentes mesas temáticas propuestas para el foro de investigadores en informática educativa, es claro que el presente tema de investigación se constituye en un importante frente de investigación respecto al “uso, innovación, diseño y desarrollo de soluciones educativas con apoyo de las tecnologías de información y comunicación”. La idea surge luego de observar el enorme desarrollo de la tecnología multitáctil a través de dispositivos tales como los teléfonos inteligentes (o smartphones), los tablets (Ipad y similares), e inclusive, los mismos computadores táctiles. Sin embargo, pese a estos desarrollos, el uso de estas interfaces aún no ha sido suficientemente validado en el campo educativo; más aún si se hace referencia a dispositivos multitáctiles de gran tamaño, los cuales aún no han logrado pleno desarrollo dado los escasos campos de aplicación en diferentes actividades humanas. La presente investigación aborda precisamente ese problema, al explorar el potencial que una mesa multitáctil puede ofrecer en el campo educativo; un frente de investigación bastante interesante, más aún si se tiene en cuenta el impacto tan positivo que ha tenido la incorporación de diferentes TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

INTRODUCCION

El uso de la tecnología multitáctil en la educación es campo de investigación que se apenas se encuentra en su etapa inicial de desarrollo; sin embargo es claro que este tipo de interfaces pueden ofrecer múltiples experiencias de aprendizaje, algunas de las cuales son abordadas en la presente experiencia investigativa. Específicamente el propósito es el análisis de usabilidad de una mesa multitáctil como apoyo para el fortalecimiento de habilidades básicas de aprendizaje, las cuales son fundamentales en el proceso educativo de los niños.

Puntualmente, las pruebas realizadas en esta investigación buscan brindar al niño la oportunidad de realizar acciones como ordenar, clasificar, enumerar, unir partes, encontrar detalles, seleccionar, comparar, vincular y formar conjuntos; pues, como lo menciona Feuerstein (1980), dichas habilidades de aprendizaje están estrechamente ligadas con operaciones mentales que son básicas para el proceso educativo del estudiante, tales como la identificación, diferenciación, representación mental, transformación mental, evocación y comparación, por solo mencionar algunos ejemplos.

La investigación inicia con la construcción de dos mesas multitáctil diseñadas en el Departamento de Ciencias de Computación de la Universidad Autónoma de Barcelona (Barcelona-España); así mismo se realiza un análisis del estado actual de desarrollo de software para este tipo de dispositivos, el cual pudiese ser utilizado para la realización de actividades educativas, especialmente en el campo de las habilidades de aprendizaje que aquí se proponen. A partir de esta evaluación se plantean algunas estrategias de utilización de las mesas, de tal manera que se pudiera analizar su usabilidad para el propósito educativo propuesto.

Ya en la Universidad de Nariño (Pasto-Colombia), se construye una nueva mesa a partir de los diseños que fueron probados, incluyendo algunas mejoras. Con dicha mesa se llevan a cabo las pruebas de usuario y actividades educativas con un grupo de 42 estudiantes de tercer grado de primaria de la Institución Educativa Municipal Ciudad de Pasto.

Finalmente se realizó el análisis sobre tres aspectos fundamentales: El aprovechamiento de la tecnología multitáctil para el fortalecimiento de habilidades de aprendizaje, la dinámica de interacción de los estudiantes con las mesas y con los

demás compañeros, y las condiciones ergonómicas más adecuadas para el uso de la mesa por parte de los niños.

Los resultados que se presentan, con seguridad servirán para generar nuevas propuestas de uso de este tipo de dispositivos para propósitos educativos, situación que se constituye en un importante avance en el mundo de la informática educativa.

ESTADO DEL ARTE

EL USO DE LA TECNOLOGIA MULTITACTIL

Los continuos avances tecnológicos que se presentan cada día en el mundo de la informática ofrecen a los desarrolladores, investigadores, educadores y usuarios, la posibilidad de explorar nuevas alternativas en torno al aprovechamiento de dichos avances en las diferentes actividades humanas.

Específicamente, la historia de las interfaces multitáctiles ya tiene varias décadas de desarrollo. Desde inicios de la década de los setenta se han estado investigando varias tecnologías que permitan la interacción táctil del usuario con un computador. Particularmente, en el caso de los dispositivos de entrada multitáctiles, desde finales de la década de los sesenta del siglo pasado se comenzaron a presentar múltiples desarrollos encaminados a buscar nuevas opciones de interacción del ser humano con el ordenador usando diferentes tipos de superficies y dispositivos de contacto. Ya en el año de 1972, Control Data Corporation dio a conocer el sistema PLATO IV, equipo que incluía un panel táctil que permitía a los usuarios interactuar con dicho sistema utilizando sus dedos (Buxton, 2011). Con éste y otros avances similares de la época se daba inicio a la apertura de nuevos caminos que se han seguido explorando hasta la actualidad.

A propósito de este nuevo escenario en el que el desarrollo tecnológico ya está alcanzando en la actualidad su punto de madurez, los usos de estas nuevas tecnologías en las diferentes actividades humanas también se han venido desarrollando aunque no con la velocidad deseada, pues una de las mayores dificultades ha sido la escasez de áreas y actividades que hagan uso de esta potencialidad multitáctil. Solo a partir de la primera década del siglo XXI los

teléfonos inteligentes y tablets PC (tales como el Iphone, Ipad y similares), se han venido abriendo un espacio en el mundo la comunicación y manejo de información, ofreciéndole al usuario nuevas formas de contacto e interacción. Sin embargo, en el campo educativo, el trabajo apenas comienza.

ESTADO ACTUAL DEL DESARROLLO TECNOLOGICO

Para el desarrollo de superficies táctiles de gran tamaño (80x60 cm en este caso) En la actualidad existen diferentes métodos de detección de contacto multitáctil. A continuación se mencionan las principales alternativas en este campo, y más específicamente, aquellas relacionadas con la tecnología usada para el diseño de la mesa diseñada para esta investigación.

En esencia, las diferentes alternativas existentes se caracterizan por estar basadas en un método específico de iluminación. La elección de cada uno de ellos depende del costo y la complejidad que se pueda asumir en la construcción de la mesa y el entorno en que ésta se encuentre una vez montada; esto debido sobre todo, a la cantidad y tipo de iluminación de dicho entorno (Gurguì, 2009). Las siguientes son las alternativas existentes:

1. Reflexión Total Interna Frustrada (RTIF): En este método se utiliza como superficie de contacto una placa de material refractante (metacrilato) de pocos milímetros de espesor. Además necesita fuente de luz infrarroja ubicada al rededor del borde de dicha superficie, esto genera el fenómeno de reflexión total interna. Cuando el usuario ejerce presión se produce una interrupción en la luz, la cual es detectada por una cámara ubicada en la parte opuesta al contacto.

2. Iluminación Difusa (ID): Puede ser de dos tipos; posterior, cuando se colocan los emisores de luz infrarroja debajo de la superficie de contacto, y frontal, cuando dicha luz va por encima. En ambos casos es necesario utilizar un material difusor de la luz y se detecta el contacto de los dedos cuando estos hacen sombra sobre dicha superficie de contacto.

