

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN
SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**Pantallas ambientales para apoyar el manejo conductual de
niños con autismo**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Carlos Refugio Hernández Flores

Ensenada, Baja California, México
2015

Tesis defendida por

Carlos Refugio Hernández Flores

y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa
Director de Comité

Dra. Ana Isabel Martínez García
Miembro del Comité

Dra. María del Carmen Maya Sánchez
Miembro del Comité

M.C. María Concepción Mendoza Díaz
Miembro del Comité

Dra. Ana Isabel Martínez García
Coordinador del Posgrado en
Ciencias de la Computación

Dr. Jesús Favela Vara
Director de Estudios de Posgrado

Febrero, 2015

Resumen de la tesis que presenta **Carlos Refugio Hernández Flores** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

Pantallas ambientales para apoyar el manejo conductual de niños con autismo

Resumen elaborado por:

Carlos Refugio Hernández Flores

En México 1 niño de cada 300 tiene autismo. El desorden de autismo es uno de los tres trastornos neurológicos que afecta el desarrollo de un individuo y que aparece durante los tres primeros años de vida. El nivel de severidad para el caso de un niño con autismo está dado por su nivel de funcionalidad: baja, media y alta. Independientemente del nivel de funcionalidad, los niños con autismo presentan muchos problemas de comportamiento; por lo que el manejo conductual durante clases es primordial. En la mayoría de las escuelas de niños con autismo utilizan el modelo de economía de fichas que consiste que el niño canjeará privilegios de acuerdo a los puntos que el niño gane por su buen o mal comportamiento. Independientemente del método de manejo conductual, una estrategia típica de modificación de la conducta de los niños consiste en mejorar la percepción de su comportamiento.

Trabajos de investigación en cómputo ubicuo han demostrado que las pantallas ambientales son adecuadas como un medio para representar comportamiento y promover la auto-reflexión a los usuarios. Por esto, en esta tesis, presentamos el diseño, implementación y evaluación de “BxBalloons”, una pantalla ambiental que tiene como objetivo promover las interacciones sociales, la auto-reflexión del comportamiento individual y colectivo en niños con autismo dentro de salones de clases de niños con autismo. Se siguió una metodología de diseño iterativa centrada en el usuario para entender los retos e identificar los aspectos claves que permitan a los niños con autismo reflexionar acerca de su comportamiento a través de BxBalloons. La meta de BxBalloons es ayudar a niños “pilotos” a viajar entre los cinco continentes del mundo, cada uno representando un día de la semana. El globo aerostático de los pilotos se desinfla cuando los estudiantes presentan mal comportamiento. La meta de los niños es mantener suficiente aire en el globo aerostático para alcanzar el siguiente continente.

BxBalloons se evaluó en Pasitos, una clínica escuela que atiende a niños con autismo. Se realizó una evaluación en sitio donde participaron 21 niños con autismo en un centro psicopedagógico. El estudio de evaluación consistió en comparar un grupo experimental contra otro de control siguiendo un diseño entre-grupos, y se evaluó el uso y adopción, percepción de comportamiento individual y colectivo, y colaboración e interacción social. Los resultados muestran que las pantallas ambientales, en particular BxBalloons, pueden apoyar la auto-reflexión sobre el comportamiento a nivel individual y colectivo, mejorar la percepción de comportamiento a niños con autismo, así como fomentar el trabajo en equipo y las interacciones sociales dentro de un salón de clases.

Palabras clave: Niños con autismo, Manejo conductual, Pantalla Ambiental.

Abstract of the thesis presented by **Carlos Refugio Hernández Flores** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree Computer Science.

Ambient displays to support the behavioral management of children with autism

Abstract by:

Carlos Refugio Hernández Flores

In Mexico, 1 out of 300 children, has autism. Autism is one of three neurological disorders affecting an individual's development, and most of the time is detected in the first three years of life. Severity varies to each individual's functional level, which are three: low, medium, and high. Independently, of the functioning level, children with autism exhibit numerous behavior issues; thus, behavior management in classrooms is paramount. Most schools for children with autism use an economy chips model which is a point-reward system where children exchange points for privileges. Independently, of the behavior management technique being used by teachers, a typical strategy for behaviour change requires to improve children's awareness of their own behavior.

Research in ubiquitous computing has demonstrated ambient displays are appropriate to represent behavior and promote self-reflection. In this dissertation, we describe the design, development, and evaluation of "BxBalloons", an ambient display promoting social interactions, and the self-reflection of behavior at an individual and collective level for in-classroom behavior management. I followed a user-centered and iterative design methodology to understand the challenges and identify key aspects that led me to design BxBalloons. BxBalloons' goal is to help child "pilots" travel through five world continents, each representing a day of the week. The aircraft deflates when students exhibit poor behaviors. The child's goal is to maintain enough air in the aircraft to reach the next continent.

BxBalloons was evaluated in Pasitos a school clinic attending children with autism. The evaluation study followed a between-groups design, and I evaluated use and adoption, perception of behavior at individual and collective level, and collaboration and interaction. The results show ambient displays, particularly BxBalloons, support self-reflection at an individual and collective level, improve behavior awareness, and promote team work and social interactions inside classrooms.

Keywords: Children with Autism, Behavioral Management, Ambient Display.

Dedicatoria

A mis padres, hermanas y a todos los que han creído en mí.

Agradecimientos

A mi directora de tesis Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa, por el apoyo incondicional, sus consejos y la guía que me brindó durante este trabajo de tesis.

A los miembros de mi comité de tesis, Dra. Ana Isabel Martínez García, Dra. María del Carmen Maya Sánchez y M.C. María Concepción Mendoza Díaz, por su tiempo, los valiosos comentarios, observaciones y sugerencias que me hicieron a lo largo de mi tesis.

A mis padres, hermanas y novia por animarme y brindarme su amor en todo momento.

A mis profesores y compañeros de generación por compartir esta enriquecedora experiencia profesional y de vida.

A Lizbeth Escobedo, Jessica Beltrán, Denisse Soto y al personal del Centro psicopedagógico Pasitos de Tijuana, B.C., por apoyarme y facilitarme la realización de mi investigación.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, por brindarme la infraestructura necesaria para mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Tabla de contenido

	Página
Resumen español	i
Resumen inglés	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Lista de Figuras	vii
Lista de Tablas	ix
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Motivación.....	1
1.1.1 Cómputo ubicuo y pantallas ambientales.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Preguntas de investigación.....	7
1.4 Objetivo general y específicos.....	7
1.5 Importancia de la investigación, contribución al conocimiento y limitaciones.....	8
1.6 Metodología de la investigación.....	9
1.7 Organización de la tesis.....	11
Capítulo 2. Trabajo relacionado	12
2.1 Metodología.....	12
2.2 Soportes visuales.....	13
2.3 Pantallas interactivas.....	16
2.4 Pantallas ambientales.....	19
2.5 Resumen y Conclusiones.....	22
Capítulo 3. Diseño e implementación de BxBalloons	23
3.1 Estudio contextual.....	23
3.2 Métodos de diseño.....	25
3.3 Diseño de la pantalla BxBalloons.....	29
3.4 Establecimiento de requerimientos.....	34
3.4.1 Balancear la motivación y el reto.....	34
3.4.2 Dar crédito apropiado por las acciones de los niños a nivel individual y grupal.....	35
3.4.3 Dar más importancia a conductas positivas que a las negativas.....	35
3.5 Escenario de uso del sistema BxBalloons.....	36
3.6 Implementación del sistema BxBalloons.....	37
3.6.1 Arquitectura general de BxBalloons.....	37
3.6.1.1 Nodo tableta de control.....	38
3.6.1.2 Nodo servidor de aplicación.....	38
3.6.1.3 Nodo tableta de ambiente.....	37
3.6.1.4 Nodo Google ChromeCast.....	39
3.6.2 Ejemplo del uso de la aplicación.....	40
3.7 Resumen y conclusiones.....	41

Tabla de contenido (continuación)

Capítulo 4. Evaluación de BxBallons	42
4.1 Métodos.....	42
4.1.1 Reclutamiento y consentimiento.....	43
4.1.2 Características de los participantes.....	44
4.1.3 Procedimiento.....	44
4.1.4 Análisis de datos.....	49
4.2 Resultados.....	51
4.2.1 Uso y adopción.....	51
4.2.2 Percepción de comportamiento individual y colectivo.....	55
4.2.3 Colaboración.....	58
4.2.4 Interacción social.....	60
4.3 Resumen y conclusiones.....	62
Capítulo 5. Conclusiones	64
5.1 Aportaciones.....	66
5.2 Limitaciones.....	67
5.3 Trabajo futuro.....	68
Lista de referencias	70
Anexos o Apéndices	73
Apéndice 1.....	76
Apéndice 2.....	75
Apéndice 3.....	78
Apéndice 4.....	81

Lista de figuras

Figura	Página
1	5
Ejemplo de pantallas ambientales: (Izquierda) The History. (Derecha) EmotionalCities.....	
2	9
Metodología de la guitarra.....	
3	13
Soportes visuales basados en papel usados en terapias de entrenamiento	
4	16
Patrol Chart, representación visual usada para el manejo conductual que hace uso de soportes visuales.....	
5	17
vSked, un sistema virtual interactivo y colaborativo para la planificación de actividades en salones de clases. (Izquierda) Pantalla colectiva de plan de trabajo. (Derecha) Pantalla interactiva individual que muestra la actividad del día y la recompensa.....	
6	17
Mosoco, interfaz gráfica para asistencia social.....	
7	18
Interfaz móvil de Mocotos: (Izquierda) Tablero de elección de tarjetas. (Derecha) Los cuidadores pueden añadir nuevas imágenes utilizando la cámara integrada.....	
8	19
Tlatoque, interfaz digital de fotografías.....	
9	20
Pantallas ambientales: (Izquierda) EmotionalCities. (Derecha) Escultura D-tower.....	
10	21
Follow-the-lights: Diseño e instalacion en sitio.....	
11	21
The Clouds: Diseño e instalacion en sitio.....	
12	26
Bosquejos digitales y elementos de la interfaz gráfica de la pantalla ambiental, utilizados en la sesión de diseño participativa.....	
13	28
Participantes durante una sesión de diseño participativo realizada en Pasitos, A. C. (izquierda). Diseños en papel realizados durante una de las sesiones de diseño participativo (derecha)	
14	29
Primera versión de BxBalloons. En esta versión, los componentes físicos (izquierda) ponen en riesgo la integridad de los niños y del mismo equipo de cómputo, y los elementos visuales de la animación (derecha) compiten por la atención del usuario.....	

Lista de figuras(continuación)

15	Pantalla ambiental, donde se muestra el comportamiento de los niños.	30
16	Escenarios representativos de cada continente según el día de la semana.....	31
17	Premio individual	32
18	Premios grupales según el escenario.....	33
19	Interfaz de control de comportamiento.....	33
20	Arquitectura general del sistema BxBalloons.....	38
21	Dispositivo Google ChromeCast.....	40
22	Diagrama de secuencia para realizar un cambio de comportamiento.....	41
23	Interfaz de ChartPatrol semaforo.....	45
24	Interfaz de ChartPatrol rompecabezas.....	45
25	Configuración de la pantalla ambiental en el salón de clases.....	47
26	Participantes utilizando BxBalloons (izquierda) y ChartPatrol semáforo (derecha) en un día de evaluación.	48
27	Bitácora de codificación de video para un participante.....	50
28	Gráfica del tiempo de uso de las pantallas ambientales.....	52
29	Gráfica del puntaje del cuestionario de aceptación tecnológica de las pantallas ambientales.....	52
30	Gráfica del total de eventos de percepción de la pantalla y comportamiento.....	56
31	Gráfica del total de eventos colaboración.....	59
32	Gráfica del total de eventos de interacción social.....	61

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Clasificación de comportamientos y representación visual...	31
2	Clasificación de gritos y representación visual.	32
3	Características de los participantes del estudio. Izquierda: Maestras. Derecha: Alumnos con autismo.....	44
4	Calendarización de la intervención.....	47
5	Tiempo total de entrevistas por par de maestras.....	49

Capítulo 1. Introducción

En el siguiente trabajo se propone entender cómo las pantallas ambientales pueden promover la auto-reflexión del comportamiento individual y colectivo en niños con autismo dentro de salones de clases, potenciando idealmente el buen comportamiento. Para ello, se propone el desarrollo de una pantalla ambiental que permita a los niños con autismo reflexionar sobre su comportamiento individual y colectivo dentro del salón de clases, y potencialmente mejorar el comportamiento.

1.1 Motivación

De acuerdo con la Asociación Americana de Psicología (APA, por sus siglas en inglés *American Psychological Association*) y la Organización Mundial de la Salud, el desorden de autismo (ASD, por sus siglas en inglés *Autism Spectrum Disorders*) es uno de los tres trastornos neurológicos que afecta el desarrollo de un individuo y que aparece durante los tres primeros años de vida (WHO, 2013).

Los datos epidemiológicos estiman que la prevalencia global de personas con ASD va en aumento y se estima que actualmente 1 de 160 personas (WHO, 2013) lo padece. De acuerdo a las estimaciones realizadas por la Clínica Mexicana de Autismo (CLIMA)¹, en México 1 niño de cada 300 tiene autismo. Conforme a la CIE-10², las características principales de un individuo con autismo son las siguientes:

- **Dificultades de comunicación:** Un individuo con autismo puede presentar un retraso o una ausencia total del desarrollo del lenguaje hablado. En algunos casos se observa una perturbación del lenguaje en la que el individuo repite involuntariamente una palabra o frase que acaba de pronunciar otra persona en su presencia (i.e., *ecolalia*).

¹ Clínica Mexicana de Autismo (CLIMA) <http://www.clima.org.mx/>

² Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, Décima Revisión (CIE-10)

- **Dificultades de interacción social:** Durante interacciones cara a cara, es común que los individuos con autismo no utilicen de manera adecuada el contacto visual, las expresiones faciales o el lenguaje corporal (e.g., una persona con autismo puede tener dificultades para interpretar expresiones faciales). También presentan dificultades para relacionarse con otros individuos, ya que cuentan con un restringido repertorio de intereses y actividades.
- **Ejecución de comportamientos repetitivos:** Presentan manierismos motores estereotipados (e.g., agitación de manos, balanceo corporal o de cabeza), rutinas o rituales específicos carentes de propósito aparente (e.g., dar vueltas en círculos), fascinación por sonidos o texturas (e.g., sonidos de ventilador, texturas de muñecos de peluche) (American Psychiatric Association, 1994).

Estas características se pueden generalizar para todos los individuos con autismo, incluyendo jóvenes y adultos (American Psychiatric Association, 1994). Sin embargo, las características en un joven o adulto con autismo varían –principalmente por las terapias a las que los niños han asistido, y que han logrado rehabilitar o compensar algunos problemas asociados a comunicación, lenguaje, reconocimiento de emociones o motricidad. Debido a esta variación y dado el alcance de esta tesis, de aquí en adelante acotaremos nuestra población exclusivamente a niños con autismo.

Las alteraciones del neurodesarrollo en la comunicación, la interacción social y las formas inusuales de percibir y procesar la información puede obstaculizar seriamente el funcionamiento diario de las personas. Por esto, el nivel de severidad para el caso de un niño con autismo está dado por su nivel de funcionalidad: baja, media y alta (Sitdhisanguan et al., 2012). Por ejemplo, un niño con autismo de baja funcionalidad presenta problemas severos de comunicación (e.g., ausencia del lenguaje) y de socialización (e.g., no hace contacto visual). Por otra parte, un niño con autismo de alta funcionalidad es capaz de estar integrado con niños típicos (e.g., mantener una conversación con otros niños), sin embargo, es común que presenten movimientos estereotipados y problemas de comportamiento.

Independientemente del nivel de funcionalidad, los niños con autismo presentan muchos problemas de comportamiento. Los problemas de comportamiento como la agresión física, la auto-lesión, destrucción de la propiedad, trastorno de la alimentación, el desafío y las rabietas son los principales obstáculos para la formación eficaz y el desarrollo social (Horner, et al., 2002).

1.1.1 Cómputo ubicuo y pantallas ambientales

Los inicios del cómputo ubicuo se remontan al año de 1988 cuando el científico Mark Weiser acuñó este término basándose no sólo en la informática, sino también en otras ciencias (e.g., filosofía, psicología, sociología). Sin embargo, fue hasta el año de 1991 cuando adquirió reconocimiento mundial con el trabajo "The Computer for the Twenty-First Century", donde Weiser menciona que *"las tecnologías más profundas son aquellas que desaparecen. Ellas se tejen en la fábrica de la vida diaria hasta ser indistinguibles"* (Weiser, 1991). Por lo que podemos definir el cómputo ubicuo como la idea de integrar a la computación y al ser humano en un entorno común, donde las computadoras dejarán de verse como objetos para convertirse en parte fundamental de la vida cotidiana, cambiando el modelo de vida diaria. Por ejemplo, un dispositivo de cómputo ubicuo doméstico podría interconectar los sistemas de iluminación y calefacción con un control ambiente, de manera que en función del momento del día y sus características, este sistema reaccione y varíe la temperatura, y las condiciones de luz en una casa o edificio, de manera continua e imperceptible. Otra aplicación frecuente son refrigeradores conscientes de su contenido capaces de planificar menús saludables en función de las necesidades de cada miembro de la familia, y advertir a los usuarios de la comida rancia o en mal estado.