3. Plano de luz Láser (PL): Como su nombre indica, este método utiliza láseres como fuente de luz infrarroja. El grueso de cada haz normalmente es de 1 mm y estos se colocan de manera que proyecten la luz paralela a la superficie. Cuando el

usuario hace contacto, la punta del dedo queda iluminada y la cámara puede detectar el punto de contacto.

4. Iluminación de Superficie Difusa (ISD): Básicamente, tiene una configuración como la RTIF pero con un metacrilato especial utilizado para distribuir uniformemente la luz infrarroja a través de la superficie. Este material contiene pequeñas partículas en su interior que actúan como miles de pequeños espejos; cuando la luz de infrarrojos brilla desde los bordes de este material, la luz es redireccionada y propagada hacia la superficie.

Gracias a los resultados obtenidos con los antecedentes de construcción del sistema RTIF en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Barcelona, en la presente investigación se optó el uso de esta tecnología en particular; por este motivo, a continuación se puntualiza en algunas de sus características:

RTIF: Esta metodología fue desarrollada por Jeff Han (Han, 2005). Parte del fenómeno conocido como Reflexión Total Interna y describe una condición presente en ciertos materiales cuando la luz entra con un ángulo de mayor incidencia generando un alto índice de refracción.

El sistema está constituido por una placa de metacrilato (acrílico) de unos pocos milímetros de espesor. Se usa este material debido a que sus propiedades de transmisión ópticas son mejores que las del cristal común; además, tiene una mayor resistencia a la rotura y es menos denso que el cristal.

Los bordes de la placa se iluminan con diodos luminiscentes emisores de luz infrarroja de manera que la luz se propague por el interior de la placa mediante reflexión interna total. Cuando un dedo entra en contacto con la superficie, interrumpe (frustra) la reflexión interna total, provocando que parte de la luz se disperse hacia afuera de la placa. Una cámara recoge la luz dispersada formando así una imagen de los puntos de la superficie en los que se ha producido el contacto. Posteriormente, un software especializado aplica diferentes filtros a la imagen capturada por la cámara para, finalmente, convertir la secuencia de imágenes resultante en órdenes que el computador interpreta (Ver imagen 1).

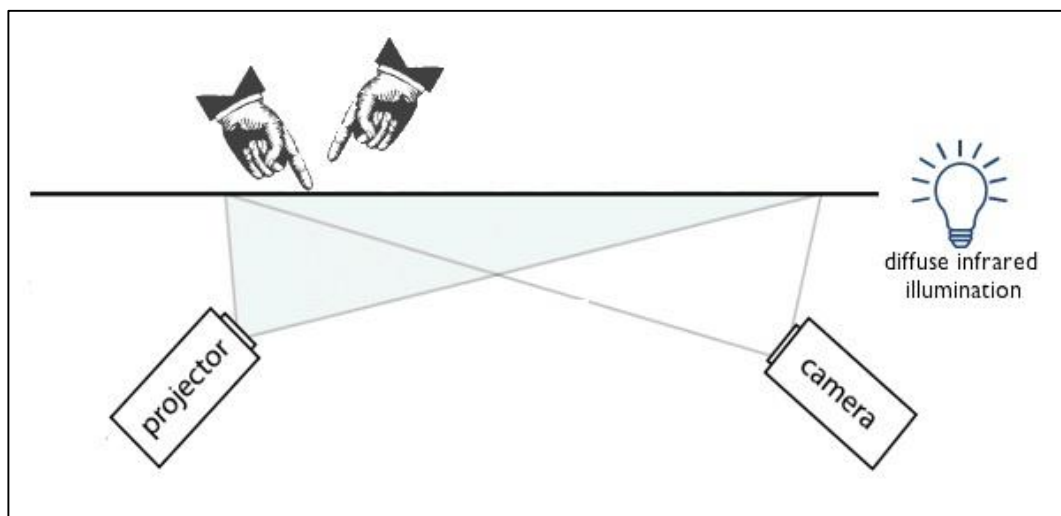


Imagen 1. Disposición básica del sistema multitáctil.

TECNOLOGIA MULTITACTIL EN LA EDUCACION

En el campo de la educación, particularmente en el de la informática educativa, los esfuerzos se centran en la búsqueda de nuevas formas de aprovechar los recursos informáticos y tecnológicos disponibles en beneficio de los procesos de enseñanza-aprendizaje en todos los niveles, comenzando desde la educación preescolar, hasta la educación primaria, secundaria y superior o universitaria. Gracias a estos esfuerzos, generalmente los adelantos que en principio fueron desarrollados para contextos diferentes al educativo, pasan a brindar un aporte invaluable a la educación al ofrecer a profesores y estudiantes alternativas didácticas que traen nuevos beneficios a la forma en que se enseña y aprende en la actualidad.

Con respecto al caso de los dispositivos multitáctil, como se mencionó anteriormente, en la actualidad son muy pocas las áreas de aplicación en las que se está aprovechando el potencial de este tipo de interfaces. Específicamente, respecto a la utilización que se puede dar a estos dispositivos en el mundo de la educación apenas se ha iniciado la exploración sobre los distintos usos que se puede hacer para apoyar al proceso formativo de los estudiantes. Precisamente, García-Herranz (2010), plantea que “Las superficies multitáctiles horizontales amplían en gran medida el abanico de posibilidades a la hora de configurar los escenarios educativos, debido a las nuevas formas de interacción que ofrece, combinando las ventajas del aprendizaje en grupo cara a cara con el soporte informático de forma natural”.

Ya en el campo investigativo algunos esfuerzos se han enfocado en el favorecimiento del trabajo colaborativo; objetivo que se puede obtener al brindar a los estudiantes la oportunidad de trabajar en grupos y en forma simultánea con mesas de este tipo. Sobre este tema diferentes estudios han enfocado sus esfuerzos en comprobar la forma en que se puede utilizar esta tecnología para favorecer el trabajo colaborativo en grupos de estudiantes (García-Herranz, y otros, 2010). Otros proyectos educativos para superficies multitáctiles han orientado sus esfuerzos a apoyar la educación en campos como la música (García, 2010), en la educación especial o para apoyo a través de aulas multisensoriales; sin embargo, a pesar del enorme potencial que estos dispositivos pueden tener, aún quedan muchos temas por explorar y muchas aplicaciones por desarrollar, de manera que pueda ser analizada la utilidad de esta tecnología en otros aspectos educativos tales como los que se proponen en la presente investigación.

Con el propósito de analizar en forma más detallada el estado del arte respecto a la investigación científica en esta área, a continuación se mencionan los principales antecedentes encontrados en diferentes contextos educativos; sin embargo, vale la pena recalcar que ninguno de los proyectos descritos se enfoca en el tema específico de las habilidades de aprendizaje, aunque sus aportes desde el punto de vista metodológico y procedimental son de mucha importancia para el desarrollo de este proyecto.

Usabilidad de dispositivos multitáctil. A propósito de usabilidad, Magallanes (2010) presenta un listado de diferentes antecedentes investigativos incluyendo en algunos casos descripciones de los experimentos y resultados encontrados:

- Experiences with and Observations of Direct-Touch Tabletops. Desarrollado por Ryall, K., Forlines, C., Shen, C., Morris, M. R., y Everitt, K. Ellos realizan observaciones de experiencias de usuarios trabajando de manera individual en mesas interactivas en cuatro diferentes contextos del mundo real, todos ellos en ambientes no controlados.
- Understanding multi-touch manipulation for surface computing. Trabajo de North, C., Dwyer, T., Lee, B., Fisher, D., Isenberg, P., Robertson, G., y Inkpen, K. M. En su proyecto hablan sobre la factibilidad de algunos modelos multitáctiles y el comportamiento de los usuarios con respecto a dichos modelos.

- Precise selection techniques for multi-touch screens. Trabajo llevado a cabo por Benko, H., Wilson, A. D., y Baudisch, P. En este caso se presenta un conjunto de cinco técnicas que ayudan a los usuarios durante la selección de elementos muy pequeños durante el uso de dispositivos multitáctiles.

A nivel general los resultados de este tipo de experiencias han permitido establecer que los dispositivos multitáctiles pueden ser utilizados en diferentes contextos y para diferentes propósitos, de la misma forma se han establecido algunas sugerencias para asegurarse de que los usuarios puedan tener una interacción más fluida a través de software diseñado para aprovechar los diferentes gestos multitáctiles y con características ergonómicas que faciliten su uso.

Ademanos multitáctil. Los referentes que se muestran a continuación señalan algunos casos de investigaciones relacionadas con el análisis de los gestos multitáctil usados para la interacción con este tipo de dispositivos. También son recogidos del listado creado por Magallanes:

- Separability of spatial manipulations in multi-touch interfaces. Trabajo de Nacenta, M. A., Baudisch, P., Benko, H., y Wilson, A. Según sus conclusiones, dado que las interfaces multitáctiles asemejan la manera en que las personas manipulan objetos físicos, éstas pueden llevar a desarrollar interacciones más naturales. Las técnicas de interacción que se utilizan para trabajo de quipo en una mesa pueden afectar la forma en que la gente colabora, por lo que se hace difícil para los diseñadores elegir las técnicas adecuadas de trabajo en equipo para la construcción de la mesa. Para ello se llevó a cabo un estudio exploratorio para determinar cómo los diferentes tipos de técnicas de interacción afectan la coordinación y desempeño en dos tareas en una mesa. Los resultados obtenidos fueron que la elección de la técnica de interacción afecta significativamente la coordinación y el rendimiento.
- El artículo One step forward, two steps back, de Nielsen Norman group, muestra problemas importantes con la comunicación mediante ademanos debido a su complejidad tecnológica, tasa de aprendizaje, aspectos intuitivos y ergonómicos, desde los puntos de vista técnicos y del usuario. Además plantean que “la demanda de desarrollar ademanos o interfaces naturales bien probados y comprendidos como estándares de interacción ha sido eliminada, ignorada y violada, lo que trae como resultado un desastre de usabilidad en las interfaces tangibles”.

Como se puede observar, según los antecedentes observados no existe unidad de criterios frente a la forma de interactuar con este tipo de superficies, por este motivo muchos desarrolladores aún se encuentran trabajando en diferentes propuestas para evaluar ademanes y alternativas en este sentido.

Sistemas multitáctil para el aprendizaje colaborativo. Ya entrando en el tema educativo, Magallanes también hace un recorrido por algunos de los estudios y avances más significativos en el tema del trabajo colaborativo, área que cuenta con el mayor número de experiencias investigativas:

- The effects of interaction technique on coordination in tabletop groupware. Investigación de Nacenta, M. A., Pinelle, D., Stuckel, D., y Gutwin, C. Ellos presentan un marco de trabajo que diferencia varias técnicas de interacción y un estudio exploratorio que provee evidencia de cómo estas técnicas cambian la coordinación y la colaboración entre un grupo de trabajo mientras realizan tareas en una mesa interactiva.
- A HIMI model for collaborative multi-touch multimedia education. Cheng, I., Michel, D., Argyros, A., y Basu, A. Este es un estudio para el análisis de la potencialidad de usar una mesa multitáctil en apoyo a la interacción y colaboración durante las actividades de aprendizaje.
- Around the table: are multiple-touch surfaces better than single-touch for children's collaborative interactions? Es un trabajo desarrollado por Harris, A., Rick, J., Bonnett, V., Yuill, N., Fleck, R., Marshall, P., y Rogers, Y. Es un estudio en un salón de clases para investigar el uso potencial de una mesa con tecnología táctil para apoyar el aprendizaje colaborativo en niños. Los resultados muestran que las condiciones de usar la mesa no afectan la frecuencia o interacciones equitativas, pero si influye la naturalidad de la discusión entre los niños. Los niños incluso platican más acerca de la tarea a realizar.
- Collaborative coupling over tabletop displays. Estudio llevado a cabo por Tang, A., Tory, M., Po, B., Neumann, P., y Carpendale, S. Ellos analizaron las consecuencias del trabajo en equipo e individual sobre una mesa multitáctil. En sus ejercicios abordan el uso de pantallas multitáctiles por varios usuarios al momento de ejecutar tareas compartidas.

En general, los ejemplos mencionados demuestran la factibilidad de usar las mesas multitáctiles para el desarrollo de múltiples actividades educativas llevadas a cabo en grupos de trabajo y de manera colaborativa. Particularmente, entre los resultados encontrados en los diferentes informes analizados, se puede destacar que una adecuada planificación de estas experiencias puede ofrecer alternativas muy interesantes en beneficio del proceso de aprendizaje de los estudiantes y de su interrelación con sus compañeros; además, como es apenas natural, estas actividades contribuyen al logro de los objetivos educativos planteados, al tiempo que ofrece a los estudiantes nuevas alternativas que generalmente producen mayor motivación y entusiasmo por el trabajo académico desarrollado.

TECNOLOGIA MULTITACTIL Y HABILIDADES DE APRENDIZAJE

Hablando un poco sobre el tema de propio de este proyecto, las habilidades de aprendizaje son herramientas fundamentales para el proceso formativo de todo estudiante; de ahí la importancia de generar nuevas alternativas que permitan aportar para su mayor desarrollo. El uso de materiales didácticos, software educativo y cualquier tipo de estímulo encaminado en este propósito, redundará en beneficio de competencias básicas útiles para todas las áreas de estudio, para cualquier fase del proceso de enseñanza-aprendizaje y son indispensables en cualquier entorno educativo. En resumen, son habilidades fundamentales para aprender a aprender (Novak, y otros, 1998).

Jean Piaget, principal investigador y referente en este campo, puso en evidencia que la mente de un niño se construye en forma progresiva a lo largo de la vida y pasando por distintas etapas antes de alcanzar el nivel adulto; por este motivo, su contribución esencial a las teorías educativas vigentes hoy en día fue haber demostrado que el niño tiene maneras de pensar específicas que lo diferencian del adulto. De la misma forma, Piaget pudo establecer que el niño tiene diferentes características y capacidades de aprendizaje que varían según su edad y que pueden ser potencializadas en cada etapa de manera que los resultados educativos sean los más adecuados (Piaget, 2001).