Dentro del área de cómputo ubicuo, los investigadores han explorado las pantallas ambientales y su uso. Dichas pantallas ambientales las podemos definir como:

Pantallas disponibles en el ambiente que brindan información con el rol ambiguo de ser perceptibles pero a la vez invisibles al usuario. Las pantallas ambientales, son estéticamente agradables y se ubican en la periferia de la atención del usuario

(Mankoff, 2003). Es decir, pantallas que requieren atención mínima y poco esfuerzo cognitivo y, por lo tanto, son integradas más fácilmente en un espacio físico persistente (Abowd, 2002). Las pantallas ambientales pueden dividirse en tangibles o visuales y, por lo general, apoyan el monitoreo de información no crítica, pero que es benéfica si los usuarios están conscientes de ella.

La artista Natalie Jeremijenko en Xerox Parc, diseñó una de las primeras pantallas ambientales llamada el “Dangling String”. Esta pantalla ambiental se convirtió en el ejemplo paradigmático y consistía en un cable de plástico de 8 pies que colgaba del techo y giraba a diferentes velocidades con relación a la cantidad de tráfico en la red de computadoras. “Dangling String” estaba situada en la esquina de un pasillo público, con el objetivo de ser vista y oída por las personas que trabajan en las oficinas de los alrededores sin ser invasiva (Weiser, 1997). Desde entonces, se han desarrollado muchos proyectos en esta área para representar procesos dinámicos invisibles, como el clima, divisas y la presencia o actividad humana en un lugar específico. Por ejemplo, “The History” (Figura 1) es una representación visual en una pantalla de plasma digital de 3m x 3.5m. Se colocó a la entrada de una oficina como algo permanente donde los empleados pueden visualizar la tendencia histórica de la relación entre el uso de las escaleras y el ascensor por cada día de trabajo. Se utilizaron gráficas de pastel donde el color naranja representa el uso del ascensor mientras el gris muestra el uso de las escaleras. Esto permitió las comparaciones de uso diario total a través de los días (Rogers, 2010). Otros ejemplos de pantallas ambientales son, *emotionalcities* (Wernqvist, J., 2007) (Figura 1) y D-Tower³ que recogen información sobre el estado de ánimo de los ciudadanos a través de encuestas diarias en línea, y muestran la emoción general de la población, representada por un color que es visualizado sobre un edificio o escultura pública (Zhang et al. 2010).

³ www.d-toren.nl

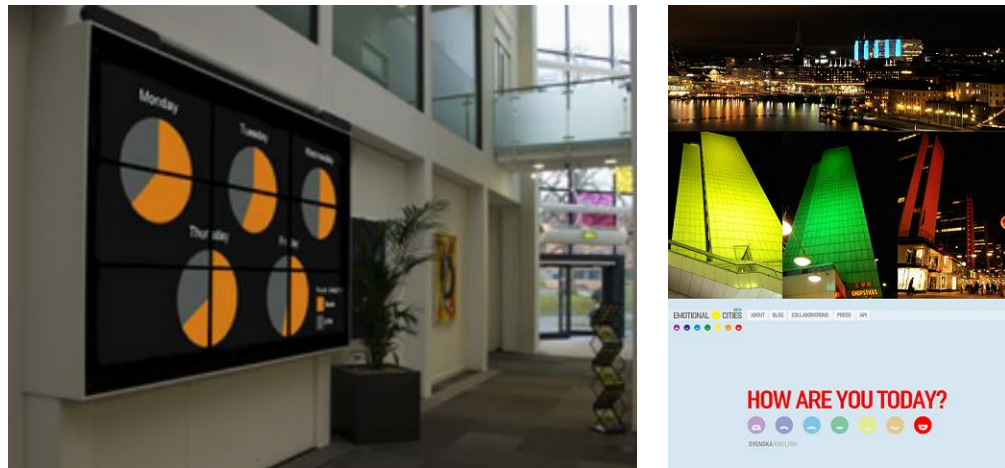


Figura 1. Ejemplo de pantallas ambientales: (Izquierda) The History. (Derecha) EmotionalCities.

El diseño de pantallas ambientales representa algunos retos, ya que son pantallas pasivas, es decir, los usuarios no interactúan con ellas, las perciben. Por eso es de suma importancia saber cuánta información debe contener una pantalla ambiental sin sobre cargarla, cuándo esta información debe ser perceptible y cuándo ser sutil. Además, de los retos asociados al monitoreo de la fuente de información (Mankoff, 2003).

1.2 Planteamiento del problema

Lo que nos ha demostrado el trabajo relacionado es que las pantallas ambientales son adecuadas como un medio para representar comportamiento, actividades, emociones, clima, entre otros, y al mismo tiempo, brindar consciencia a los usuarios.

Un área que es particularmente interesante para explorar el diseño de las pantallas ambientales es dentro de los salones de clases de niños con autismo, ya que los salones de clases están saturados de información no crítica que trata de brindar consciencia continua de una manera sutil acerca del comportamiento y desempeño de los niños. Con las pantallas ambientales, se puede explorar cómo brindar consciencia y promover la auto-reflexión del comportamiento individual y colectivo en niños con autismo dentro de salones de clases de una manera más dinámica.

El manejo conductual de un salón de clase es un objetivo primordial en muchas escuelas, tanto en México como en todo el mundo. Si los niños no pueden enfocarse en sus clases, cooperar entre sí y con sus profesores, es difícil, si no imposible, lograr metas educativas. Sin embargo, en las escuelas diseñadas especialmente para apoyar a niños con autismo o con problemas de comportamiento, el manejo conductual y de la clase se vuelven aún más importantes (Matson y Boisjoli, 2009). Una estrategia típica de modificación de la conducta de los niños consiste en mejorar la conciencia de su comportamiento, tanto positivo como negativo, durante algún período de tiempo reciente –por lo general durante la hora anterior, día, o semana. Promover la reflexión sobre los patrones de comportamiento, puede ayudar a los niños a entender sus propios factores desencadenantes, desarrollar estrategias de comportamiento positivo, y comunicar los estados internos que están conduciendo a sus comportamientos negativos. Los soportes visuales pueden mejorar los problemas de comunicación de los niños con autismo (Cohen, 2007) y otros desafíos sociales y de comportamiento, especialmente en relación con el manejo del comportamiento (Abramowitz, 1991). Los soportes visuales son un tipo de ayuda, mejoran la comunicación dentro de las aulas de educación especial y se utilizan para brindar apoyo para el aprendizaje y la socialización (Schreibman y Rogers, 2000).

Con este fin, los profesores y los especialistas en conducta emplean una variedad de soportes visuales para reflejar el comportamiento de sus alumnos y fomentar los comportamientos positivos [(Sandford, 2009), (Hayes, 2010)]. Estas representaciones visuales están destinadas a aumentar la conciencia sobre el comportamiento individual mediante la visualización de rendimiento del comportamiento. Sin embargo, el uso de los soportes visuales no es trivial, se requiere una planificación cuidadosa de las actividades, el manejo adecuado del personal docente para mostrar y actualizar las pantallas basadas en el comportamiento, todo se conjunta con una estructura de recompensas y reforzamientos para crear un programa completo de manejo conductual. Es por esto, que estamos interesados en el desarrollo de soportes tecnológicos que puedan integrarse en la estructura existente de este tipo de escuelas.

A pesar de que las herramientas visuales existentes en general funcionan bien, la mayoría sólo han explorado cómo pueden cambiar el comportamiento de los usuarios a nivel individual y se le ha dado poco interés al ámbito colectivo dentro del salón de clases. Además, a nivel colectivo, ningún proyecto ha trabajado con niños con autismo. Asimismo, las herramientas digitales utilizadas para el manejo conductual, tienden a ser representaciones estáticas del comportamiento individual y rara vez estimulantes para los estudiantes. Es por esto que, en esta tesis, se propuso entender cómo las pantallas ambientales pueden promover la auto-reflexión y la percepción del comportamiento individual y colectivo en niños con autismo dentro de salones de clases.

1.3 Preguntas de investigación

En base a esta problemática y lo expuesto anteriormente, esta tesis se va a guiar en base a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué características de diseño debe tener una pantalla ambiental para promover las interacciones sociales y la auto-reflexión de comportamiento a nivel colectivo e individual en salones de clases de niños con autismo?
- ¿En qué situaciones la pantalla ambiental que se diseñe es útil para apoyar el manejo conductual en salones de clases de niños con autismo?

1.4 Objetivo general y específicos

Basado en la investigación de la literatura descrita anteriormente y las oportunidades que las herramientas de captura y acceso ofrecen para apoyar la problemática que se presentó, en este proyecto me enfoqué en el siguiente objetivo general:

Diseñar, implementar y evaluar una pantalla ambiental que fomente la auto-reflexión sobre el comportamiento individual y colectivo, y evaluar su uso y utilidad en salones de clases de niños con autismo.

A través de este objetivo general se planean lograr los siguientes objetivos específicos:

[OE1] Identificar las prácticas comunes, los soportes visuales y las técnicas de manejo conductual utilizadas dentro de un salón de clases de niños con autismo.

[OE2] Diseñar e implementar una pantalla ambiental que promueva las interacciones sociales y que permita la auto-reflexión sobre el comportamiento individual y colectivo en salones de clases de niños con autismo.

[OE3] Evaluar en qué situaciones una pantalla ambiental es útil para apoyar el manejo conductual en salones de clases de niños con autismo.

1.5 Importancia de la investigación, contribución al conocimiento y limitaciones

La importancia de esta investigación se enfoca en apoyar la conciencia de comportamiento individual y colectivo de niños con autismo dentro de salones de clases, potenciando idealmente el buen comportamiento. Por otra parte, una pantalla ambiental con estas características podría beneficiar indirectamente a las maestras, ya que los niños estarán más conscientes de su comportamiento dentro del salón de clases y les podría facilitar la realización de sus actividades y responsabilidades escolares.

La contribución al conocimiento en el área de las ciencias en computación va encaminada al diseño de una pantalla ambiental con los mecanismos y estímulos adecuados que permita a los niños con autismo auto-reflexionar sobre su comportamiento individual y colectivo, además de evidencia del uso de las pantallas ambientales en un escenario concreto. Mayores experiencias de uso y el desarrollo de nuevas aplicaciones utilizando tecnología de cómputo ubicuo sigue siendo un reto.

1.6 Metodología de la investigación

Para el desarrollo de esta tesis, se siguió una metodología centrada en el usuario (i.e., metodología de la guitarra, figura 2), donde se emplearon técnicas de diseño contextual rápido para el desarrollo de una pantalla ambiental, además de métodos cuantitativos para la evaluación del prototipo resultante.

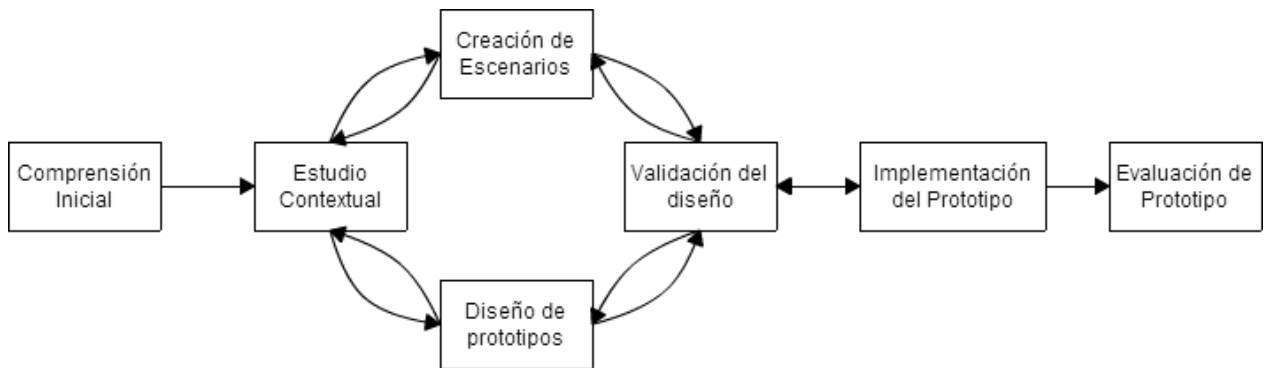


Figura 2. Metodología de la guitarra

1.6.1 Comprensión inicial

En esta primera etapa de la metodología se realizó una revisión de la literatura para conocer el estado del arte del problema que se atacó. El objetivo fue adquirir una comprensión inicial del problema. La búsqueda de la literatura se hizo en las principales conferencias y bibliotecas virtuales relacionadas con el área de investigación del problema.

1.6.2 Estudio contextual

El objetivo de esta etapa fue realizar un estudio contextual para entender los retos e identificar los aspectos claves que permitan a los niños con autismo reflexionar acerca de su comportamiento. Se recopiló un conjunto de entrevistas semiestructuradas y observaciones de estudios previos para identificar las variables contextuales adecuadas para visualizar los datos asociados al comportamiento de los niños con autismo. Para el análisis de los resultados en esta etapa, se utilizaron técnicas de codificación abierta, codificación axial y diagramas de afinidad.

1.6.3 Creación de escenarios de uso de la tecnología

Con base a los resultados del estudio contextual, se diseñaron escenarios de uso de la tecnología que muestran el uso de pantallas ambientales en apoyo a la auto-reflexión del comportamiento individual y colectivo dentro de los salones de clases de niños con autismo. La metodología de diseño involucró la realización de sesiones de diseño participativas, en donde se presentaron ideas y escenarios de uso de una pantalla ambiental a las maestras de los niños con autismo, con el objetivo de obtener la retroalimentación necesaria para el diseño final de la pantalla ambiental. El análisis de los datos recabados en esta etapa se realizó con técnicas de diseño contextual rápido (e.g., guion de visualización y prototipado rápido). Como resultado de esta fase se obtuvo un diseño de baja fidelidad de la pantalla ambiental.

1.6.4 Diseño de prototipos

En esta fase de la metodología se realizaron varios prototipos de baja fidelidad (e.g., bosquejos en papel, maquetas), en base a los resultados del estudio contextual y las observaciones durante la prueba de prototipos. De esta manera es posible tener una experiencia parcial del producto final.

1.6.5 Validación del diseño e implementación del sistema

En esta etapa, con base en el prototipo de baja fidelidad, se rediseñó e implementó una pantalla ambiental. El prototipo de alta fidelidad (i.e., pantalla ambiental) fue validado con usuarios potenciales.

Entre los resultados de esta etapa se obtuvieron: un conjunto de consideraciones de diseño para el desarrollo de una pantalla ambiental en apoyo a las interacciones sociales y la auto-reflexión del comportamiento dentro de los salones de clases, y una versión final del prototipo implementado.

1.6.6 Evaluación del prototipo final

En esta última etapa del trabajo de tesis, se realizó una evaluación en sitio, en el centro psicopedagógico Pasitos, localizado en Tijuana, B.C. México, con el objetivo de observar en que situaciones la pantalla ambiental que se diseñó apoya el manejo conductual y si es factible su aplicación para potenciar los comportamientos positivos en el salón de clases de niños con autismo.

1.7 Organización de la tesis

Este trabajo de tesis contiene 5 capítulos incluyendo esta introducción, organizados de la siguiente manera:

- Capítulo 2.- Se presenta el marco teórico y trabajo relacionado con pantallas ambientales considerando los soportes visuales existentes para niños con autismo.
- Capítulo 3.- Aquí se describen los métodos utilizados para el diseño e implementación de los componentes utilizados para el uso de la pantalla ambiental BxBalloons.
- Capítulo 4.- En este capítulo se muestra el diseño del estudio que se realizó en sitio para medir el impacto de BxBalloons y se presentan los resultados del mismo.
- Capítulo 5.- Finalmente, se presentan las conclusiones y aportaciones de este trabajo, así como las limitaciones y trabajo futuro de esta investigación.

Capítulo 2. Trabajo relacionado

El presente capítulo tiene como finalidad proveer un marco teórico para tener una idea clara y concisa de la literatura relevante a este trabajo. Por tal motivo, se muestran algunos proyectos y estudios dentro del área de cómputo móvil y ubicuo que se han diseñado para apoyar diversos aspectos del desarrollo de los niños (e.g., educación, aprendizaje, comportamiento).

Por último, al final del capítulo, se focaliza nuestra revisión en el trabajo relacionado al dominio de pantallas ambientales y soportes visuales interactivos para el manejo conductual de niños con autismo.

2.1 Metodología

La metodología que se siguió para la revisión del trabajo relacionado en esta área incluye la búsqueda de trabajos relevantes en la biblioteca ACM digital library⁴, y la revisión de los artículos publicados en congresos y revistas relevantes en el área de cómputo ubicuo (*i.e.*, *Ubicomp*⁵), interacción-humano computadora (*i.e.*, *CHI*⁶, *J. Foundations in Trends HCI*), y tecnología en apoyo a niños con autismo o discapacidades cognitivas (*i.e.*, *IMFAR*⁷).

Las palabras clave que se utilizaron durante la búsqueda incluyen: “*visual supports*”, “*ambient displays*”, “*education*”, “*autism*”, “*behavior*”.

Para crear el cuerpo de literatura de este trabajo, el criterio de inclusión incluyó la selección de artículos relevantes a la investigación y que mostraran resultados en la intersección de los siguientes términos: comportamiento y autismo, soportes visuales y autismo, y conciencia y pantallas ambientales.

4 Acm digital library <http://dl.acm.org/>

5 UbiComp www.ubicomp.org

6 CHI <http://chi2013.acm.org/>

7 IMFAR <http://www.autism-insar.org/imfar-annual-meeting/imfar>

Como resultado de esta búsqueda, los trabajos que se discuten se clasificaron en tres temas: soportes visuales, pantallas interactivas y pantallas ambientales.