En esencia, la teoría de Piaget describe los estadios de desarrollo cognitivo desde la infancia hasta la adolescencia; esto es, cómo se desarrollan las estructuras psicológicas a partir de los reflejos innatos del bebé, cómo se organizan durante la infancia en esquemas de conducta, se internalizan como modelos de pensamiento, y

se desarrollan durante la infancia y la adolescencia en complejas estructuras intelectuales que posteriormente caracterizarán su vida adulta.

Habilidades de aprendizaje. El proceso de desarrollo cognitivo guarda una estrecha relación con el mejoramiento progresivo de las capacidades que tiene el niño para aprender y las operaciones mentales utilizadas en este proceso. Piaget definió estas operaciones mentales como “la acción interiorizada que modifica el objeto del conocimiento y que se va construyendo y agrupando de un modo coherente en el intercambio constante entre pensamiento y acción exterior” (Herrera, 2009).

Según Reuven Feuerstein, quien complementa el anterior concepto, las operaciones mentales son “el conjunto de acciones interiorizadas, organizadas y coordinadas, en función de las cuales llevamos a cabo la elaboración de la información que recibimos”. (Feuerstein, y otros, 1980). Así, el acto mental se puede analizar en función de las estrategias que emplea la persona para explorar, manipular, organizar, transformar, representar y reproducir nueva información. Es decir, las operaciones mentales que utiliza el estudiante permiten que el conocimiento sea asimilado en forma significativa y duradera; de ahí la importancia de buscar su continuo mejoramiento.

Estas operaciones mentales pueden ser relativamente simples (ej. reconocer, identificar, comparar) o complejas (ej. pensamiento analógico, transitivo, lógico e inferencial); en estas circunstancias, cada actividad cognitiva exige al ser humano emplear una o varias de estas operaciones; además, cuando estas están unidas de un modo coherente, dan como resultado la estructura mental de la persona. El listado de estas operaciones ordenadas según su complejidad es el siguiente: identificación, diferenciación, representación mental, transformación mental, evocación, comparación, clasificación, seriación, codificación-descodificación, proyección de relaciones virtuales, análisis-síntesis, inferencia lógica, razonamiento analógico, razonamiento hipotético, razonamiento transitivo, razonamiento silogístico, pensamiento divergente, pensamiento convergente y razonamiento lógico.

Como ya se mencionó anteriormente, el desarrollo de estas operaciones mentales depende en gran medida de las habilidades de aprendizaje con las que cuenta el estudiante, de ahí la importancia de generar estrategias y actividades puntuales para aportar en su fortalecimiento.

El papel de la mesa multitáctil. Volviendo al tema de los dispositivos multitáctiles, el director general de Avande en España, Jordi Griful hace una reflexión perfectamente aplicable a este campo de específico de investigación: “La tecnología existe, lo difícil es aplicarla a la vida real y que el usuario final aprecie las ventajas” (Gallego, 2009); en estas circunstancias, estudiar cómo aumentar la probabilidad de crear situaciones que favorezcan en mayor medida el aprendizaje se constituye en un tema de especial interés, no solo desde el punto de vista educativo, sino también en el campo de la usabilidad de dicha tecnología dentro del aula de clases.

De acuerdo a las anteriores consideraciones, para favorecer el desarrollo permanente de las operaciones mentales y las habilidades de aprendizaje mencionadas, son muchas las actividades que se pueden realizar tanto dentro como fuera del aula de clases, algunas de ellas pueden ser: organizar rompecabezas, sopas de letras, crucigramas, tangrama, juegos de encontrar la palabra desconocida (ahorcado), recolectar, organizar y graficar datos, realizar resúmenes, glosarios, mapas conceptuales, mapas mentales, cuadros sinópticos, carteleras; consulta de información, lecturas, preguntas, presentación de problemas, buscar detalles, construcción de modelos, maquetas, figuras geométricas y muchas otras más.

Dentro de este inmenso grupo de recursos y estrategias educativas, actividades como ordenar, clasificar, enumerar, unir partes, encontrar detalles, seleccionar, comparar, vincular y formar conjuntos, son eje fundamental de trabajo, dada su enorme utilidad para el desarrollo de esas capacidades de aprendizaje; sin embargo, no existen experiencias documentadas sobre proyectos encaminados a valorar la utilidad de dispositivos multitáctiles para esos propósitos.

A partir de los anteriores planteamientos se puede observar dos situaciones problemáticas que se constituyen en el eje fundamental de esta propuesta: en primer lugar, la escasa investigación respecto a la usabilidad de dispositivos multitáctiles en contextos educativos, y en segundo término, la importancia de buscar alternativas para el fortalecimiento de las habilidades de aprendizaje de los niños en edad escolar. Finalmente, dada la importancia de las investigaciones educativas respecto a la forma en que el ser humano aprende, este siempre será un tema de investigación en permanente vigencia, más cuando las nuevas tecnologías día a día ofrecen alternativas que podrían ser implementadas y aprovechadas de diversas maneras en beneficio de los aprendices, quienes - al fin y al cabo -, son el eje fundamental del acto educativo.

METODOLOGIA

Desde el punto de vista operativo, el proceso investigativo fue separado en las siguientes actividades:

CONSTRUCCION DE LA MESA MULTITACTIL

1. Diseño y construcción: Como ya fue mencionado, este dispositivo fue construido en la ciudad de Pasto, seleccionando para tal propósito la tecnología RTIF (Reflexión Total Interna Frustrada). En esencia, la mesa cuenta con un proyector que envía la imagen desde abajo hacia una superficie acrílica de 8 mm de espesor ubicada en posición horizontal; además utiliza una fuente de luz infrarroja ubicada al rededor de su borde. Dicha luz se desplaza por todo el acrílico y se “frustra” al recibir el contacto de los dedos. Una cámara de video realiza la captura de la imagen que contiene los puntos de contacto, dicha imagen es procesada por un software especializado que hace la interpretación de las sucesivas capturas de una cámara de video y filtra dichas capturas hasta obtener una imagen nítida de los puntos de contacto de los dedos con la superficie, estas imágenes son interpretadas por el software que reacciona ante las órdenes recibidas por parte del usuario.



Imagen 2. Proceso de construcción de la mesa multitáctil.

Las características específicas de la mesa construida son las siguientes:

- Material de la mesa: MDF.
- Medidas: 83 cm de ancho, 63 cm de profundidad y 90 cm de altura.
- Superficie transparente: Acrílico de 80 x 60 cm de 8 mm de espesor.
- Componentes electrónicos: Cinta de luz infrarroja, proyector, cámara ps3 eye, computador portátil.

2. Configuración de software: Además del proceso de diseño y construcción, fue utilizado el siguiente software para la configuración del dispositivo:

- **Drivers para las cámaras:** para las mesas se utilizó la cámara ps3 modificada para que pudiera con detección de infrarrojos.
- **Community Core Vision:** CCV es un programa de código abierto desarrollado y soportado por "NUI Group Community"; es utilizado para hacer la detección de los gestos multitouch. Hace el seguimiento del contacto y convierte el video generado por la cámara en coordenadas, de esta manera registra las características de los puntos de contacto y los diferentes gestos asociados.
- **MTmini Package:** Fue utilizado para activar el manejo del entorno del sistema operativo a través de la mesa multitáctil. Para esto se usa el programa Windows_Mousedriver.exe, que se encuentra incluido en dicho paquete.

2. ORGANIZACION DE ACTIVIDADES EDUCATIVAS

Esta fase fue desarrollada en tres pasos: en primer lugar fue evaluado un número amplio de demos y utilidades diseñados para superficies multitáctiles y que se encuentran disponibles para su descarga en diferentes sitios de Internet. El segundo paso fue la selección de los programas que serían utilizados en las prácticas con los estudiantes; y en tercero, la preparación de las actividades específicas a desarrollar con dichos programas, las cuales deberían obedecer a los propósitos educativos propuestos en el proyecto.

1. Utilidades para la mesa multitáctil evaluadas: En primer lugar se recopilaron demos y programas elaborados por diferentes grupos y desarrolladores, los cuales fueron clasificados según el formato de archivo:

- **Demos en flash:** Entre ellos se encuentran simuladores de instrumentos musicales, programas de pintura, rompecabezas, tangrama y simuladores de fenómenos físicos.
- **Demos pymt:** PyMT es una librería de código abierto usada para desarrollar aplicaciones multitáctil. Los demos están diseñados en el lenguaje Python y pueden ser visualizados en Windows y Linux.
- **Demos adobe air:** Se encontraron varias aplicaciones en este formato; estas, a diferencia de los anteriores grupos de programas, no solo se limitan a demostrar las posibilidades de los gestos multitáctil, sino que también tienen un propósito educativo muy bien definido.
- **Software educativo: Gcompris.** Este es un software educativo con diferentes actividades para niños con edades entre 2 y 10 años. No está diseñado para trabajo multitáctil, sin embargo se puede usar con una mesa de este tipo activando una librería para el sistema operativo que permita usar un dedo sobre la mesa en reemplazo del puntero del ratón.

2. Software seleccionado: Luego de una revisión minuciosa de todas las utilidades encontradas y teniendo en cuenta los objetivos puntuales de investigación, se procedió a realizar la selección de los programas que serían usados para las pruebas con los niños. El principal criterio de selección fue que pudieran ser utilizados para el desarrollo de actividades educativas relacionadas con las habilidades de aprendizaje que serían analizadas.

Los tres programas seleccionados fueron:

- **Gesturehero.air.** Funciona como un juego que le da al usuario 45 segundos para realizar diferentes gestos multitáctil. Al finalizar el tiempo muestra el número de gestos realizados en forma correcta. Es útil para familiarizarse con las diferentes formas de interacción con un dispositivo de este tipo.
- **Photo.exe.** Es un programa diseñado en Flash. Además de permitir la práctica y aprendizaje de diferentes gestos multitáctil (seleccionar, mover, girar, cambiar de tamaño), también es útil para jugar a realizar clasificación de las fotos disponibles.
- **Juego_precio_exacto.air.** Es un juego que permite realizar la compra de diez productos uno a uno utilizando una determinada cantidad de dinero

representado en billetes y monedas de diferente denominación. El niño debe pagar el precio tratando de usar su dinero en la forma más adecuada. Es útil para la práctica de gestos multitáctil y el desarrollo de diferentes habilidades de aprendizaje.



Imagen 3. Aplicaciones seleccionadas para las actividades con niños.

3. Planeación de actividades: Como se mencionó con anterioridad, se prepararon actividades con el propósito fundamental de que fueran de utilidad para los objetivos educativos planteados. Específicamente, se planearon tres tareas para ser desarrolladas durante la práctica con los estudiantes:

- **Actividad 1.**
 Descripción: Aprendizaje de gestos multitáctil: cambiar tamaño, deslizar, doble clic, pulsar, sacudir, rotar.
 Programa: Gesturehero.air.
 Objetivo: Familiarizar al niño con las diferentes acciones que puede realizar en un dispositivo multitáctil.
 Tiempo: 15 minutos.

- **Actividad 2.**
 Descripción: Clasificación de fotografías: ordenar 20 fotografías según diferentes criterios.
 Programa: Photo.exe (desarrollado en Flash)
 Objetivo: Analizar la forma de interacción entre los niños, trabajo en grupo, y las actividades de seleccionar, encontrar detalles, comparar, ordenar, clasificar y formar conjuntos.
 Tiempo: 15 minutos.

- **Actividad 3.**

Descripción: Juego “el precio exacto”, simulación de compras usando billetes y monedas de diferente valor.

Programa: juego_precio_exacto.air

Objetivo: Analizar la forma de interacción de los niños, trabajo en grupo y gestos multitáctil utilizados en la práctica. También se analizan las actividades de seleccionar, encontrar detalles, comparar, ordenar, clasificar y formar conjuntos.

Tiempo: 15 minutos.

3. DEFINICION DE ASPECTOS METODOLOGICOS

Una vez realizada la construcción de la mesa, la selección del software a utilizar y la planeación de las actividades educativas, el siguiente paso fue la definición de los criterios para la selección del grupo de niños que realizarían de las pruebas de usuario. Dichos criterios fueron:

Población de trabajo: De acuerdo a las teorías de desarrollo cognitivo que ya fueron comentadas, se seleccionó niños de tercero de primaria (8 a 9 años aproximadamente). Esto teniendo en cuenta que a esta edad ellos se encuentran en la etapa de operaciones concretas y cuentan con habilidades de aprendizaje que pueden ser mejor aprovechadas en las actividades educativas planeadas.

Muestra: 42 estudiantes de grado tercero de primaria de la Institución Educativa Municipal Ciudad de Pasto (Pasto-Colombia). En este caso se utiliza un muestreo no probabilístico incidental. Esto significa que los resultados obtenidos no serían utilizados para hacer generalizaciones respecto a toda la población ya que se selecciona un grupo específico en forma deliberada. No es una muestra aleatoria pues el propósito es seleccionar directa e intencionadamente los individuos de la población.

Organización de grupos de trabajo: Para el desarrollo de las actividades con las mesas multitáctil, los niños fueron organizados en grupos de tres estudiantes, esto con el propósito de analizar no solamente el desempeño frente a las actividades propuestas, sino también la interacción como grupo de trabajo.

Tiempo utilizado: Cuarenta y cinco minutos por cada grupo de trabajo para el desarrollo de las tres actividades. En promedio, quince minutos para cada actividad.



Imagen 4. Grupo de niños seleccionados para la ejecución del proyecto.

4. DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION

Fueron diseñados tres documentos: el primero es una encuesta inicial para ser aplicada antes de iniciar la interacción con la mesa, el segundo es un formato de registro de las actividades de los niños durante el tiempo que hacen uso de la mesa, y el tercero es una encuesta final para que ellos puedan expresar su opinión sobre los resultados finales.

Encuesta inicial: Es un cuestionario sencillo que permite la recolección de información básica de los niños; esto con el propósito de identificar algunas características generales del grupo de trabajo.

Formato de observación: Este fue diseñado para llevar un registro claro sobre cada una de las acciones desarrolladas por los grupos de estudiante en cada una de las actividades educativas planeadas con la mesa multitáctil. La observación se realizó en torno a los siguientes aspectos:

- Dificultad observada para cada gesto multitáctil.
- Número de gestos correctos en cada oportunidad.
- Tiempo utilizado para cada actividad.