2.2 Soportes visuales

Dentro de los salones de clases, los soportes visuales son uno de los apoyos más utilizados por las maestras. Los soportes visuales pueden ser terapéuticamente más efectivos para los niños con autismo. Los soportes visuales pueden presentar ventajas claras para promover la socialización y mejorar la dinámica del salón de clases (McMillen and Soderberg, 2002). En un estudio realizado por (Schreibman and Rogers, 2000), el 51% de los salones de clase utilizan los soportes visuales “la mayor cantidad del tiempo”, y el 29% solo “algún porcentaje del tiempo”. Sin embargo, los educadores especiales reportan significativamente un mayor uso de material de apoyo (e.g., soportes visuales, entornos estructurados de aprendizaje) que los educadores típicos (Sandford, 2009).

Los soportes visuales son un tipo de ayuda, mejoran la comunicación dentro de las aulas de educación especial y se utilizan para brindar apoyo para el aprendizaje y la socialización (Schreibman and Rogers, 2000). Estos hacen uso de "palabras, imágenes, fotografías, íconos u objetos tangibles" [(McMillen and Soderberg, 2002), (Sandford, 2009)] tanto digitalmente (Hayes, G.R., et al., 2010) como en papel (figura 3) para apoyar la conciencia de tareas, manejo conductual y otros problemas en el aula.



Figura 3. Soportes visuales basados en papel usados en terapias de entrenamiento.

Existen varias maneras de utilizar los soportes visuales en apoyo a niños con autismo, y a menudo se aplican en diversas prácticas educativas. A continuación se describen tres herramientas utilizadas comúnmente dentro de los salones de clases:

- Agendas visuales
- Tableros de elección
- Recompensas basadas en economía de fichas

Las **agendas visuales** proporcionan una visualización de actividades planificadas, haciendo uso de símbolos (e.g., palabras, imágenes, fotografías, íconos y objetos tangibles) que dan a entender en el orden en que se producirán las actividades (ICAN, 2010). Las agendas visuales funcionan como recordatorios de los eventos del día, preparan a los estudiantes para las actividades y sus transiciones, y proporcionan un plan estructurado que le sirve a los estudiantes para reducir la ansiedad y mejorar la auto-organización. Las ayudas visuales pueden representar una secuencia durante las actividades, en el que se muestra cada paso de un procedimiento, o bien, una secuencia entre las tareas, en el que los símbolos representan las actividades del día (Mirenda, 2003).

Los **tableros de elección** o tableros de comunicación permiten, a los estudiantes con deficiencias en el lenguaje verbal, participar en múltiples tareas de elección, expresar preferencias personales, llevar a cabo una comunicación funcional, y participar en las actividades de clase (McMillen, 2002).

En los sistemas de **recompensas basadas en economía de fichas**, los estudiantes ganan fichas por tener un comportamiento adecuado, como concentrarse en la tarea, y responder correctamente a preguntas durante la clase. Estos sistemas basados en economía de fichas motivan y recompensan el comportamiento que se desea en un salón de clases (Matson y Boisjoli, 2009). Una vez que se gana un número determinado de fichas, se entrega la recompensa que a menudo es tangible, las fichas se retiran y se restablece el conteo.

Las estrategias de modificación de comportamiento utilizadas en las escuelas incluyen una variedad de enfoques, pero son en gran medida basadas en economía de fichas, lo que significa que los estudiantes pueden ganar puntos y recompensas por tener un comportamiento apropiado. Especialistas en el manejo conductual determinan manualmente el número de puntos que cada niño podría ganar. Para esto, los especialistas tienen que evaluar el comportamiento de cada niño usando notas de comportamiento capturadas a través de la realización de una observación directa. Cabe mencionar que, el comportamiento inadecuado no reduce los puntos ya ganados, pero puede dar lugar a un tiempo de espera, en donde no se pueden ganar puntos por un período de tiempo determinado.

Las recompensas basadas en economía de fichas a menudo hacen uso de soportes visuales para motivar y recompensar el comportamiento adecuado en las aulas de educación especial (Sandford, 2009).

Un tablero gráfico de clase basado en papel, llamado Patrol Chart, muestra el rendimiento de cada estudiante, el cual es actualizado cada lapso de tiempo determinado (Figura 4). Patrol Chart (Matic et al., 2014) es una representación visual del comportamiento dentro de un salón de clases utilizada para el manejo conductual, donde cada estudiante es representado por una fila y cada cuadro de la fila corresponde a una tarjeta de color (i.e., rojo, amarillo, azul), según el desempeño (i.e., alto, medio, bajo) del niño. Finalmente, los niños pueden intercambiar las tarjetas de colores por algún incentivo (e.g., minutos de receso, hojas para dibujar).

Al final de cada lapso de tiempo, los especialistas en comportamiento colocan una tarjeta de color que representa el desempeño de un niño determinado, en términos del porcentaje de puntos ganados: tarjeta azul para estudiantes de bajo rendimiento que ganaban menos del 70% de los puntos posibles, tarjeta amarilla para estudiantes que obtuvieron entre el 70% y el 90%, y rojo para los estudiantes que hayan obtenido más del 90%. La recompensa utilizada por Patrol Chart es tiempo libre al final de la sesión para realizar una actividad de la preferencia del niño. El rendimiento posible diario de un niño está dado por las actividades totales que regularmente puede realizar durante ese periodo de tiempo. Al final de la semana, los estudiantes pueden observar

los puntos acumulados, los cuales también están expresados en porcentajes de los puntos posibles, y de nuevo son recompensados de la misma manera.



Figura 4. Patrol Chart, representación visual usada para el manejo conductual que hace uso de soportes visuales.

Los soportes visuales pueden dar consistencia y estructura para reducir la ansiedad (Sandford, 2009) y brindar un mejor apoyo para superar los retos de atención a los que se enfrentan los niños con autismo, mejorando las interacciones y la comunicación mediante señales visuales (Escobedo, L. et al., 2014).

2.3 Pantallas interactivas

Dentro de la literatura de cómputo móvil y ubicuo algunos proyectos han investigado el uso de pantallas interactivas para aumentar y enriquecer los soportes visuales que se utilizan en los salones de clases. Por ejemplo, vSked (figura 5) es un sistema virtual interactivo y colaborativo para la planificación de actividades en salones de clases de niños con autismo, en donde se integran una agenda visual de actividades y recompensas basadas en economía de fichas (Hirano et al., 2010). vSked fue diseñado con el objetivo de aumentar la comunicación de cada estudiante, sincronizar las interacciones de la clase y compartir experiencias. La pantalla colectiva de vSked presenta y controla los horarios y las actividades sobre una pantalla táctil que se encuentra situada frente a un salón de clases. Mientras que la pantalla individual se encuentra conectada inalámbricamente a la pantalla colectiva. Mediante el uso de la pantalla colectiva táctil, el profesor indica e inicia una actividad al pulsar sobre la

imagen de una tarea. Al mismo tiempo, una serie de indicaciones correspondientes se envían a los dispositivos de los estudiantes, donde aparece el área del tablero para trabajar.

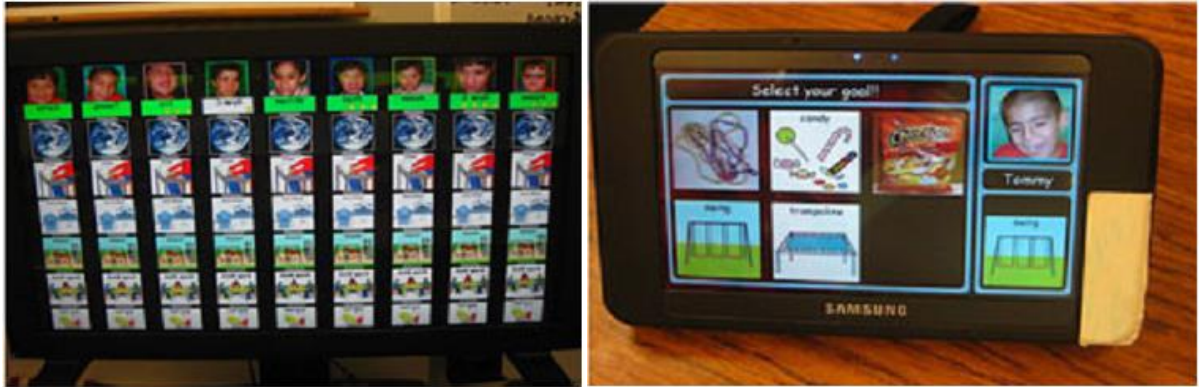


Figura 5. vSked, un sistema virtual interactivo y colaborativo para la planificación de actividades en salones de clases. (Izquierda) Pantalla colectiva de plan de trabajo. (Derecha) Pantalla interactiva individual que muestra la actividad del día y la recompensa.

Otros proyectos han explorado el uso de pantallas interactivas fuera de los salones de clases para mejorar las interacciones sociales y la comunicación (e.g., MoCoToS [(Hayes et al., 2010)]). Por ejemplo, Mosoco es una aplicación de asistencia móvil que utiliza la realidad aumentada y los soportes visuales de la brújula social (Social Compass) para ayudar a los niños con autismo en la práctica de sus habilidades sociales en situaciones de la vida real. Mosoco guía a los niños a lo largo de una interacción, ayuda a detectar parejas potenciales para interactuar, y darles los indicios sociales adecuados. Cada niño recibe asistencia directa y reforzamiento para la práctica de sus habilidades, a través de pantallas interactivas individuales (Escobedo et al., 2012) (figura 6) .



Figura 6. Mosoco, interfaz gráfica para asistencia social.

Otro ejemplo de pantalla interactiva que ha sido utilizado en apoyo a los salones de clases de niños con autismo es Mocotos (figura 7). Mocotos es una pantalla interactiva móvil para la mejora de la comunicación por medio de la comunicación visual, haciendo uso del Sistema de Comunicación por Intercambio de Imágenes (PECS, por sus siglas en inglés). Es decir, Mocotos sirve para que los niños con deficiencias en el lenguaje verbal puedan comunicarse e interactuar socialmente mediante la elección de una serie de imágenes que se encuentran almacenadas en el celular. También funciona para actividades o terapias de discriminación de imágenes. Da soporte desde un diálogo altamente estructurado durante una actividad en clases, hasta a expresiones espontáneas no estructuradas (Hayes et al., 2010).



Figura 7. Interfaz móvil de Mocotos: (Izquierda) Tablero de elección de tarjetas. (Derecha) Los cuidadores pueden añadir nuevas imágenes utilizando la cámara integrada.

En particular, los soportes visuales interactivos han demostrado ser de ayuda para los niños con autismo apoyando en la mejora de sus problemas del habla y del lenguaje [e.g., (Sennott and Bowker, 2009), (Patten et al., 2006)], proporcionando retroalimentación sobre su pronunciación [e.g., (Gal et al, 2009), (McMillen and Soderberg, 2002)], reduciendo la cantidad de ayudas profesor - alumno [(Escobedo et al., 2012), (Hirano et al., 2010)], fomentando la coherencia (Hirano et al., 2010), y permitiendo generalizar habilidades en situaciones de la vida real (Escobedo et al., 2012).

Este trabajo, demuestra que existe un gran potencial para hacer uso de las nuevas tecnologías enfocadas al manejo conductual en las aulas de educación especial a nivel individual. Sin embargo, todavía hay preguntas abiertas sobre cómo los beneficios de utilizar soportes visuales interactivos, también podrían utilizarse para promover la reflexión y ayudar a los estudiantes, a comprender la razón del éxito o fracaso en el logro de una meta colectiva a nivel conductual.

2.4 Pantallas ambientales

Más allá de estos proyectos de educación especial, nuestro trabajo de investigación se centra en promover la reflexión y conciencia. Dentro de la investigación en cómputo móvil y ubicuo, se ha explorado cómo las pantallas ambientales brindan conciencia, inducen un cambio de comportamiento, y aumentan el bienestar.

Podemos definir a las pantallas ambientales como aquellas pantallas disponibles en el ambiente que brindan información con el rol ambiguo de ser perceptibles pero a la vez invisibles al usuario. Las pantallas ambientales, son estéticamente agradables y se ubican en la periferia de la atención del usuario (Mankoff, 2003).

Particularmente, las visualizaciones de las actividades y los patrones de comportamiento pueden promover la reflexión a nivel individual. Por ejemplo, Tlatoque (figura 8) es una pantalla ambiental que consta de un cliente ligero de Facebook que muestra un cuadro digital de fotografías que proporciona conciencia a adultos mayores acerca de su familia y amigos para potenciar la socialización entre ellos (Cornejo et al., 2013).

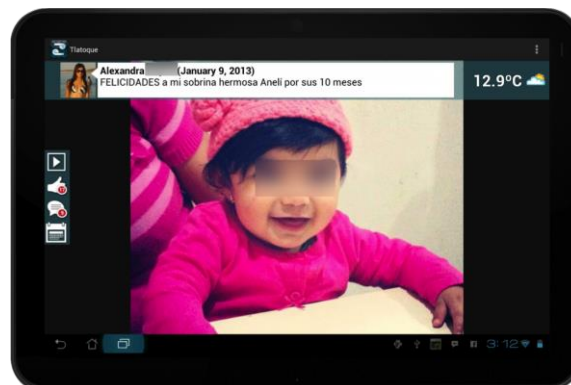


Figura 8. Tlatoque, interfaz digital de fotografías.

Todo este cuerpo de trabajo explora cómo los usuarios, de manera individual, pueden mejorar distintas habilidades (e.g., comportamiento, aprendizaje, socialización), sin embargo, hay otros proyectos de investigación, que más allá de sólo enfocarse a lo individual, también exploran cómo brindar conciencia colectiva a través de pantallas ambientales. Por ejemplo, hay proyectos que tienen como objetivo alentar hábitos saludables, como el ejercicio en el lugar de trabajo (Rogers et al., 2010).

Otros ejemplos de pantallas ambientales son: emotionalcities (Wernqvist, J., 2007)(Figura 9) y D-Tower⁸ (Figura 9). Ambas pantallas ambientales recogen información sobre el estado de ánimo de los ciudadanos a través de encuestas diarias en línea, y muestran la emoción general de la población, representada por un color que es visualizado sobre un edificio o escultura pública (Zhang et al. 2010).

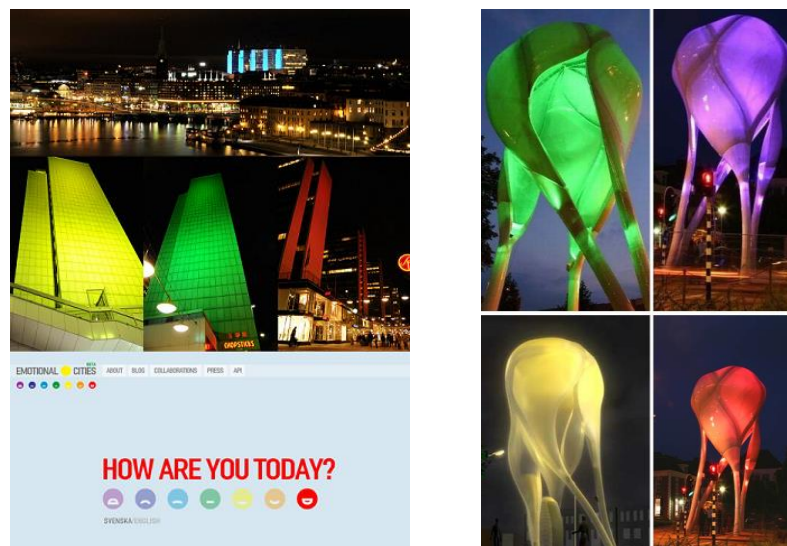


Figura 9. Pantallas ambientales: (Izquierda) EmotionalCities. (Derecha) Escultura D-tower

Más allá de estos proyectos, la investigación en computación ubicua ha explorado cómo las pantallas ambientales inducen el cambio de comportamiento y aumentan el bienestar. En particular, las visualizaciones de las actividades y patrones de conducta pueden promover la reflexión a nivel individual, el fomento de hábitos saludables, como dieta y ejercicio (e.g., Ubifit [Consolvo et al., 2007]) o a nivel colectivo, como en el lugar de trabajo (e.g., follow-the-lights, the Clouds, the history [Rogers et al.,

⁸ www.d-toren.nl

2010]). Por ejemplo, “Follow-the-Lights” (Figura 10) es en una pantalla ambiental, con una representación abstracta, con la finalidad de atraer y persuadir a los empleados de una oficina a usar las escaleras. El diseño fue basado en una serie de focos LEDs interconectados e incrustados en la alfombra, los cuales encendían cuando se aproximaba alguien. Además, se colocó a la entrada de una oficina para evitar que la gente centrara su atención en el ascensor, el cual se encontraba más visible que las escaleras, al entrar al edificio.



Figura 10. Follow-the-lights: Diseño e instalacion en sitio.

Otro ejemplo de pantalla ambiental a nivel colectivo, que promueve la auto-reflexión es “the clouds”, donde dos grupos de nubes que se mueven representan el número de personas que han tomado las escaleras y el ascensor. Las esferas de color naranja representan el uso de los ascensores, mientras que las esferas grises están destinadas a representar el uso de las escaleras, las esferas pueden moverse hacia arriba o hacia abajo según la tendencia de uso (figura 11).

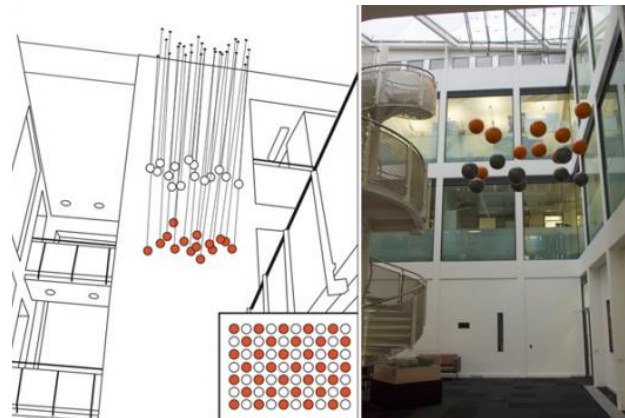


Figura 11. The Clouds: Diseño e instalacion en sitio.