- Desempeño en cada habilidad específica de aprendizaje..

Encuesta final: Al finalizar el proceso de uso de la mesa multitáctil, los niños diligenciaron esta encuesta con el propósito de identificar su opinión respecto a las actividades desarrolladas.

5. USO DE LA MESA MULTITACTIL

A continuación se describe el procedimiento seguido durante las prácticas con cada grupo de tres estudiantes:

Inducción: Consiste en dar a los niños instrucciones sencillas de cómo ubicarse frente a la mesas y como iniciar la interacción utilizando los dedos. No se profundizó en explicaciones detalladas sobre el funcionamiento del dispositivo, esto teniendo en cuenta que parte de la práctica consiste en que los niños puedan descubrir la forma de interacción con la mesa a partir de las diferentes pruebas que ellos mismos realicen.

Actividad 1: Al iniciar el uso del programa, este ofrece un lapso de tiempo de 45 segundos para que los usuarios realicen cada uno de los seis gestos multitáctil propuestos: clic, doble clic, mover, cambiar de tamaño, sacudir y rotar. Al finalizar este tiempo el programa presenta el número de gestos que fueron realizados en forma correcta. Luego de realizar la demostración a los niños, ellos continúan repitiendo este proceso durante los quince minutos disponibles. Se espera que con cada repetición los niños puedan mejorar en la interacción con la mesa y en el número de gestos realizados correctamente.

Actividad 2: El programa ofrece 21 imágenes de diferentes tipos: osos, animales felinos, flores, paisajes de montaña, paisajes de selva, aves, animales de mar, animales de selva, paisajes marinos y un rostro humano. La actividad consiste en que los niños clasifiquen dichas imágenes agrupándolas según diferentes criterios: 1-separar animales y paisajes, 2-animales de diferentes tipos, 3-paisajes de diferentes tipos, 4-clasificación según criterios establecidos por los mismos niños.

Actividad 3: En este caso, el juego presenta diez productos que deben ser comprados uno a uno con un determinado número de billetes y monedas de diferente valor. Los niños deben ir comprando cada producto utilizando los billetes y monedas de menor denominación. Si el pago se realiza correctamente el programa lo cuenta como un acierto, en caso contrario lo cuenta como un error. Al

finalizar toda la actividad el mismo programa presenta un informe con los resultados representados en puntajes de 0 a 50 puntos.



Imagen 5. Grupo de estudiantes durante las prácticas educativas.

6. RECOLECCIÓN FINAL DE INFORMACIÓN Y EVALUACION DE RESULTADOS

Una vez finalizadas las prácticas se procedió a realizar una reunión con la totalidad del grupo de estudiantes participantes. En ella se llevaron a cabo dos actividades fundamentales:

Cuestionario: En primer lugar se pidió a los niños el diligenciamiento de un pequeño cuestionario con preguntas cerradas a través de las cuales se pueda establecer su opinión sobre las actividades desarrolladas y sobre la forma de interacción con la mesa.

Preguntas abiertas: Ellas se centraron en profundizar en los temas evaluados a lo largo de toda la actividad, es decir: interacción con el dispositivo multitáctil, habilidades de aprendizaje utilizadas, opinión sobre cada una de las actividades, aspectos de ergonomía, interacción, motivación, tiempo utilizado y dificultades encontradas.

Cabe resaltar que además de esta información, también se contó con registro fotográfico y en vídeo de toda la práctica, así como los formatos de observación utilizados para el análisis de los resultados finales.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GRUPO DE ESTUDIANTES

Como se mencionó en los aspectos metodológicos, el grupo estuvo conformado por un total de 42 estudiantes, distribuidos en 24 niños y 18 niñas, lo cual corresponde al 57% y 43% respectivamente. En cuanto a sus edades, 22 tienen 8 años, 15 más tienen 9 años y los 5 restantes tienen 10 años. En términos de porcentajes, dichos valores corresponden al 52% (8 años), 36% (9 años) y 12% (10 años).

Por otra parte, de este grupo de estudiantes el 67% afirma que tiene computador en su casa; sin embargo, solo el 30% indica que ha tenido algún tipo de contacto con algún dispositivo multitáctil, ya sea un teléfono táctil, un tablet pc, o un computador táctil; sin embargo, el 83% de ellos afirma que su contacto con los mismos ha sido mínimo.

Como se puede observar, de acuerdo a la información recolectada, es claro que el grupo de estudiantes se encuentra en la edad seleccionada para el desarrollo de la experiencia educativa, además ninguno de ellos había tenido ningún tipo de contacto con mesas multitáctiles, motivo por el cual se encontraban en las mismas condiciones al iniciar el desarrollo de las actividades educativas diseñadas.

SEGUIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES PLANEADAS

El propósito fue analizar el desempeño de los niños frente a cada una de las tres actividades propuestas. Hay que tener en cuenta que cada actividad tiene funcionamiento y propósitos diferentes, razón por la cual la evaluación en cada caso también debe ser diferente:

Actividad 1. En este caso se analizó el desempeño de los estudiantes en los seis gestos multitáctiles disponibles: Cambiar tamaño, deslizar, doble clic, pulsar, sacudir, rotar. Los resultados fueron organizados asignando una puntuación de 0 a 5. Hay que tener en cuenta que el valor de 0 corresponde a “ninguna dificultad” y el valor de 5, a “dificultad máxima”, es decir, cuando el estudiante no podía ejecutar la acción correspondiente. Así entonces, en promedio los puntajes obtenidos fueron:
Clic: 0,5 - dificultad muy baja
Deslizar: 0,7 - dificultad muy baja
Doble clic: 1,2 – dificultad baja

Cambiar tamaño: 1,4 dificultad baja

Rotar: 2,2 dificultad baja-media

Sacudir: 2,4 dificultad baja-media

Como se puede observar, en términos generales no se presentaron mayores dificultades en los gestos multitáctiles; sin embargo, se pudo apreciar que la dificultad aumentaba dependiendo de la complejidad del gesto multitáctil a desarrollar. También se pudo constatar que existen dos razones fundamentales para dicha dificultad: en primer lugar el desconocimiento de cada gesto en particular, y en segundo, la interrupción del gesto multitáctil cuando se necesita mover los dedos manteniendo el contacto con la superficie, situación que fue mejorada con la repetición del ejercicio, disminuyendo paulatinamente los errores cometidos. Es decir, con cada nueva repetición, el número de gestos multitáctil efectuados correctamente aumentaba en forma constante.

Actividad 2. En este caso fue analizado el tiempo utilizado para realizar cada clasificación de fotografías, realizando varias repeticiones. Los niños a través del diálogo y la concertación lograron ponerse de acuerdo en la forma más adecuada de clasificar las fotos, utilizando a su vez, habilidades como seleccionar, encontrar detalles, comparar, ordenar, clasificar y formar conjuntos. En este caso, tales resultados demuestran que el uso de la mesa multitáctil puede ser de gran utilidad para incentivar el desarrollo de este tipo de habilidades de aprendizaje.