Nuestra investigación está basada en este marco teórico, centrándose en cómo las pantallas ambientales podrían potenciar el buen comportamiento en las aulas, tanto a nivel individual como colectivo.

2.5 Resumen y Conclusiones

En este capítulo, se mostró que los soportes visuales pueden apoyar las estrategias de manejo de la conducta de los niños con problemas de comportamiento. Sin embargo, las herramientas típicas existentes son a menudo estáticas, rara vez estimulantes y tienden a centrarse sólo en el comportamiento individual.

Por eso, se han hecho distintas investigaciones enfocadas a cómo el computo móvil y ubicuo puede apoyar diversos aspectos del desarrollo de los niños con autismo, como la educación, aprendizaje y habilidades sociales.

En esta revisión de literatura, se encontró que las pantallas interactivas son apropiadas para aumentar y enriquecer los soportes visuales, dentro y fuera de salones de clases de educación especial, ya que mejoran la atención a las tareas, el lenguaje y las interacciones sociales. También se observó que las pantallas ambientales son adecuadas para transmitir información, persuadir a la auto-reflexión brindando conciencia a usuarios potenciales a nivel individual y colectivo.

Por ello, un objetivo de esta tesis es estudiar el espacio de diseño de pantallas ambientales que permita a los niños con autismo auto-reflexionar sobre el comportamiento individual y colectivo, y apoyar las actividades que se realizan en sus salones de clases.

Capítulo 3. Diseño e implementación de BxBalloons

En este capítulo se reporta el proceso que se siguió para el diseño e implementación del sistema BxBalloons, que es una pantalla ambiental que tiene como objetivo apoyar el manejo conductual de niños con autismo, particularmente dentro de salones de clases.

Se realizó un estudio contextual donde los resultados que se obtuvieron sirvieron como base para describir los requerimientos y consideraciones de diseño que BxBalloons debe incorporar.

Posteriormente se describe: el diseño de la interfaz gráfica, la arquitectura del sistema y sus componentes.

Por último, se concluye con un escenario hipotético de uso para ejemplificar el uso del sistema dentro de un salón de clases de niños con autismo.

3.1 Estudio contextual

Para un mejor entendimiento de las características, las prácticas actuales y las estrategias de manejo conductual que se tienen dentro de un salón de clases de niños con autismo, se llevó a cabo un estudio contextual en una clínica que atiende a niños con autismo.

Durante el estudio contextual, se realizaron notas de campo mediante observaciones directas no participativas y se analizaron un conjunto de 29 entrevistas semi-estructuradas⁹ de estudios contextuales previos, haciendo uso de técnicas cualitativas (i.e., codificación abierta¹⁰, codificación axial¹¹ y diagramas de afinidad¹²).

⁹ **Entrevista semi-estructurada:** entrevista guiada por un conjunto de temas y preguntas abiertas, donde de acuerdo con las respuestas de los entrevistados, se pueden agregar preguntas o modificar el orden de los temas.

¹⁰ **Codificación abierta:** Proceso analítico, a través del cual se identifican los conceptos y se descubren en los datos sus dimensiones y propiedades (Corbin y Strauss, 2008).

En total, se analizaron 21 entrevistas del uso de una pantalla ambiental, realizadas durante una intervención en una escuela pública especializada en niños con trastornos de comportamiento (Matic et al., 2014), en la ciudad de Irvine, Cal. E.U.A; y 8 entrevistas de las prácticas en la vida diaria de niños con autismo realizadas en el centro psicopedagógico Pasitos, localizado en Tijuana, B.C. México.

Para llevar a cabo el análisis cualitativo de los datos, se realizó un microanálisis sobre las transcripciones de las entrevistas que consistió en analizar línea por línea los documentos para identificar temas comunes y recurrentes (i.e., técnica de codificación abierta). Posteriormente, se procedió a buscar relaciones entre los temas recurrentes (i.e., técnica de codificación axial), para, finalmente, agruparlos en categorías principales o temas emergentes (i.e., técnica de diagrama de afinidad).

Como resultado del análisis con las técnicas anteriormente descritas, se obtuvieron 4 categorías principales que emergieron de los datos:

- **Personalización:** Comprende los retos para atender las distintas capacidades y funcionalidad de los diferentes niños con autismo en una clase.
- **Estimulación:** Engloba las estrategias que siguen los maestros para mantener el interés y la atención de los niños con autismo en los trabajos de clase.
- **Comportamiento:** Incluye los obstáculos y estrategias de manejo conductual para conseguir que los niños con autismo sigan instrucciones.
- **Colaboración:** Implica los obstáculos que se presentan al promover la colaboración e interacciones sociales en salones de clases de niños con autismo.

¹¹ **Codificación axial:** proceso de relacionar las categorías a sus subcategorías (Corbin y Strauss, 2008).

¹² **Diagramas de afinidad:** técnica que nos permite agrupar citas de acuerdo con su relación entre sí.

A partir del análisis de los temas emergentes, se propusieron 3 consideraciones de diseño (ver sección 3.4) para el desarrollo de pantallas ambientales que promuevan las interacciones sociales y la auto-reflexión de comportamiento a nivel colectivo e individual en salones de clases de niños con autismo:

- Balancear la motivación y el reto.
- Dar crédito apropiado por las acciones de los niños a nivel individual y grupal.
- Dar más importancia a conductas positivas que a las negativas.

3.2 Métodos de diseño

Para diseñar BxBalloons se siguió un proceso iterativo de diseño centrado en el usuario utilizando las técnicas de codificación abierta y axial (Strauss, A., and Corbin, 1994) y diseño contextual rápido (Holtzblatt et al., 2004). Durante 2 meses se utilizaron los resultados del estudio contextual para diseñar iterativamente prototipos de baja fidelidad, un conjunto de personajes representando a los usuarios potenciales, y un conjunto de escenarios de diseño.

Se realizaron 4 sesiones de diseño multidisciplinarias¹³ y 2 sesiones de diseño participativas¹⁴ para discutir los prototipos y recibir comentarios sobre el diseño.

3.2.1 Sesiones de diseño multidisciplinarias

Las 4 sesiones de diseño multidisciplinarias incluyeron la participación de dos diseñadoras gráficas, una experta en diseño de sistemas interactivos y un estudiante de maestría en ciencias de la computación. El objetivo de estas sesiones fue plantear un prototipo que empleara las consideraciones de diseño resultantes del estudio contextual.

¹³ **Sesión de diseño multidisciplinaria:** conjunto de personas, con diferentes formaciones académicas y experiencias profesionales, participan en el diseño.

¹⁴ **Sesión de diseño participativa:** los usuarios finales participan activamente en el diseño.

Con base en las consideraciones de diseño, se propusieron varios escenarios y posibles características (i.e., interfaces, estímulos, metas) para la pantalla ambiental. Haciendo uso de la técnica de guión gráfico (storyboard, por su traducción en inglés)¹⁵, se realizaron bosquejos en papel y se propusieron distintos escenarios donde cada uno contara con distintos estímulos, metas individuales y grupales; que de manera iterativa se fueron refinando.

Finalmente, como resultado de estas sesiones multidisciplinarias, se diseñó un prototipo de baja fidelidad que consistió en un conjunto de bosquejos digitales, estímulos, metas y elementos para la interfaz de la pantalla ambiental (figura 12).



Figura 12. Bosquejos digitales y elementos de la interfaz gráfica de la pantalla ambiental, utilizados en la sesión de diseño participativa.

¹⁵ **Guion gráfico:** conjunto de ilustraciones para conceptualizar una imagen general de la funcionalidad del producto (Holtzblatt, Wendell, and Wood, 2004).

3.2.2 Sesión de diseño participativa

La sesión de diseño participativa fue audio grabada (tiempo total = 1 h 23m) para su análisis posterior. La sesión estuvo formada por 5 maestras de niños con autismo, una experta en diseño de sistemas interactivos y un estudiante de maestría en ciencias de la computación. El objetivo fue determinar el modelo de interacción, los mecanismos de control, los incentivos y estímulos adecuados para promover las interacciones sociales y representar el comportamiento individual y grupal. También, sirvió para discutir las consideraciones de diseño que se encontraron dentro del estudio contextual.

Los prototipos de baja fidelidad se presentaron a los usuarios potenciales por medio de una presentación con diapositivas, que mostraba un guión de gráfico, e impresiones en papel con los bosquejos propuestos (ver figura 12). Apoyándonos en el guion gráfico, se les explicó a las maestras en qué consistía cada elemento del prototipo, se realizaron pausas entre cada descripción para escuchar sus dudas, opiniones y sugerencias. Además, en cada pausa las maestras tenían la posibilidad de realizar cambios en las interfaces plasmadas en papel o proponer una nueva interfaz.

Los resultados se analizaron utilizando técnicas de diseño contextual rápido (Beyer y Holtzblatt, 1999), es decir, se transcribió la sesión del grupo focal y los códigos obtenidos fueron agrupados de acuerdo a los temas recurrentes.

Los resultados de la sesión fueron:

- Cambiar el avión grupal por un globo aerostático para cada niño.
- Representar el comportamiento con caritas simples.
- Utilizar 5 escenarios distintos (i.e., los continentes), uno para cada día de la semana.
- Agregar sonido en cada cambio de comportamiento.
- Detectar gritos o agregar un botón para la captura.
- Niños y control de comportamiento en una misma pantalla.
- Videos diferentes como recompensa final y grupal.

Los resultados de la sesión de diseño participativa (figura 13) se utilizaron para rediseñar los bosquejos y para escoger entre las alternativas propuestas.



Figura 13. Participantes durante una sesión de diseño participativo realizada en Pasitos, A. C. (izquierda). Diseños en papel realizados durante una de las sesiones de diseño participativo (derecha).

3.2.3 Validación del diseño de BxBalloons

Una vez que se concretó e implementó la primera versión del diseño, se realizó una sesión de diseño participativa en donde se mostró BxBalloons a 5 maestras de niños con autismo y a una experta en diseño de sistemas interactivos. La sesión se desarrolló en un salón de clase del centro psicopedagógico Pasitos, localizado en Tijuana, B.C, con el objetivo de validar las interfaces gráficas de la pantalla ambiental.

Durante esta sesión, se les mostró a las maestras la funcionalidad, el modelo de interacción, los estímulos y las metas grupales e individuales que se implementaron en la pantalla ambiental. Finalmente, se discutió acerca de las posibles mejoras o modificaciones en la instalación y la interfaz de la pantalla ambiental.

En esta sesión de diseño participativa solamente se tomaron notas de campo. Dentro de estas notas, la principal retroalimentación que se obtuvo fue en relación a los componentes físicos (pantalla táctil empotrada en la pared) y el equipo de cómputo que se sugería utilizar. Las maestras explicaron que una computadora tradicional en el salón de clases pone en riesgo la integridad física de los niños. Además, que expresaron la preferencia en utilizar un dispositivo móvil que les ayude a desplazarse

mientras realizan la captura de los datos. También, se hicieron comentarios acerca de algunos elementos interactivos asociados a la animación (figura 14).

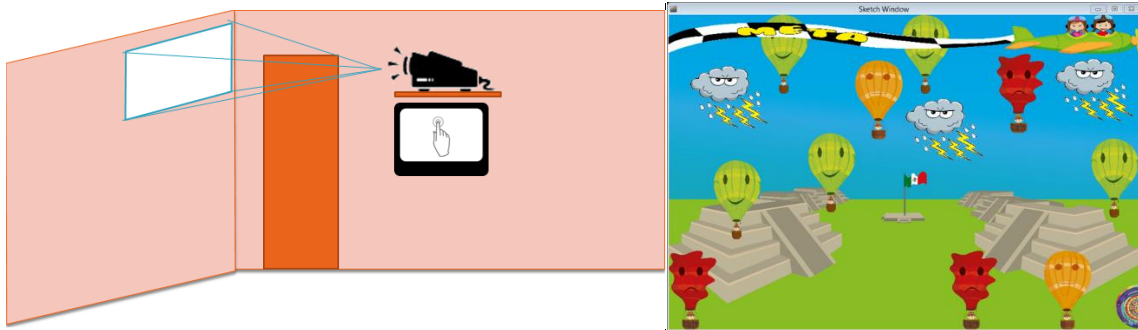


Figura 14. Primera versión de BxBalloons. En esta versión, los componentes físicos (izquierda) ponen en riesgo la integridad de los niños y del mismo equipo de cómputo, y los elementos visuales de la animación (derecha) compiten por la atención del usuario.

Por esta razón se decidió hacer uso de tabletas para facilitar la captura de los datos y eliminar las preocupaciones acerca de la integridad de los niños y el equipo de cómputo. Además, se trabajó en la interfaz de la animación para que los elementos visuales no compitieran por la atención y darle el énfasis adecuado.

De acuerdo con los resultados de las sesiones de diseño, en la siguiente sección se muestra el diseño final de la pantalla ambiental.

3.3 Diseño de la pantalla BxBalloons

El diseño de la pantalla ambiental llamada *BxBalloons* tiene como objetivo estimular, de una manera dinámica y atractiva, la autorreflexión del comportamiento individual y colectivo en niños con autismo dentro de un salón de clases.

El sistema *BxBalloons* está constituido por dos 2 partes, animación y control de comportamiento, las cuales se describen a continuación:

La pantalla ambiental (figura 15) consiste en una animación con globos aerostáticos que reflejan el comportamiento de los niños durante la sesión de clases, y la pantalla se encuentra visible en todo momento dentro del salón de clases.

Al iniciar BxBalloons, todos los globos, que representan a los niños, aparecen en la parte inferior de la pantalla, y el objetivo de BxBalloons es, que al final de la sesión, todos o la mayoría de los globos, hayan volado hasta llegar a la meta (i.e., parte superior de la pantalla), indicando con esto un buen comportamiento grupal de los niños.

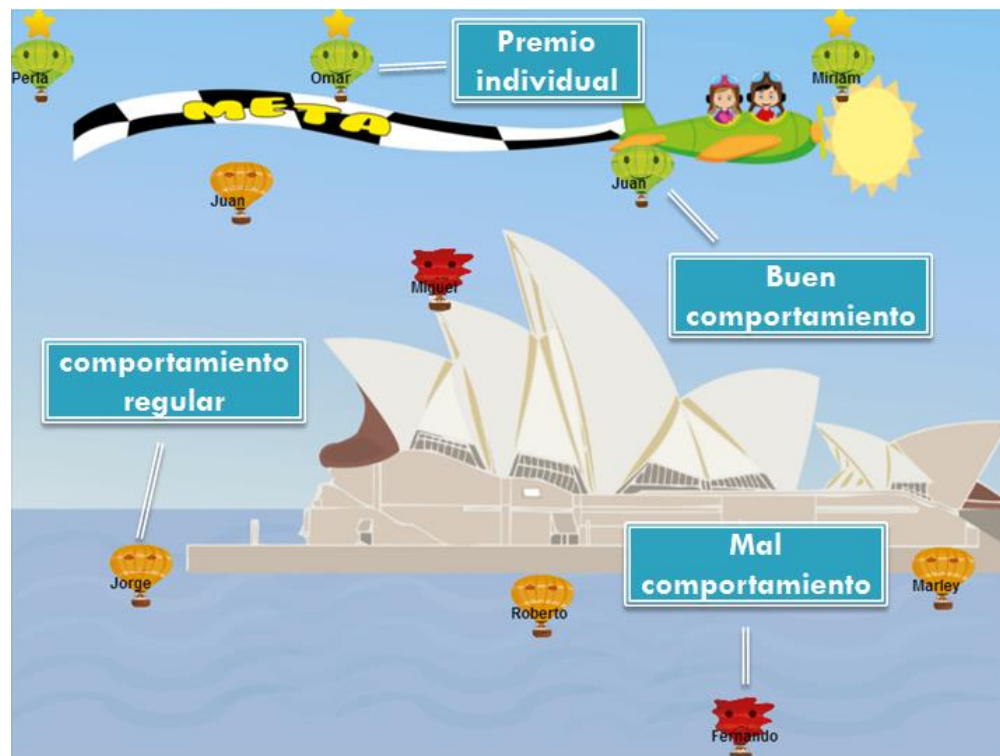


Figura 15. Pantalla ambiental, donde se muestra el comportamiento de los niños.

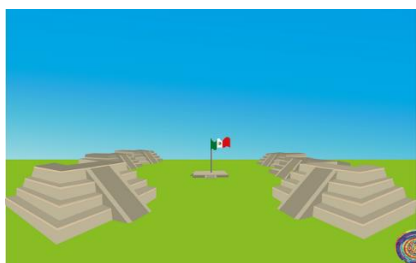
A cada niño dentro del salón de clases le corresponde un globo con su nombre, situado en la pantalla de BxBalloons. Las características de cada globo están dadas por una carita simple, color, forma y movimiento, las cuales varían según sea el comportamiento del niño (tabla 1). El objetivo de la animación de la pantalla ambiental es que los globos viajen por los 5 continentes del mundo, uno para cada día de la semana.

Para brindar una mejor retroalimentación, al registrarse un cambio de comportamiento en la pantalla ambiental, BxBalloons reproducirá un “beep” en forma de sonido.

Tabla 1. Clasificación de comportamientos y representación visual.