Actividad 3. En este caso el software entregaba 5 puntos por cada compra realizada correctamente, es decir, un máximo de 50 puntos cuando los niños utilizaban en cada compra las monedas y billetes de más baja denominación. En este caso, con esta actividad se pudo lograr que los niños aprendieran con suma facilidad el manejo del dinero representado en euros, logrando a su vez, el uso y desarrollo de habilidades para el trabajo en grupo, así como el uso de habilidades de aprendizaje específicas tales como seleccionar, comparar, clasificar, formar conjuntos, sumar y diferenciar.

HABILIDADES DE APRENDIZAJE ESTIMULADAS

El desarrollo de las actividades educativas propuestas, permitió a los niños la activación, uso y estimulación de diferentes habilidades de aprendizaje, las cuales son fundamentales para sus labores académicas. Específicamente, las habilidades

trabajadas fueron las siguientes: Seleccionar, encontrar detalles, comparar, separar, ordenar, clasificar, agrupar, desagrupar, formar conjuntos, sumar y diferenciar.

Un aspecto interesante a tener en cuenta de acuerdo a los resultados obtenidos, es que a partir del desarrollo de cada una de las actividades llevadas a cabo con la mesa multitáctil se pudo mejorar paulatinamente cada una de las habilidades propuestas; de esta manera, actividades específicas como “ordenar”, por ejemplo, luego de cada intento pudieron ser desarrolladas cada vez con mayor facilidad, rapidez y seguridad; demostrando de esta manera la comprensión por parte de los niños de la tarea encomendada. Lo mismo ocurrió con las otras habilidades utilizadas, encontrando que al adquirir mayor dominio de los gestos multitáctil, cada tarea asignada fue llevada a cabo con mayor facilidad. De esta manera estos resultados mostraron como el uso de las herramientas de software correctas – en este caso, con interfaz multitáctil – puede contribuir efectivamente a propósitos educativos específicos.

Vale la pena destacar, que las anteriores conclusiones fueron obtenidas luego de llevar un registro por escrito para cada una de las experiencias educativas, tomando nota de cada uno de los valores numéricos arrojados por cada prueba. De esta manera, fueron registrados los datos relacionados con el número de gestos multitáctil ejecutados en forma correcta en el tiempo asignado (actividad 1), el tiempo utilizado por cada tipo de ordenación de fotografías (actividad 2) y el puntaje obtenido al realizar los pagos respectivos (actividad 3). Así mismo se otorgaron valoraciones numéricas a la forma en que cada una de las habilidades requeridas fue ejecutada; así por ejemplo, en las primeras oportunidades “clasificar”, logró una puntuación promedio de 3,5 (en una escala de 1 al 5, en donde 5 es el mayor puntaje); posteriormente, luego de varios intentos y diferentes tipos de ordenación, el puntaje pasó a 4,7. Situación similar ocurrió con las demás variables:

Seleccionar: Inicial 4,0 – Final 4,8

Encontrar detalles: Inicial 4,3 – Final 4,8

Comparar: Inicial 3,6 – Final 4,6

Separar: Inicial 4,0 – Final 4,8

Ordenar: Inicial 3,5 – Final 4,5

Clasificar: Inicial 3,5 – Final 4,7

Agrupar: Inicial 4,0 – Final 4,8

Desagrupar: Inicial 4,3 – Final 4,8

Formar conjuntos: Inicial 3,5 – Final 4,7

Sumar: Inicial 4,0 – Final 4,8

Diferenciar: Inicial 4,0 – Final 4,8

Como se puede observar, obviamente los resultados son satisfactorios y dejan abierta la puerta para continuar la exploración respecto a los beneficios educativos que se pueden obtener con el uso de este tipo de tecnología en el campo educativo.

Por otra parte, además de la evaluación en las habilidades específicas que se deseaba trabajar, existen otros factores de suma importancia que deben ser analizados, pues afectan directamente los resultados obtenidos; además, son aspectos que deben ser tenidos en cuenta para el planteamiento de otros proyectos educativos en torno al uso de estos dispositivos multitáctiles. Esos factores son:

INTERACCIÓN CON LA SUPERFICIE MULTITÁCTIL

Para analizar este aspecto se tuvo en cuenta los resultados obtenidos durante la realización de las tres actividades propuestas; de esta manera se analizaron dos aspectos fundamentales: en primer lugar, la facilidad de uso de la mesa, y en segundo término, los problemas encontrados en dicho proceso:

Facilidad de uso: Al igual que las demás variables analizadas, el registro de este aspecto se realizó en forma numérica, asignando nuevamente una valoración entre 1 y 5 para cada gesto multitáctil realizado, de esta manera, los valores obtenidos al iniciar y finalizar las diferentes actividades fueron:

Clic: Inicial 4,5 – Final 5,0

Deslizar: Inicial 4,3 – Final 4,9

Doble clic: Inicial 4,0 – Final 4,8

Cambiar tamaño: Inicial 3,4 – Final 4,5

Rotar: Inicial 3,2 – Final 4,4

Sacudir: Inicial 2,7 – Final 3,8

A manera de conclusión, se pudo observar que al comenzar la experiencia educativa la totalidad de estudiantes presentaban muchas dudas e inseguridad al momento de iniciar su contacto con la mesa; además, al ser su primer contacto con dispositivos de este tipo, no tenían certeza de los diferentes gestos táctiles que se pueden llevar a cabo, sin embargo, luego de la primera explicación por parte de los integrantes del grupo de investigación, y más aún, luego de las primeras prácticas destinadas al aprendizaje de dichos gestos, los estudiantes fueron ganando en

confianza y destreza; por este motivo, las primeras dudas fueron superadas para finalmente lograr una interacción fluida y sin mayores dificultades.

Problemas encontrados. Si bien los resultados alcanzados fueron en general bastante satisfactorios, también es necesario reconocer que se presentaron algunos inconvenientes en la interacción de los niños con la mesa. Dichas dificultades se relacionan a continuación:

1. Debido a la altura total de la mesa (87 cms), para los niños más pequeños (1,25 de estatura aproximadamente) resultó bastante difícil realizar algunas de las actividades debido a que lograban realizar los gestos táctiles con comodidad. Para solucionar esta dificultad fue necesario que 14 de los 42 niños se arrodillaran sobre una silla, lo cual equivale al 29% de ellos (Ver imagen 6). Desafortunadamente, debido a las especificaciones técnicas de los componentes de la mesa, es imposible disminuir la altura de la mesa, pues esto implicaría disminuir el tamaño de la proyección deseable (80x60 cms).



Imagen 6. Uso de una silla para mejorar la ubicación frente a la mesa.

2. Un pequeño porcentaje de niños (19% equivalente a 8 de ellos), presentaron dificultades para lograr que el sistema detectara la presión de sus dedos sobre la superficie táctil. Las observaciones realizadas permitieron determinar que el problema radicaba en la escasa de fuerza aplicada sobre la misma. Hay que aclarar que este problema se solucionó aumentando la sensibilidad del equipo mediante la calibración del software encargado de estas funciones (CCV).