Comportamiento	Carita	Color	Movimiento	Icono
Malo	Triste	Rojo	Descendente	
Regular	Seria	Ámbar	Estático	
Bueno	Feliz	Verde	Ascendente	

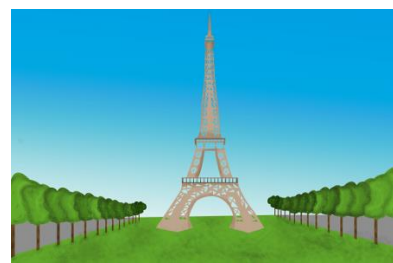
Los globos se sitúan en uno de los cinco escenarios representativos de cada continente, dependiendo del día de la semana (i.e., de lunes a viernes) (figura 16). Además, los escenarios se diseñaron para que se encuentren en segundo plano, al fondo de la pantalla, de forma que los globos aerostáticos sean lo más notable de la animación, y lo más llamativo para los niños.



Lunes - América



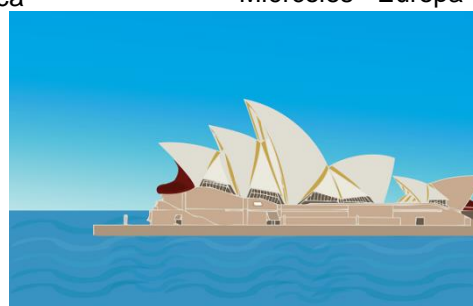
Martes - África



Miércoles - Europa



Jueves - Asia







Viernes - Oceanía

Figura 16. Escenarios representativos de cada continente según el día de la semana

Otra de las características es, que al iniciar BxBalloons, el escenario correspondiente al día de la semana se presenta con un clima soleado, sin embargo, puede variar durante la sesión de clases, de soleado a lluvioso conforme al nivel de gritos en el aula (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de gritos y representación visual.

Nivel de Gritos	Clima	Imagen
Sin gritos	Soleado	
Pocos gritos	Parcialmente nublado	
Gritos moderados	Nublado	
Muchos gritos	Lluvioso	

Por último, en cuanto a la animación de la pantalla ambiental, BxBalloons maneja premios individuales y grupales. Como premio individual, se otorga una estrella al globo que llegó a la meta (figura 17); y como premio grupal, si la mayoría de los globos alcanzaron la meta al final de la sesión, se muestra un video con música y sonido personalizado para cada componente (figura 18).



Figura 17. Premio individual

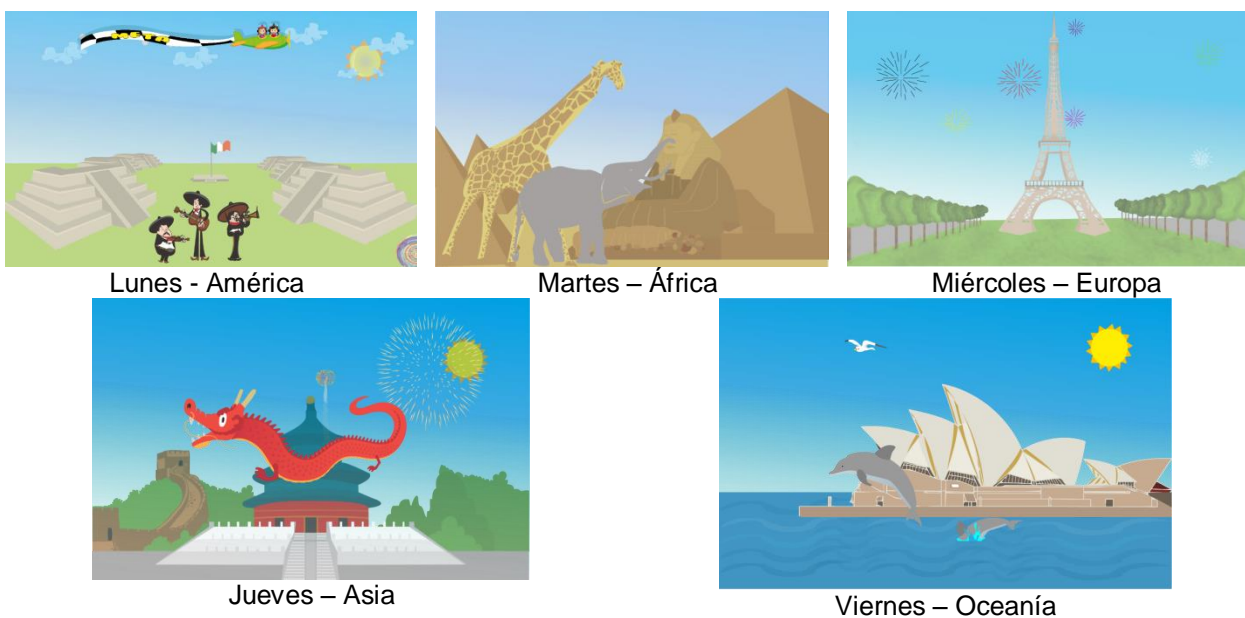


Figura 18. Premios grupales según el escenario

Existe una interfaz de control de comportamiento (figura 19), la cual contiene un listado de los niños correspondientes al grupo, y permite a la maestra indicar el comportamiento (tabla 1) de cada uno de ellos. También, hace posible registrar el nivel de gritos (tabla 2) existentes dentro del salón de clases. Como última funcionalidad, al final del día, se puede premiar el comportamiento colectivo de los niños.



Figura 19. Interfaz de control de comportamiento.

A continuación, se describen de manera detallada los requerimientos y principios de diseño que se siguieron para el desarrollo de BxBalloons.

3.4 Establecimiento de requerimientos

Como resultado del análisis realizado se propusieron 3 consideraciones de diseño para el desarrollo de pantallas ambientales que promuevan las interacciones sociales y la auto-reflexión de comportamiento a nivel colectivo e individual en salones de clases de niños con autismo. Estas consideraciones guiaron el diseño de la pantalla ambiental BxBalloons, y son producto del análisis de los temas emergentes. A continuación se describen más a detalle.

3.4.1 Balancear la motivación y el reto

El análisis de los resultados contextuales nos indicó que los niños con autismo poseen distintas habilidades, y lo que para uno es muy fácil hacer o comprender, para otro puede resultar un reto. Por esta razón, el tema de incentivos se vuelve algo no trivial.

“Los niños tienen diferentes habilidades, por eso cada uno tiene su programa”
(informante 1)

“Generalmente, tenemos el grupo dividido en dos: los que van avanzado y los que van más o menos” (informante 2)

Dado que existen 3 niveles de funcionalidad para el caso de autismo, (Sitdhisanguan et al. 2012) es importante encontrar estrategias para mantener a los niños incentivados en la realización de sus tareas. Por eso es importante proporcionar mecanismos que permitan a las maestras personalizar, según su criterio, el progreso y la motivación de cada uno de los niños de acuerdo a las habilidades, capacidades, y nivel funcional de sus alumnos.

3.4.2 Dar crédito apropiado por las acciones de los niños a nivel individual y grupal

El estudio contextual nos mostró que para fomentar comportamientos positivos y contrarrestar los problemas de comportamiento que los niños con autismo enfrentan durante sus clases, los maestros y especialistas hacen uso de 2 técnicas: la economía de fichas y los soportes visuales.

Los soportes visuales son un tipo de ayuda, que mejoran la comunicación dentro de las aulas de educación especial y se utilizan para brindar apoyo para el aprendizaje y la socialización (Schreibman y Rogers, 2000). Sin embargo, los soportes visuales son a menudo estáticos, y rara vez estimulantes para los niños. Además, tienden a centrarse sólo en el comportamiento individual.

A partir del análisis de los temas que emergieron del estudio contextual, los resultados nos indican que el sistema debe integrar estímulos visuales (e.g., animaciones) y estímulos auditivos (e.g., uso de sonidos) para atraer la atención del niño. Además, se buscó ofrecer una visualización amigable para los niños, y que potencialmente promoviera el buen comportamiento individual y colectivo. Para ello, se utilizaron elementos con los que los niños pudieran estar familiarizados (e.g., colores, caritas, estrellitas). Esto permitió reducir la carga cognitiva asociada a aprender a utilizar el sistema BxBalloons, interpretar la información, y potencialmente disminuir las distracciones en el salón de clases.

“Algo muy concreto que ellos ya lo asocian super bien es la happy face” (informante 3)

3.4.3 Dar más importancia a conductas positivas que a las negativas.

El análisis de los resultados mostró que la estrategia actual para reforzar e incrementar la conciencia del buen comportamiento es premiar el buen comportamiento e ignorar el mal comportamiento.

“Ignoramos la conducta inadecuada y reforzamos positivamente las adecuadas”
(informante 3)

“Más que nada celebramos el buen comportamiento, el mal comportamiento nada más te alejas y ya” (informante 4)

Con esta consideración de diseño en mente, decidimos dar un mayor énfasis a las conductas positivas que a las negativas. Esta característica la podemos observar en la velocidad del ascenso o descenso de los globos aerostáticos en el sistema BxBalloons: cuando se presenta el buen comportamiento, el globo aerostático asciende 4 veces más rápido que al momento de descender, cuando se presenta un mal comportamiento.

3.5 Escenario de uso del sistema BxBalloons

Para ejemplificar como se utiliza el sistema BxBalloons en la práctica, describiremos el siguiente escenario:

Escenario de cómo José (niño con autismo poco social y perfeccionista) interactúa con la pantalla ambiental: José ha interactuado antes con tecnología, como celulares u otros dispositivos, le gusta mucho jugar video juegos por lo que no es nuevo para las dinámicas de los juegos; José trabaja muy bien en las actividades que son individuales, lo hace de forma minuciosa. Sin embargo, en las actividades grupales casi no participa.

Acciones: La maestra le asigna la actividad a José de colorear un dibujo. José comienza a colorear despacio para no salirse del dibujo y que quede perfecto. José se enoja porque coloreó fuera del dibujo, y comienza hacer una rabieta. La maestra le pide que se calme porque si no su globo no se va poner verde, y por lo tanto no va ascender como los globos de sus compañeros porque no se está portando bien. Esto provoca que, José se calme y siga con la actividad. La maestra lo recompensa indicando su buen comportamiento en la interfaz de control de comportamiento (figura 19). BxBalloons emite un “beep” que indica que un globo cambio de color, José voltea a

ver la pantalla ambiental y se da cuenta de que su globo cambio a color. Al final de la clase, José observa sonriente que su globo se encuentra en la meta y que además tiene una estrella, que obtuvo como premio individual. Sin embargo, no obtienen el premio grupal porque hay algunos globos que no llegaron a la meta. José se da cuenta que uno de esos globos es el de Anita.

Al siguiente día, José se da cuenta de que Anita se está portando mal, y a pesar de que él es poco social, va con Anita a apoyarla para que se porte bien si no su globo no va volar y no podrán obtener el premio grupal. Anita se tranquiliza siguiendo con su actividad y la maestra la recompensa registrando su buen comportamiento. El globo de Anita empieza a ascender. Al final de la clase, todos los globos se encuentran en la meta, y la maestra decide darles el premio grupal mientras los niños observan emocionados los fuegos artificiales y el movimiento del dragón junto con el sonido de la música.

3.6 Implementación del sistema BxBalloons

Ya que la metodología de diseño que se utilizó implica un proceso iterativo, eso nos facilitó la creación de una pantalla ambiental de forma incremental. Se implementó una primera versión de BxBalloons, la cual permitió realizar algunas pruebas y demostraciones. Gracias a las observaciones, comentarios y varias sesiones de diseño, se obtuvo una versión final de BxBalloons.

3.6.1 Arquitectura general de BxBalloons

El sistema BxBalloons se compone de 4 elementos (figura 20): una tableta para acceder a la interfaz de comportamiento para la captura de datos y otra para la ejecución de la interfaz de la animación. El servidor de la aplicación realiza la comunicación entre las tabletas a través del protocolo TCP/IP¹⁶. Por último, google chromecast realiza la proyección de la animación. A continuación se describen los componentes de Bxballoons.

¹⁶ **TCP/IP:** Protocolo estándar de red que proporciona la conectividad de extremo a extremo y que especifica cómo se deben empaquetar los datos de origen, direccionarlos, transmitirlos, enrutarlos y recibirlos en el destino.

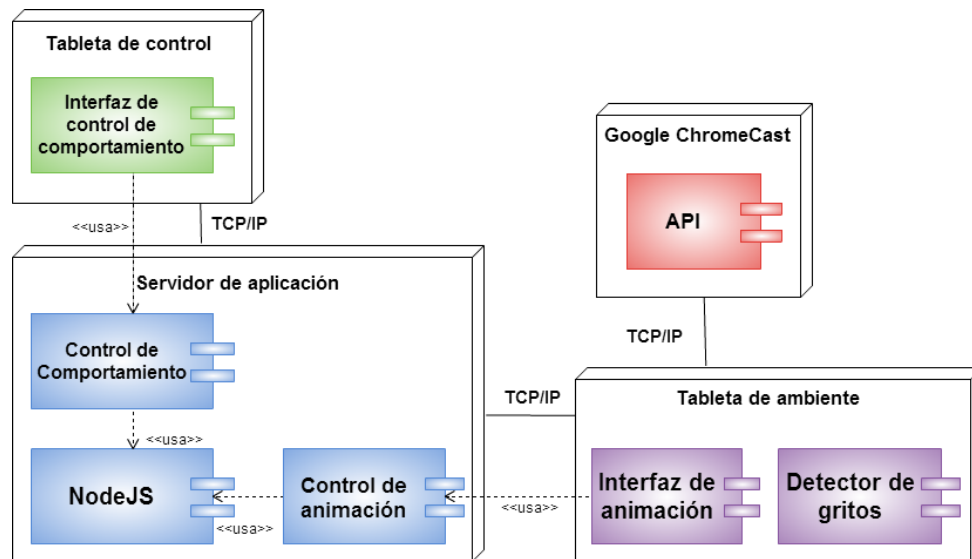


Figura 20. Arquitectura general del sistema BxBalloons

3.6.1.1 Nodo tableta de control

El nodo tableta de control ejecuta el módulo interfaz de control de comportamiento que se encarga de presentar al usuario, a través de un explorador web (e.g., Google Chrome) que soporte HTML5¹⁷ y javascript¹⁸, los controles necesarios para que el usuario pueda indicar el comportamiento individual de los niños, el nivel de gritos en el salón de clases y brindar el premio grupal del día.

3.6.1.2 Nodo servidor de aplicación

Este servidor de aplicación, corresponde a una aplicación web implementada con el framework express¹⁹, HTML5 y Javascript, montada sobre un servidor web basado en NodeJS²⁰.

¹⁷ **HTML5**: Quinta revisión del lenguaje estándar de marcado para la elaboración de páginas web.

¹⁸ **Javascript**: es un lenguaje de programación dinámico, utilizado como parte de los navegadores web para actualizar el contenido del documento mostrado.

¹⁹ **framework express**: framework diseñado para la construcción de páginas individuales, de varias páginas y aplicaciones web híbridadas. <http://expressjs.com>

²⁰ **NodeJS**: entorno de ejecución multiplataforma para el lado de servidor y aplicaciones de red, escrito en código abierto. <http://nodejs.org>

- **Módulo de control de comportamiento:** Maneja los eventos seleccionados en la interfaz de control de comportamiento y se encarga de hacer peticiones al módulo nodeJS para poder comunicarse con el módulo de control de animación.
- **Módulo de NodeJS:** Procesa y responde las solicitudes de los módulos control de comportamiento y control de animación, permitiendo así la comunicación entre la tableta de control y la tableta de animación.
- **Módulo de control de animación:** Se encarga de recibir e interpretar los mensajes del módulo NodeJS y maneja los eventos que se muestran en el módulo interfaz de animación.

3.6.1.3 Nodo tableta de ambiente

El nodo tableta de ambiente ejecuta el módulo interfaz de animación y el modulo detector de gritos.

- **Módulo interfaz de animación:** se encarga de mostrar la animación interactiva, a través de un explorador web que soporte HTML5 y javascript, y transmitirla por medio de un dispositivo llamado Google ChromeCast.
- **Módulo detector de gritos:** básicamente, el módulo detector de gritos es responsable de detectar automáticamente el nivel de gritos dentro del salón de clases. De manera general, el algoritmo detector de gritos (apéndice 1) ²¹ consiste en capturar el sonido, se extraen las características del sonido, las cuales son evaluadas por un clasificador, previamente entrenado, para estimar si es un grito o no.

3.6.1.4 Nodo Google ChromeCast

El nodo google ChromeCast es un dispositivo de streaming de multimedia (figura 21), que se conecta a una pantalla o proyector, y que realiza la comunicación con la tableta de animación para proyectar a los usuarios lo que se esté visualizando en ella.

²¹ El algoritmo de audio fue diseñado e implementado en colaboración con la estudiante, de nivel doctorado, del departamento de Ciencias en la Computación de CICESE, Jessica Beltrán Márquez.



Figura 21. Dispositivo Google ChromeCast

3.6.2 Ejemplo del uso de la aplicación

Para ejemplificar la interacción de los componentes mencionados en la arquitectura de la pantalla ambiental BxBalloons, se presenta el escenario cuando la maestra decide cambiar el comportamiento de alguno de los niños de su grupo. Para ello, en la figura 22 se muestra el diagrama de secuencia.

Primeramente, se realiza la conexión de la interfaz de animación con el ChromeCast (`streamingConnection()`). Posteriormente, la interfaz de animación trata de abrir una conexión a NodeJS, a través de Control de animación para poder recibir las peticiones de interfaz de control.

Interfaz de control de comportamiento trata de abrir una conexión a NodeJS, a través de Control de comportamiento para poder mandar peticiones de interfaz de animación.

Una vez establecida la conexión, la maestra puede realizar la petición para cambiar el comportamiento de un niño por medio de la interfaz de control. Interfaz de control envía la solicitud (`updateBx(id,bx)`) a NodeJS, pasando por el módulo de control de comportamiento. NodeJS notifica a control de animación, y ésta a su vez solicita el cambio en la interfaz de control. La interfaz de control recibe los datos, y actualiza el globo aerostático.

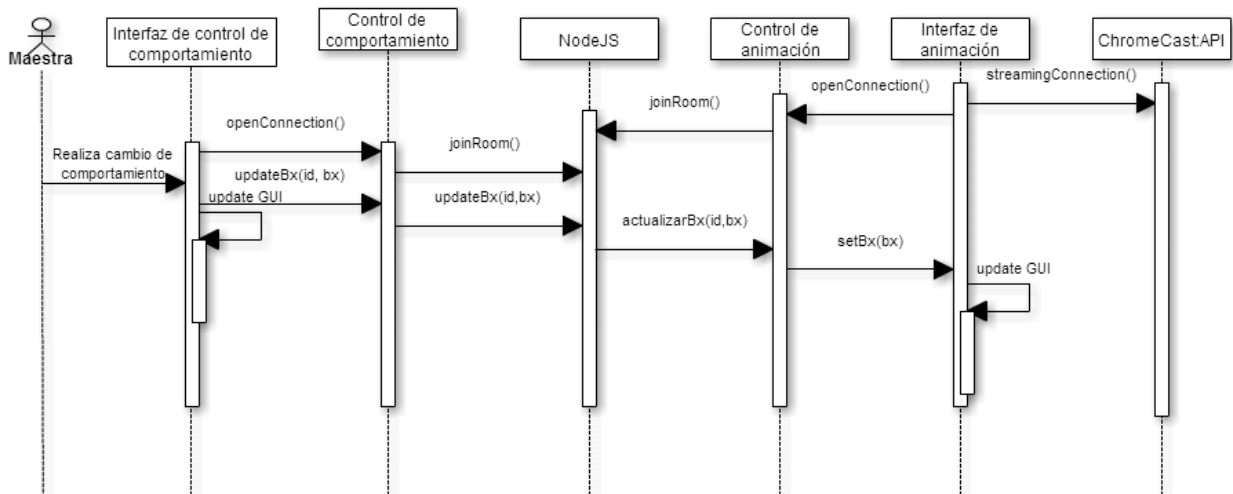


Figura 22. Diagrama de secuencia para realizar un cambio de comportamiento.

3.7 Resumen y conclusiones

En este capítulo se describieron los métodos de diseño que se utilizaron para el desarrollo del sistema BxBalloons.

El sistema BxBalloons se diseñó en base a los resultados de un estudio contextual y siguiendo una metodología de diseño centrada en el usuario. El proceso de diseño involucró sesiones de diseño participativas con estudiantes, diseñadores y expertos en el área que ayudaron a definir los requerimientos y consideraciones de diseño.

El sistema BxBalloons es una pantalla ambiental que tiene como objetivo estimular, de una manera dinámica y llamativa, la autorreflexión del comportamiento individual y colectivo en niños con autismo dentro de un salón de clases.

BxBalloons se implementó como un servidor web haciendo uso de la plataforma de desarrollo NodeJS, el cual permite realizar en tiempo real la comunicación entre los dispositivos distribuidos.

Capítulo 4. Evaluación de BxBalloons

En este capítulo se presenta un estudio en sitio para evaluar la pantalla ambiental BxBalloons. Esta pantalla ambiental promueve las interacciones sociales y la auto-reflexión del comportamiento individual y colectivo en niños con autismo dentro de salones de clases (capítulo 3). La pantalla ambiental se evaluó en tres grupos de clase del centro psicopedagógico Pasitos, localizado en Tijuana, B.C. México donde 15 maestras-psicólogas atienden a cerca de 60 niños con autismo.

El objetivo principal del estudio consistió en evaluar en qué situaciones una pantalla ambiental es útil para apoyar el manejo conductual en salones de clases de niños con autismo. Utilidad en términos de que tanto, la pantalla ambiental, promueve la percepción de comportamiento individual y colectivo, y fomenta las interacciones sociales.

Se describen los métodos de evaluación que se utilizaron, se presenta y se discute el análisis de los resultados que se obtuvieron. Por último, se incluye un resumen y las conclusiones del capítulo.

4.1 Métodos

El objetivo específico del estudio fue evaluar el impacto de la pantalla ambiental BxBalloons en términos de percepción de comportamiento colectivo e individual, y la utilidad de la pantalla ambiental dentro de un salón de clases de niños con autismo. El estudio se dividió en tres fases:

1. **Reclutamiento**, se realizó la selección de los grupos aptos para participar en el estudio.
2. **Intervención de la tecnología**, se instaló la tecnología y se integró a la práctica diaria de 3 grupos de Pasitos para su uso durante 2 días de la semana de clases regulares.
3. **Retiro de la tecnología**, se realizó una encuesta de aceptación de la tecnología y una entrevista semiestructurada.

4.1.1 Reclutamiento y consentimiento

El reclutamiento de los participantes para el estudio se realizó mediante una reunión con la coordinadora del centro psicopedagógico Pasitos. En dicha reunión, se describió el estudio y se discutieron los requisitos y características de los participantes potenciales, tomando en cuenta a padres de familia y maestros de los niños con autismo. Se discutieron también aspectos de ética y privacidad para que nos permitieran entrar a los salones de clases de Pasitos.

Los criterios de inclusión considerados en el estudio fueron:

- Niños con autismo, estudiantes en un salón de clases en Pasitos y que sepan leer su nombre.
- Profesores a cargo de un salón de clases en Pasitos.

Posteriormente, se contactó a las maestras encargadas de los 3 grupos que se eligieron para participar en el estudio, para explicarles en qué consistía el procedimiento de evaluación. Antes de iniciar la evaluación, se solicitó a las maestras y padres de los participantes proporcionar consentimiento del uso de sus datos a través de un documento de consentimiento para participar en el estudio. El documento de consentimiento brinda autorización para grabar a los niños, entrevistar a las maestras, y a utilizar los datos del estudio con fines de investigación, manteniendo los términos de confidencialidad acordados en todo momento.

Las maestras participantes primero debían contestar una entrevista de entrada que incluía preguntas relacionadas con los datos demográficos y característicos del grupo, y las prácticas cotidianas dentro del salón de clases.

4.1.2 Características de los participantes/sujetos de estudio

Se eligieron 3 grupos en Pasitos para participar en el estudio. En esta evaluación participaron 21 niños con autismo (edad promedio = 9.2 años): 6 en el grupo A, 9 en el grupo B y 6 en el grupo C. También participaron 6 maestras: 1 titular y 1 auxiliar por cada grupo (tabla 3).

Tabla 3. Características de los participantes del estudio. Izquierda: Maestras. Derecha: Alumnos con autismo.

ID de la Maestra	Sexo	Edad	Grupo
M1	F	37	A
M2	F	22	A
M3	F	32	B
M4	F	21	B
M5	F	32	C
M6	F	21	C

ID del Niño	Sexo	Edad	Grupo
N1	F	14	A
N2	F	11	A
N3	M	13	A
N4	F	12	A
N5	M	12	A
N6	M	11	A
N7	M	9	B
N8	M	9	B
N9	F	8	B
N10	M	8	B
N11	M	8	B
N12	M	8	B
N13	F	7	B
N14	F	9	B
N15	M	9	B
N16	M	6	C
N17	M	7	C
N18	M	7	C
N19	F	9	C
N20	M	9	C
N21	M	12	C

4.1.3 Procedimiento

Para realizar el estudio, se decidió utilizar un paradigma de diseño experimental entre-grupos (between-group). Para esto, se seleccionaron 3 grupos distintos que utilizaron una condición o pantalla ambiental distinta para su uso durante 2 días de la semana de clases regulares:

- **Condición ChartPatrol semáforo:** Uso de la pantalla ambiental ChartPatrol semáforo (25/26-Junio), consiste en una superficie interactiva que muestra una tarjeta de color para cada niño. El color de la tarjeta varía según el comportamiento del niño: bueno = color verde, regular = color amarillo y malo = color rojo (figura 23). Esta representación imita las prácticas actuales para proporcionar consciencia de comportamiento dentro del salón de clases.



Figura 23: Interfaz de ChartPatrol semáforo

- **Condición ChartPatrol rompecabezas:** Uso de la pantalla ambiental ChartPatrol rompecabezas (25/26-Junio), consiste en una superficie interactiva que muestra un rompecabezas, el cual refleja el comportamiento de cada niño. Cada niño tiene asignada una pieza del rompecabezas con su nombre, la cual varía dependiendo del comportamiento del niño: bueno = pieza nítida, regular = pieza difuminada y malo = no pieza (figura 24). La idea general del rompecabezas es que los niños colaboren portándose bien para descubrir su pieza completa. En este sistema las maestras pueden configurar las imágenes y la periodicidad con que la imagen cambia (Matic et al., 2014).



Figura 24: Interfaz de ChartPatrol rompecabezas

- **Condición BxBalloons:** Uso de la pantalla ambiental BxBalloons (ver capítulo 3 para una descripción detallada del sistema).

4.1.3.1 Instalación de la pantalla ambiental

Para el estudio de evaluación se requirió instrumentar 2 salones (figura 25) donde trabajaron los grupos participantes y las maestras, el cual incluyó los siguientes elementos:

Para cada salón:

- 2 tabletas Asus Nexus de 7 pulgadas con sistema operativo Android 4.2, con cargador y cable de datos: una para el control de comportamiento y otra para la animación (capítulo 3).
- Un dispositivo Google ChromeCast²² que se conecta al proyector, y que realiza la comunicación con la tableta de animación (capítulo 3).
- Proyector infocus con bocinas integradas colocado sobre una repisa a una altura de 1.80m, fuera del alcance de los niños. Se logró crear una proyección de 70 cm x 50 cm para que los participantes pudieran visualizar la pantalla ambiental.
- Video cámara para la grabación de las sesiones.

Para el funcionamiento general se instaló una computadora/Servidor con Windows 8, procesador Core i7 y 16GB de memoria RAM, donde se instaló el software necesario para el estudio (i.e. NodeJS, BxBalloons). Todos los elementos trabajaron y se comunicaron sobre la red local de Pasitos.

²² www.google.es/chrome/devices/chromecast/

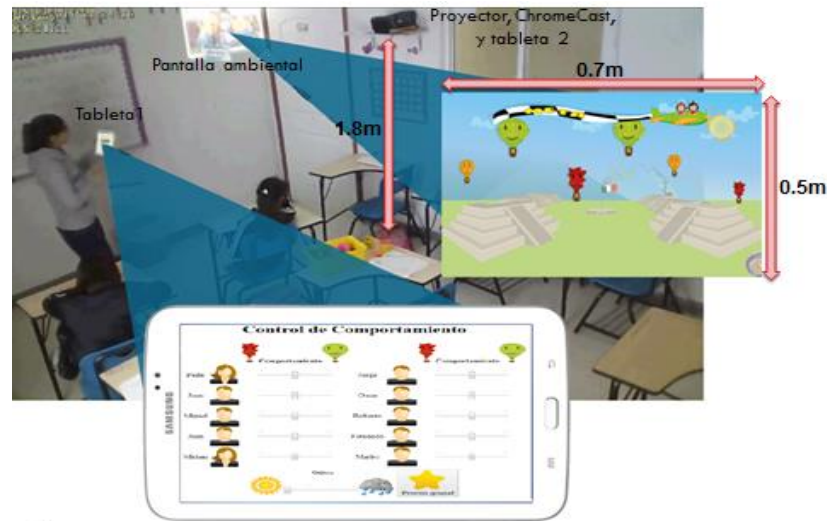


Figura 25. Configuración de la pantalla ambiental en el salón de clases

4.1.3.2 Intervención

Una vez realizada la instalación y las pruebas necesarias para asegurar un correcto funcionamiento del prototipo en condiciones reales, se llevó a cabo el experimento (ver Tabla 4).

Tabla 4. Calendarización de la intervención²³

Fecha de intervención	Condición	Participantes
25-26 de Junio del 2014	A - Semáforo	Grupo A
	B - Rompecabezas	Grupo B
1-2 de Septiembre del 2014	C - BxBalloons	Grupo C

Durante el experimento, cada grupo utilizó la pantalla ambiental en una condición distinta durante 2 días de clase regulares (4 horas por 2 días) (figura 26). Durante el primer día de uso se realizó una reunión con las profesoras participantes, en la cual se citó a las maestras una hora antes de la clase para realizar una capacitación o entrenamiento para el correcto uso de los sistemas ChartPatrol (i.e. semáforo, rompecabezas) y Bxballoons. La capacitación consistió en mostrarles una presentación gráfica describiendo las principales funciones de los sistemas y el uso práctico de ellos.

²³ La intervención se dividió en 2 partes debido al desarrollo de BxBalloons y la interrupción que nos ocasionó el periodo vacacional por parte de pasitos.



Figura 26. Participantes utilizando BxBalloons (izquierda) y ChartPatrol semáforo (derecha) en un día de evaluación.

Todas las sesiones se video grabaron (incluyendo sonido) para su posterior análisis, siempre teniendo en cuenta la privacidad de los participantes. En total se obtuvieron 24 horas de grabación, que posteriormente se utilizaron para realizar el análisis del video.

4.1.3.3 Retiro

Al término del estudio, las maestras participantes contestaron individualmente un cuestionario de aceptación (apéndice 2) de la pantalla ambiental que utilizaron, basado en el modelo de aceptación tecnológica (TAM, por su siglas en inglés *Technology Acceptance Model*) (Davis, F. D., 1989).

Una vez que los participantes terminaron de contestar el cuestionario, se realizó una entrevista semi-estructurada (apéndice 4) por pares a las maestras de cada grupo (total de entrevistas = 3) respecto a sus experiencias del uso de la pantalla ambiental. De manera general, en las entrevistas se les cuestionó a las maestras acerca de la percepción del uso de la pantalla ambiental, el comportamiento, la atención y las interacciones que generaba en los niños. Las entrevistas tuvieron una duración promedio de 17 minutos, las cuales fueron grabadas para su transcripción. En total se consiguieron 51 minutos de grabación (tabla 5).

Por último, las maestras participantes devolvieron las tabletas, y se procedió a la desinstalación de la tecnología utilizada en el estudio.

Tabla 5. Tiempo total de entrevistas por par de maestras.

Maestras	Duración de entrevista
M1 y M2	19m46s
M3 y M4	17m40s
M5 y M6	14m01s

4.1.4 Análisis de datos

Se analizaron los datos recabados, haciendo uso de técnicas cuantitativas de análisis de datos, buscando dar respuesta a las preguntas de investigación de esta tesis (ver capítulo 1).

Para analizar cuantitativamente los datos se utilizó el método de análisis secuencial basado en eventos (Event-Lag, (Bakeman, 1997)), que consiste en analizar cada uno de los videos recabados durante la intervención de acuerdo a un esquema de codificación²⁴ (apéndice 3) que define los eventos a codificar previamente. El esquema de codificación que se utilizó suplementa algunos esquemas propuestos en la literatura. Este esquema se diseñó en colaboración con expertos en diseño de sistemas de interacción humano computadora (HCI por sus siglas en inglés) y psicólogos especialistas en niños con problemas de comportamiento y atención. El esquema de codificación nos permitió la medición de las siguientes categorías dentro del salón de clases:

²⁴ **Esquema de codificación:** es un documento que describe las categorías y sub categorías que describen el fenómeno que se desea estudiar.

- Atención (e.g., el niño está consciente de la pantalla ambiental pero su atención está enfocada en la actividad que la maestra le puso).
- Percepción de comportamiento y pantalla ambiental (e.g., el niño ve la pantalla y pregunta acerca de ella o su comportamiento).
- Cambio de comportamiento (e.g., el niño deja de quejarse).
- Interacción y socialización (e.g., un niño interactúa verbal/físicamente con otro niño).

Cada evento fue codificado utilizando un formulario como el de la figura 27, desarrollado en Excel. Por ejemplo, se revisa el video, y cada que se observa que la pantalla influye en el comportamiento del niño de manera positiva, se agrega el código CCP (i.e., evento) al formulario en la columna correspondiente.

Informant	Role	Terapia	DayObsv	Date	Time	ATENCIÓN	CONSCIENCIA	MIENTO	ON	SOCIALIZACION	OBSERVACIONES!
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:10:46	ASE	CD-L	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:11:17	ADI	NONE	NONE	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:13:25	ADI	CD-L	NONE	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:14:02	ADI	NONE	NONE	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:17:53	ASE	CD	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:18:05	ASE	CD-L	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:18:51	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:19:25	ASE	CD	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:24:44	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:27:13	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	TERMINO SU TRABAJO
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:30:12	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:30:36	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:31:43	ASE	CD	CCP	NONE	NONE	TOMO LIBRO
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:34:27	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:42:37	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	REVISION DE MAESTRA
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:45:45	ASE	CD-L	CCP	NONE	NONE	OBSERVA EL GLOBO
PAO	E	1	1	01/10/2014	00:46:18	ASE	CD-L	CCP	NONE	NONE	OBSERVA EL GLOBO
PAO	E	1	1	01/10/2014	02:50:13	ASE	CD	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:00:25	ADI	CD	NONE	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:00:42	ASE	CD	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:01:38	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:04:00	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	PLATICA CON LA PROFESORA
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:07:42	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	PLATICA CON LA PROFESORA
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:12:24	ASE	CD	CCP	NONE	NONE	
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:28:53	ADI	CD-L	CCP	NONE	NONE	REVISION DE MAESTRA
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:33:29	ASE	CD-L	CCN	NONE	NONE	FRUSTRADA PORQUE NO PUEDE
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:36:03	ASE	CD	CCN	NONE	NONE	SIGUE FRUSTRADA
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:37:23	ASE	CD	CCN	NONE	NONE	CONTINUA FRUSTRADA
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:39:06	ASE	CD	CCN	NONE	NONE	GRITA AL ESCUCHAR A LA MAESTRA
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:42:07	ASE	CD	CCN	NONE	NONE	GRITA AL ESCUCHAR QUE SU COMPANERO TIENE UNA ESTRELLA
PAO	E	1	1	01/10/2014	03:44:39	ASE	CD	CCN	NONE	NONE	LLORA AL VER QUE EL GLOBO ESTA ROJO

Figura 27. Bitácora de codificación de video para un participante.