ASPECTOS GRUPALES

En este caso fueron analizadas dos características: en primer lugar la forma de interacción entre los participantes de cada grupo de tres estudiantes, y en segundo, la motivación observada en los niños para participar de la experiencia educativa.

Interacción del grupo y trabajo colaborativo. En términos generales se pudo observar una gran disposición de todos los niños para aportar al trabajo en equipo para la solución de las diferentes tareas asignadas; sin embargo, como es natural, en algunas oportunidades los niños querían realizar por si solos varias de las actividades, razón por la cual, cuando fue necesario se dio las orientaciones requeridas para que todos participaran en la solución de las tareas propuestas. En resumen, se pudo constatar que es factible generar trabajo colaborativo a través de tareas novedosas que requieran la participación de varias personas; además, en el caso de la mesa multitáctil, la alternativa que ofrece de permitir la interacción de varios usuarios en forma simultánea, permite que esta herramienta tecnológica sea muy apropiada para tales propósitos.

Motivación observada. Aunque es un resultado que puede considerarse obvio, la totalidad de los niños participantes de esta experiencia educativa mostraron una enorme disposición y gran entusiasmo por hacer parte de estas prácticas educativas. Mediante la encuesta final realizada se pudo comprobar que a los 42 estudiantes les gustó el trabajo desarrollado, manifestando que “las actividades eran muy divertidas” porque se podía “jugar con otros niños” y “la mesa era muy fácil de usar”. Precisamente, sobre la segunda afirmación, es muy interesante constatar que ellos no consideraban la práctica como una actividad educativa tradicional, sino como un juego, dado lo entretenido y novedoso de todo el proceso llevado a cabo.

Finalmente, como se puede observar, los resultados son alentadores e invitan al grupo investigación y demás interesados en los procesos de incorporación de las nuevas tecnologías en la educación, a continuar explorando en torno a la usabilidad de este tipo de dispositivos, pues tal como ha sido demostrado, los mismos ofrecen un enorme potencial dada las características que pueden ser aprovechadas para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo de este proyecto se pudo constatar que es factible la construcción de una mesa multitáctil de bajo costo en comparación con los productos comerciales existentes en el mercado; sin embargo es necesario tener en cuenta que algunos componentes son de difícil consecución y deben ser adquiridos en el extranjero. Así mismo, en el proceso de construcción se pudo comprobar el funcionamiento de la mesa con diferentes materiales para la superficie de contacto, logrando un mejoramiento en la sensibilidad respecto a los prototipos diseñados con anterioridad.

Aunque la tecnología multitáctil ha alcanzado un alto grado de madurez, aún no se ha masificado el uso de superficies de gran tamaño tal como la construida para este proyecto; sin embargo, proyectos educativos como este permiten corroborar su enorme potencial para su aprovechamiento en procesos educativos. Esta experiencia pudo demostrar diversos aspectos positivos que justifican las razones para realizar este tipo de investigaciones: la disponibilidad de software libre que puede ser utilizado con propósitos pedagógicos, la posibilidad de diseñar actividades educativas encaminadas a favorecer diferentes necesidades de enseñanza y aprendizaje, el alto grado de interacción logrado entre los niños participantes, son solo algunas de esas razones.

Las pruebas desarrolladas permitieron comprobar que mediante el uso de la mesa multitáctil es posible estimular el desarrollo y mejoramiento de diferentes habilidades de aprendizaje, tales como seleccionar, encontrar detalles, comparar, separar, ordenar, clasificar, agrupar, desagrupar, formar conjuntos, sumar y diferenciar. Para tal efecto se diseñaron actividades educativas que permitieron estimular en forma permanente dichas habilidades, al tiempo que divirtieron a los niños; así entonces, los resultados pueden considerarse muy positivos y se constituyen en un estímulo para continuar investigando en este campo.

Si bien el proyecto no se enfocó en el análisis de la forma en que se puede fomentar el aprendizaje colaborativo, este tema se constituye en un aspecto de gran interés que se puede abordar a través de nuevas experiencias de aprendizaje; pues como se menciona en los resultados de este proyecto, los niños aprenden a trabajar juntos, conversando en forma permanente en las posibles soluciones a las tareas encomendadas, distribuyendo funciones y colaborando con los demás para alcanzar los objetivos propuestos.

Finalmente, es importante tener en cuenta que la educación moderna ha dejado de centrarse en la enseñanza de contenidos para dar prioridad al desarrollo de las competencias necesarias para que el niño pueda aprender a aprender. Así entonces, con el presente proyecto se ha logrado demostrar que la tecnología multitáctil puede constituirse en una alternativa interesante para aportar en el logro del máximo ideal de la educación: el contribuir a la formación de seres humanos con los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para aportar en el mejoramiento de su sociedad.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Buxton, Bill. 2011. Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved. [En línea] 21 de 03 de 2011. [Citado el: 20 de 05 de 2011.] <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>.

Esains, Victoria. 2009. Contenido 2.0: la era de los usuarios. [En línea] 15 de 04 de 2009. [Citado el: 15 de 05 de 2011.] <http://www.e-learning-social.com/article/160/contenido-2-0-la-era-de-los-usuarios>.

Feuerstein, R., y otros. 1980. *Instrumental Enrichment: an intervention program for cognitive modifiability*. Baltimore : University Park Press, 1980.

Gallego, Angel. 2009. Microsoft Surface para un mundo real. [En línea] 22 de 04 de 2009. [Citado el: 10 de 05 de 2011.] <http://www.techweek.es/aplicaciones-empresariales/analisis/1005384001701/microsoft-surface-mundo-real.1.html>.

García, Jesús. 2010. Una aplicación multitáctil destinada a la enseñanza musical. [En línea] 14 de 12 de 2010. [Citado el: 20 de 05 de 2011.] <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10272/TouchME%20-%20Memoria.pdf>.

García-Herranz, Manuel, y otros. 2010. Superficies multitáctiles horizontales como soporte educativo. [En línea] 2010. [Citado el: 21 de 05 de 2011.] <http://eciencia.urjc.es/dspace/bitstream/10115/4211/1/SINTICE2010d.pdf>.

Gurguì, Antoni. 2009. *Estudi d'interfícies multitàctils i multiusuàri*. Barcelona : Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, 2009.

—. 2009. *Estudi d'interfícies multitàctils i multiusuàri*. Barcelona : s.n., 2009.

Han, J. Y. 2005. *Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection*. Seattle : 18th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2005.

Herrera, Javier. 2009. Las operaciones mentales en el aula. [En línea] 03 de 05 de 2009. [Citado el: 14 de 05 de 2011.] <http://pedagogiva.wordpress.com/2009/05/03/las-operaciones-mentales-en-el-aula>.

Magallanes, Yazmín. 2010. Innovación y Colaboración en Interfaces Multitáctiles. [En línea] Master in Computer Science, Universidad de las Américas Puebla, 2010. [Citado el: 5 de 05 de 2011.] <http://sites.google.com/site/yazminmagallanes/>.

Novak, Joseph D. y Gowin, D. Bob. 1998. *Aprendiendo a Aprender*. Barcelona : Martínez Roca, 1998.

Piaget, Jean. 2001. *Psicología y pedagogía*. Madrid : Critica, 2001.