Además, se calcularon los puntajes para cada categoría del cuestionario de aceptación tecnológica (apéndice 2) que fue contestado por las maestras; el cual se divide en tres módulos:

1. Utilidad: corresponde a la percepción sobre si la pantalla les ayudará a realizar mejor su trabajo.
2. Facilidad de uso: evalúa la apreciación acerca de si la dificultad o esfuerzo de uso de la pantalla supera su utilidad.
3. Actitud hacia el uso: permite medir la experiencia referente a la disposición a utilizar la pantalla en el trabajo.

Cada uno de los módulos contiene preguntas donde las maestras contestaron de acuerdo a una escala Likert de 1 (absolutamente improbable) a 7 (absolutamente probable). Los resultados para cada módulo se calcularon como el promedio de las respuestas que corresponden al mismo módulo (figura 30).

4.2 Resultados

Proporcionamos los resultados cuantitativos que muestran los efectos de la intervención sobre la interacción social y la percepción de comportamiento de los niños con autismo. No se realizó análisis cualitativo; sin embargo, se utilizaron las citas para ejemplificar los resultados cuantitativos.

4.1.1 Uso y adopción

Durante la intervención, uno de los objetivos fue analizar cómo los participantes se adaptaban al uso de la pantalla ambiental BxBalloons y sus preferencias al respecto.

De las 8 horas totales, correspondientes a las 2 sesiones de clases, el tiempo de uso registrado por BxBalloons equivale a 6h20m, ChartPatrol rompecabezas a 4h53m minutos y ChartPatrol semáforo a 2h36m minutos. En la siguiente gráfica (figura 28), se muestra el porcentaje del tiempo de uso de BxBalloons, con respecto a las pantallas de ChartPatrol. Cabe mencionar que, solo se tomó en cuenta el tiempo dentro del salón de clases mientras se realizaban actividades, ya que existen actividades fuera del aula y tiempo de receso para comer. Los resultados muestran que el tiempo de uso de Bxballoons supera por más de la mitad (i.e., 51.08%) a ChartPatrol semáforo y con un 15.3% a ChartPatrol rompecabezas. Sin embargo, al aplicar la prueba estadística ANOVA (i.e., un análisis de la varianza), no se pudo encontrar una diferencia significativa entre las 3 condiciones ($F=6.03$, $P=0.089$). Esto puede ser debido a que las maestras perciben muy abstracta la representación de comportamiento de ChartPatrol semáforo, lo que lo vuelve poco útil para el manejo de la clase. En contraste, las maestras usaron por más tiempo la pantalla de ChartPatrol rompecabezas y BxBalloons, ya que la encontraban de mayor utilidad.

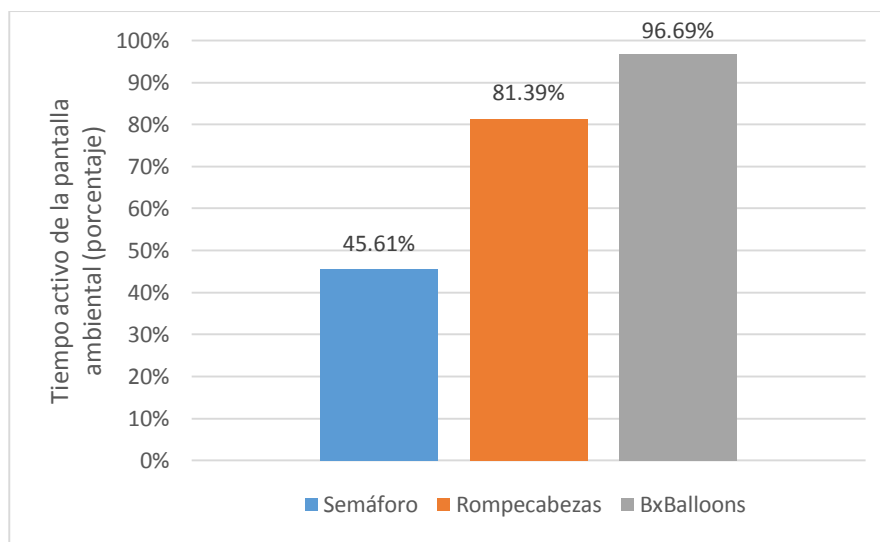


Figura 28. Gráfica del tiempo de uso de las pantallas ambientales.

De manera particular, se puede observar que los resultados cuantitativos en cuanto al tiempo de uso (figura 28) y lo obtenido en las 3 categorías (i.e., utilidad, facilidad de uso y actitud de uso) del cuestionario de aceptación tecnológica confirman lo dicho por las maestras, las cuales perciben la pantalla ChartPatrol semáforo como la menos atractiva, seguida por ChartPatrol rompecabezas, la cual es superada por BxBalloons potenciada por estímulos adicionales (i.e., caritas, sonidos, animaciones), un mejor funcionamiento y una mayor facilidad de uso (figura 30).

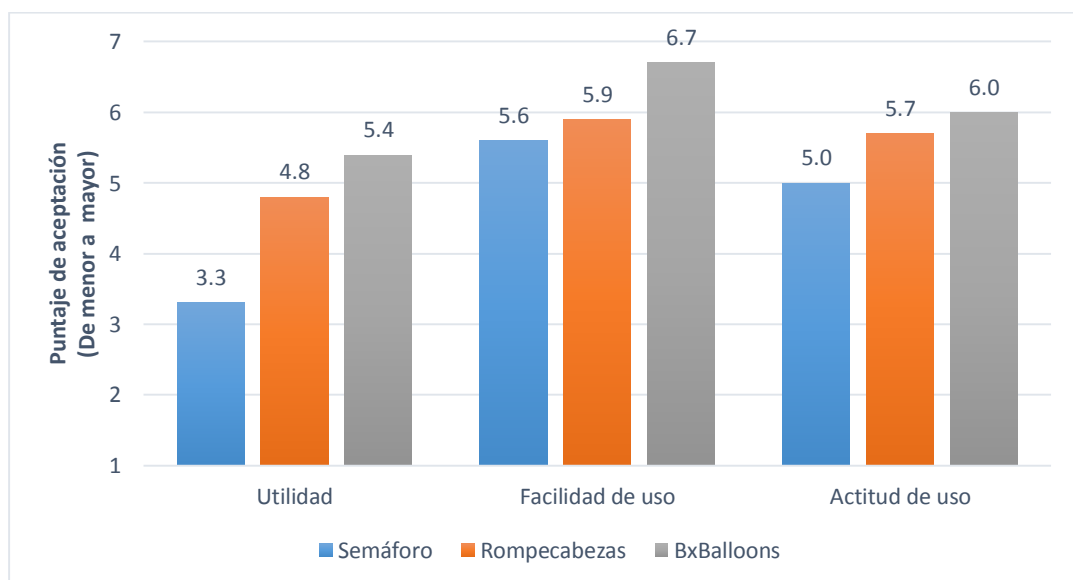


Figura 29. Gráfica del puntaje del cuestionario de aceptación tecnológica de las pantallas ambientales.

Los resultados mostraron que el uso de BxBalloons no representó trabajo extra en las actividades que desarrollan dentro del salón de clases.

“Yo creo que si funcionó, así es la forma en que trabajamos, casi lo mismo, sólo que más dinámico y visual” (M6)

“No batallamos, es muy sencillo de utilizar, se actualiza muy rápido” (M5)

De forma contraria, tanto ChartPatrol semáforo como el rompecabezas representaron una carga para las tareas cotidianas de las maestras, además que las maestras debían dividir su atención. Es decir, el esfuerzo de utilizar la pantalla ambiental rebasaba el beneficio de utilizarla.

“Se me hacía más rápido en papel [registrar], como lo hacíamos antes” (M1)

“Se nos hace muy tardado y a veces no lo registramos todo por lo mismo” (M2)

“Para nosotros fue un poco difícil al estarlo usando porque no podíamos traer la tableta, no sé, el manejo de la tableta” (M3)

“Si faltaba ella o yo se vuelve muy difícil el uso de la tableta, o pones atención a la tableta o pones atención a los niños” (M4)

Un punto importante para la adopción de la tecnología es qué tan atractiva o entendible resulta para los niños. Se encontró que las maestras percibieron menos atractivo ChartPatrol semáforo ya que la representación de comportamiento resultaba muy abstracta y poco útil para un entendimiento adecuado. Paradójicamente, ChartPatrol semáforo era el sistema que más se asemejaba a las prácticas actuales.

“Lo que pasa es que ahorita es muy abstracto, porque pues ¿verde?” (M1)

“Volteaban a ver la proyección, pero como que todavía no lo asocian y luego más porque son colores, no asocian que estoy verde porque me porte bien, sobre todo los [niños] más básicos” (M2)

En cuanto a ChartPatrol rompecabezas, el análisis mostró que ofrece una representación adecuada, además de contribuir a manejar el grupo.

“Es muy buena [la representación de comportamiento]” (M4)

[¿Cómo la pantalla ambiental ha contribuido a manejar el grupo?] “Para mantenerlos sentados y trabajar, mas orden” (M3)

Al igual que en el caso de ChartPatrol rompecabezas, BxBalloons presentó las mismas cualidades, además de mejorar en términos de motivación y desempeño académico.

“Vi como que más motivación [en comparación con el ChartPatrol rompecabezas]” (M6)

“[¿Vieron algún impacto que haya tenido la pantalla?] Trabajaron más, y más rápido que otras veces” (M5)

Finalmente, los resultados del análisis de las pantallas de ChartPatrol sugieren una representación y estímulos adicionales que requieran un menor esfuerzo cognitivo por parte de los niños para percibir la pantalla ambiental.

“Para ellos hubiera sido mejor, y te lo entienden todos, una carita feliz y abajo su nombre, saben que se portaron bien porque con esos ya están súper familiarizados [hasta los más básicos]” (M2)

[¿Qué le agregarían?] “Animación, movimiento a veces porque está muy estático” (M3)

[¿Qué otros estímulos te gustaría que tuviera la pantalla ambiental?] “Sonido cada vez que se quita o se pone una pieza, para que volteen a la pantalla” (M4)

Cabe mencionar que BxBalloons integra todos estos estímulos (i.e., caritas, sonidos, animaciones) dentro de su diseño, brindando una mejor percepción de la pantalla ambiental.

“le puse la carita y comenzó a brincar, a saltar ahí porque le había puesto la carita” (M5)

“noté que sonaba cuando cambiaba de color y está bien porque escuchaban el sonido, se daban cuenta y volteaban” (M6).

4.1.2 Percepción de comportamiento individual y colectivo

Una de las principales preocupaciones que surgió del análisis, fue el manejo conductual dentro del salón de clases. Una estrategia típica de modificación de la conducta de los niños consiste en mejorar la percepción de su comportamiento.

“Tenemos que ser muy constantes con el reforzamiento conductual, porque si ellos hacen algo que es inadecuado y no lo reforzamos nunca van a saber que están mal” (M3)

En la siguiente gráfica (figura 30), se muestra el total de eventos de percepción de la pantalla (e.g., mirar la pantalla y alegrarse por tener una estrella) para cada una de las 3 pantallas ambientales; se puede observar que BxBalloons registró un mayor número de eventos etiquetados (BxBalloons = 180, rompecabezas = 31, semáforo = 6). Una prueba T, para una alfa=0.05, indica que existe una diferencia significativa ($p=0.036$) entre BxBalloons y su comparable más cercano, ChartPatrol rompecabezas. Esto implica que BxBalloons promueve una mayor percepción del comportamiento en los niños que la utilizaron en comparación con el rompecabezas y ChartPatrol semáforo.

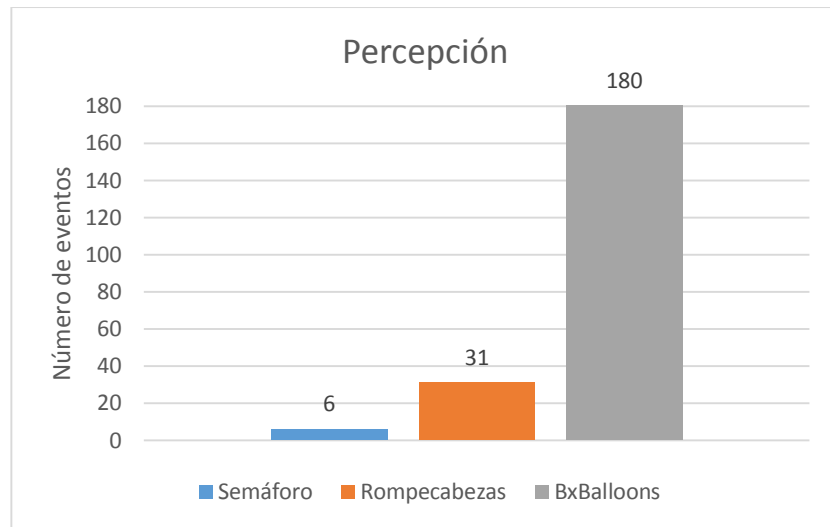


Figura 30. Gráfica del total de eventos de percepción de la pantalla y comportamiento

En este sentido, se observa que ChartPatrol semáforo no logró brindar ningún tipo de percepción de comportamiento, además que las maestras mencionaron que no percibieron ningún cambio mientras estuvieron utilizándolo.

“Los que lo percibieron más son los que trabajan siempre muy bien, no hay problema con ellos, por eso no te puedo decir así de que hay un antes y un después del display [pantalla ambiental ChartPatrol semáforo] de que mejoró la conducta” (M1)

Por otro lado, el análisis del uso de BxBalloons y ChartPatrol rompecabezas sugieren que los niños adquirieron una mejor percepción sobre su comportamiento individual y colectivo.

“un niño menciona que si se porta mal se va desinflar el globo” (O1)

“Cuando trabajan [buen comportamiento] así como que voltean a la pantalla a ver si ya cambió” (M5)

“Si, están conscientes de los nombres y de que corresponden [los globos] a cada uno de sus compañeros” (M5)

“Hacían las cosas más rápido y permanecían en su lugar el resto del día” (M4)

El análisis de BxBalloons indica que en general los niños mostraron buen comportamiento durante los dos días de uso, pero fue más notorio en un niño con el que regularmente tienen problemas para comenzar a trabajar. Además, señala que el desempeño general de los niños mejoró durante las actividades realizadas en los 2 días.

“Con el que más sirvió fue con Rodrigo porque como que estuvo trabajando y estuvo más al pendiente [de tener un buen comportamiento]” (M6)

“trabajaron más, de hecho a veces batallamos un poco para que trabaje este niño, pero en un momento tú (M2) le dijiste que si quería su globo verde [tenía que trabajar], y no quería trabajar al principio, pero ya después como le dijo ella se puso así rápido a contar. Entonces fue así como que trabajaron más” (M5)

Se encontró que sólo un niño de los 6 que participaron en BxBalloons no puso atención durante el segundo día de evaluación, y lo atribuyen a que había faltado mucho a clases.

“Nada más un niño fue el que no puso atención, porque hoy anduvo muy disperso, ha faltado mucho, entonces también eso le afecta a que tenga poca atención y fue lo único, porque todos los demás si estaban poniendo atención a la pantalla” (M5)

Si bien es cierto que BxBalloons y ChartPatrol rompecabezas comparten algunas características (e.g., premio grupal e individual), los estímulos adicionales de BxBalloons son una de las características por los que parece tomar ventaja ya que brindan una mejor retroalimentación a los niños acerca del comportamiento. De esta manera, promueven y motivan la percepción de comportamiento colectiva e individual. Por ejemplo, BxBalloons implementa sonido cada que hay un cambio en el comportamiento de algún niño, por lo que la maestra no tiene que estar advirtiéndolo al grupo cada vez que esto sucede.

“Note que sonaba cuando cambiaba de color y está bien porque escuchaban el sonido, se daban cuenta y volteaban” (M6)

Mientras que por el lado del rompecabezas, la maestra tenía que notificar a los niños cuando registra un cambio de comportamiento.

“Cuando yo daba la indicación de que un niño se portaba mal era cuando ya todos volteaban” (M4)

4.1.3 Colaboración

Fomentar el trabajo de equipo, socialización y la responsabilidad colectiva puede ser un reto en cualquier escuela, pero para los niños con autismo puede representar aún mayores dificultades en estas destrezas. Profesores y especialistas mencionan que estos retos existen dentro de sus salones de clase, incluyendo la imposibilidad de comprometerse con una meta, escuchar otros puntos de vista de sus compañeros, actuar en equipo, entre otros.

“Enseñar a los niños a trabajar como equipo es difícil tanto para los niños neurotípicos como para los que tienen trastornos neurológicos. Es difícil para ellos, porque son jóvenes e inmaduros para comprender cómo trabajando juntos pueden lograr algo” (E2)

“La sensibilización social es una cuestión especial en niños con autismo; entender las recompensas grupales significan un reto para ellos” (E1)

En este sentido, una de las preguntas de investigación más importantes para nosotros era si una pantalla potenciada por las interacciones del grupo podría promover este tipo de pensamiento colectivo y el esfuerzo cooperativo. Respondiendo a estas interrogantes, podemos observar en la figura 31, que durante la utilización la pantalla de ChartPatrol semáforo no se etiquetó ningún evento de colaboración. Mientras que por otro lado, BxBalloons registró 10 eventos, y ChartPatrol rompecabezas mostró una ligera ventaja con 15. Esta ventaja de ChartPatrol rompecabezas, puede deberse a que el primer día de uso de BxBalloons no se motivó o explicó a los niños en qué consistía el premio grupal, y por lo tanto no se logró etiquetar ningún evento de colaboración durante ese día. Además, realizando una prueba T ($p = 0.09$) no se encontró significancia estadística entre estas dos condiciones.

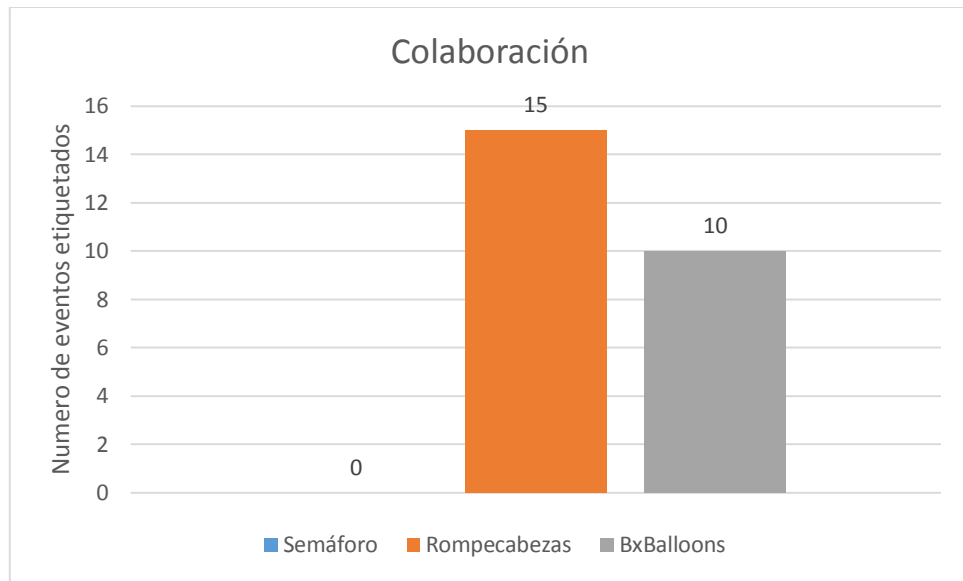


Figura 31. Gráfica del total de eventos colaboración

Con base en las entrevistas, podemos ver que tanto BxBalloons como ChartPatrol rompecabezas promueven la colaboración en el salón de clase.

“[Cuando utilizaban ChartPatrol rompecabezas] Se motivaban ellos mismos para terminar porque querían que se pusiera [la imagen], si un niño no estaba trabajando en ese momento se quitaba su imagen, entonces otro niño llegaba así de como que “apúrate, mira no está todo el rompecabezas” (M4)

“[Cuando utilizaban BxBalloons] Si, se dan cuenta [del comportamiento de los demás], se dicen ponte a trabajar porque si no... [No veremos el video/premio grupal]” (M5)

Algo inesperado fue que, el impacto colectivo no se limitó sólo al interior del aula sino que se extendió a las actividades fuera del aula, donde no se encuentra visible la pantalla ambiental.

“[Generó] más comunicación entre ellos, porque antes si había pero era así como que nada más un niño en específico, y ahorita ya se buscaban incluso en el patio para un juego en común” (M4)

“Más que nada son juegos o se buscaban entre ellos para terminar más rápido” (M3)

Las entrevistas muestran que a partir del apoyo de las pantallas cooperativas (i.e., BxBalloons, rompecabezas) surgieron nuevos mecanismos o rutinas de manejo conductual los cuales parecen ser positivos para el desempeño dentro del salón de clases.

“Lo pusimos a mitad de la clase [video/premio grupal] y ya les dije que si todos tenían estrellita íbamos a ver el video otra vez, y hasta que todos tuvieron estrellita vimos el video” (M6)

“Al principio [de la clase] les decíamos a los niños qué significaba el dibujo que estaba en la pared, le decíamos que si se estaban portando bien...bueno ya el funcionamiento general, y si ya se sentaban, tomábamos lista, veían el display y si funcionó, ya los niños ya sabían para que era” (M4)

De esta manera, los maestros explicaban el funcionamiento de las pantallas ambientales y al mismo tiempo motivaban a los niños a través de los premios grupales e individuales para reforzar la reflexión del comportamiento y la idea de trabajar juntos.

4.2.4 Interacción social

Particularmente, el desarrollo de habilidades sociales puede ser difícil para los niños con autismo. Para muchos de los estudiantes dentro de una escuela de esta índole, los problemas de comportamiento pueden darse entre iguales, por lo que las habilidades sociales se convierten en un elemento clave para el manejo conductual. Las tareas o metas cooperativas y pantallas ambientales, pueden proporcionar un terreno e intereses comunes necesarios para facilitar la interacción social para los niños con autismo.

En la figura 32 se muestra la comparativa de eventos de interacción social de los niños durante la implementación de las 3 pantallas ambientales; se puede observar que tanto BxBalloons como ChartPatrol rompecabezas superan a ChartPatrol semáforo. La aplicación de una prueba T ($P = 0.621$) nos indica que no hay diferencia significativa entre BxBalloons y ChartPatrol rompecabezas. Sin embargo, existe diferencia significativa ($p = 0.037$) entre BxBalloons y ChartPatrol semáforo. Esto nos indica que BxBalloons promueve las interacciones sociales dentro del salón de clases de mejor manera que en ChartPatrol semáforo.

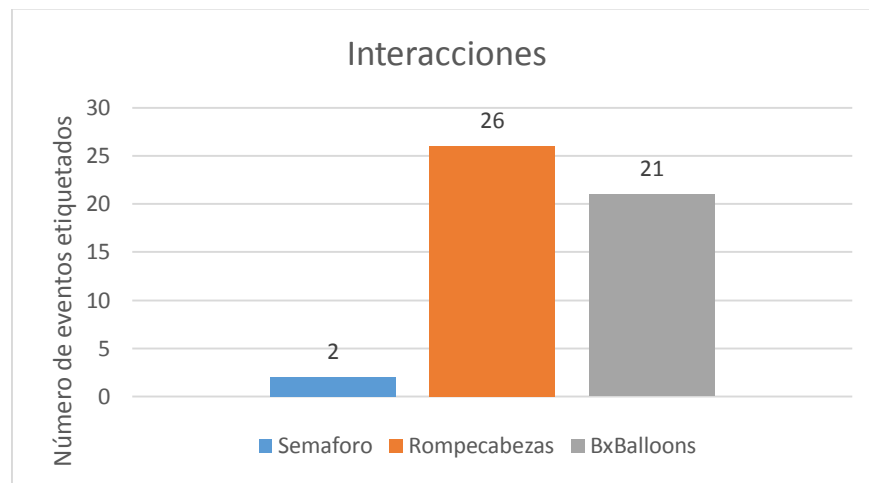


Figura 32. Gráfica del total de eventos de interacción social

El análisis de ChartPatrol rompecabezas sustenta que las interacciones sociales de los niños aumentaron a partir del uso de la pantalla.

“[¿Qué tipo de interacciones entre los niños han visto que generó la pantalla ambiental ChartPatrol rompecabezas?] Mas comunicación entre ellos, porque antes si había, pero era así como que nada más un niño en específico” (M4)

“Comenzaban a socializar más” (M3)

Sin embargo, se evidencio que las interacciones sociales que los niños tenían con ellas no aumentaron.

“con nosotros en la comunicación yo creo que no hubo cambio” (M3)

“Con nosotros no, fue la misma [interacción] desde un principio” (M4)

A pesar de que en los datos cuantitativos no se refleja una ventaja por parte de BxBalloons con respecto al ChartPatrol rompecabezas, la percepción que tuvieron las maestras fue que además de incrementar la interacción social entre los niños, también aumentó la interacción entre ellas y los niños.

“[2 niños comentaban entre sí], el dragón es rojo” (O1)

“[Un niño le dice a otro] yo quiero llegar hasta arriba” (O1)

“Si, Luis Adrián me decía yo quiero mi carita verde o feliz, y yo pues termina de trabajar y se va a cambiar” (M6)

Sin embargo, estos resultados indican que nuevos mecanismos de colaboración se deben de agregar a BxBalloons para promover el trabajo en equipo y las interacciones. Estos mecanismos pueden basarse en aquéllos disponibles en ChartPatrol rompecabezas. Uno de ellos y el más importante es que, en ChartPatrol rompecabezas, la meta colectiva está siempre presente y visible. Esto les brinda a los niños un constante recordatorio y un mayor énfasis a que deben trabajar en equipo.

4.3 Resumen y conclusiones

En este capítulo se describió el estudio de evaluación de la pantalla ambiental “BxBalloons” diseñada en esta tesis para promover reflexión de comportamiento individual y colectivo dentro de un salón de clases para niños con autismo. También, se mostraron los resultados obtenidos de la intervención en sitio, dentro de las instalaciones del centro psicopedagógico Pasitos.

La evaluación muestra una buena adopción de BxBalloons ya que la experiencia de uso y la utilidad percibida por las maestras fue positiva, además de no representar una carga extra en sus labores cotidianas.

Por otra parte, los resultados aquí expuestos demuestran que las pantallas ambientales, en particular BxBalloons, pueden apoyar la reflexión sobre el comportamiento a nivel individual y colectivo, mejorar la percepción de comportamiento a niños con autismo, así como fomentar el trabajo en equipo y las interacciones sociales dentro de un salón de clases. Además, estos resultados nos proporcionan diferentes factores que deben considerarse al desarrollar tecnología educativa enfocada a este tipo de población con problemas de comportamiento.

Capítulo 5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de tesis se desarrolló una pantalla ambiental, denominada BxBalloons, que explora cómo la tecnología ubicua puede promover la auto-reflexión y percepción del comportamiento individual y colectivo de niños con autismo dentro de salones de clases.

Para entender las prácticas actuales y las estrategias de manejo conductual que se utilizan en un salón de clases de niños con autismo, se realizó un estudio contextual. En este estudio, se realizaron observaciones directas no participativas y se analizaron un conjunto de entrevistas semi-estructuradas de estudios previos haciendo uso de técnicas cualitativas.

Para el diseño de BxBalloons se siguió un proceso iterativo de diseño centrado en el usuario basado en técnicas de diseño contextual rápido. Los resultados que se obtuvieron durante el entendimiento inicial, en conjunto con sesiones de diseño participativas y no participativas permitieron proponer el diseño general del sistema BxBalloons, incluyendo características de la pantalla ambiental y un conjunto de requerimientos de diseño. Cabe mencionar que, las sesiones de diseño incluyeron un equipo multidisciplinario formado por maestras de niños con autismo, diseñadores gráficos, e investigadores en interacción humano computadora (HCI por sus siglas en inglés).

El diseño general de la pantalla ambiental BxBalloons está formado por 5 escenarios distintos para cada día de la semana para evitar la apatía por lo habitual, incluye imágenes, animaciones, y sonidos que brindan una mejor retroalimentación, y premios a nivel individual y grupal para promover la auto-reflexión del comportamiento.

En términos de la implementación del sistema, el sistema BxBalloons esta constituido por dos 2 partes, animación y control de comportamiento.

Se buscó proponer una arquitectura que permitiera la utilización de un dispositivo móvil que facilitara el desplazamiento de las maestras dentro el salón de clases, mientras realizan la captura de los datos, y que a su vez cuidara la integridad física de los niños.

El sistema BxBalloons se compone de 4 elementos. Una tableta para acceder a la interfaz de comportamiento para la captura de datos y otra para la ejecución de la interfaz de la animación. El servidor web de la aplicación permite la comunicación entre las tabletas a través del protocolo TCP/IP haciendo uso de la plataforma de desarrollo NodeJS. Por último, Google ChromeCast mantiene un enlace con la interfaz de la animación y realiza la proyección de la animación.

En relación a la evaluación, se desarrolló un experimento en sitio para evaluar la pantalla ambiental BxBalloons dentro del centro psicopedagógico Pasitos, localizado en Tijuana, B.C. México.

Para realizar el estudio, se decidió utilizar un paradigma de diseño experimental entre-grupos (between-group). Para esto, se seleccionaron 3 grupos distintos que utilizaron una condición o pantalla ambiental distinta para su uso durante 2 días de la semana de clases regulares. En esta evaluación participaron 21 niños con autismo (edad promedio = 9.2 años) y 6 maestras. Al final de la intervención, se aplicó un cuestionario de aceptación tecnológica a todas las maestras, una entrevista semi-estructurada a cada par de maestras a cargo de los grupos. Todas las sesiones fueron video grabadas para su análisis posterior.

El análisis de los datos se realizó utilizando métodos cuantitativos. Utilizando estos métodos se evaluó el impacto de BxBalloons en términos de percepción de comportamiento colectivo e individual, y utilidad dentro de salones de clases de niños con autismo en comparación con otras dos pantallas ambientales, ChartPatrol Semáforo y ChartPatrol Rompecabezas.

Los resultados muestran una buena adopción de BxBalloons ya que la facilidad de uso y la utilidad percibida por las maestras fue positiva, además de que no representaron una carga extra en sus labores cotidianas.

También se encontró que para las maestras, el sistema BxBalloons sirve como una herramienta de manejo conductual, lo que las apoya en el manejo de la clase.

Por otra parte, los resultados expuestos en este trabajo de tesis demuestran que las pantallas ambientales, en particular BxBalloons, pueden apoyar la auto-reflexión sobre el comportamiento a nivel individual y colectivo, mejorar la percepción de comportamiento a niños con autismo, así como fomentar el trabajo en equipo y las interacciones sociales dentro de un salón de clases. Además, estos resultados nos proporcionan diferentes factores que deben considerarse al desarrollar tecnología ubicua enfocada a apoyar el manejo conductual de niños con autismo, especialmente con problemas de comportamiento.

5.1 Aportaciones

Durante el presente trabajo y la evaluación en sitio, pudimos poner a prueba la capacidad y utilidad de la pantalla ambiental BxBalloons en su versión actual, lo que nos permitió encontrar algunas aportaciones:

- Evidencia cuantitativa de cómo las pantallas ambientales pueden utilizarse en clases de niños con autismo, y son adecuadas para promover la auto-reflexión y percepción de comportamiento a nivel individual y colectivo en niños con autismo, y estimular la colaboración y las interacciones sociales.
- Un prototipo funcional de la pantalla BxBalloons, con los requerimientos y la infraestructura necesaria para ser instalada y utilizada en cualquier salón de clases.
- Los resultados mostrados en el capítulo 4 pueden servir de base para una evaluación a largo plazo.

- Un conjunto de datos heterogéneo que contiene videos, fotos y grabaciones de videos y audios, que documentan el uso de pantallas ambientales en una escuela de niños con autismo.
- Una serie de consideraciones de diseño como guía en el diseño de pantallas ambientales para promover las interacciones sociales y la auto-reflexión de comportamiento a nivel colectivo e individual en salones de clases de niños con autismo.
- Un algoritmo probado en laboratorio para la detección automática de gritos.
- Se logró introducir a una escuela de niños con autismo el uso de tecnologías como una herramienta en apoyo a los salones de clases.

5.2 Limitaciones

Por otro lado pudimos descubrir que el estudio actual de BxBalloons también tiene algunas limitaciones, las cuales se describen a continuación:

- No cuenta con una interfaz gráfica que permita a la maestra administrar a los niños de la clase, es decir, agregar, editar, o eliminar los niños que pertenecen al grupo y la posibilidad de agregar una foto del niño para su identificación.
- La imposibilidad para las maestras de agregar nuevos escenarios y premios grupales (i.e., videos) que mantengan el interés y la motivación de los niños por seguir utilizando BxBalloons dentro de un periodo largo de tiempo.
- No cuenta con una base de datos donde se pueda llevar un registro de información más precisa acerca del comportamiento a nivel individual y colectivo. Como por ejemplo, el tiempo que dura un niño o el grupo en determinado comportamiento, así como el total de cambios de comportamiento durante un periodo de tiempo determinado.
- El estudio en sitio no es generalizable para todos los niños con autismo. Esto es porque se trabajó con niños de una sola escuela y los niños con autismo participantes tienen una funcionalidad similar.

5.3 Trabajo futuro

La pantalla ambiental que se presentó en este trabajo de tesis se encuentra en una versión funcional, sin embargo, la investigación y el prototipo pueden ampliarse en tres aspectos: diseño, implementación y estudio. Además, puede generar nuevas ideas y herramientas tecnológicas educativas en apoyo a los salones de niños con autismo o con problemas de comportamiento.

En términos de diseño:

- La pantalla ambiental BxBalloons, tiene sólo 5 escenarios y 5 premios grupales distintos, por lo que para hacerlo más atractivo, mantener el interés y la motivación de los niños, es deseable añadir mecanismos que permitan agregar nuevos escenarios y premios grupales. Una opción para resolver esto sería agregar una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permita a las maestras personalizar los nuevos escenarios y los premios grupales.
- Agregar una interfaz gráfica de usuario que permita a la maestra administrar los niños del grupo.
- Integrar y probar los nuevos elementos que surgieron dentro de los estímulos adicionales que podrían brindar una mejor retroalimentación de comportamiento. Como por ejemplo, sonido de viento cuando existen gritos los cuales están representados por el clima de fondo.

En términos de implementación:

- Evaluar en sitio el algoritmo de detección de gritos para automatizar la captura y reducir las responsabilidades de la maestra.
- Diseñar e integrar una base de datos a BxBalloons para llevar un registro de información preciso acerca del comportamiento a nivel individual y colectivo.

En términos del estudio:

- Sería interesante realizar un estudio que analice el comportamiento de niños con funcionalidad distinta y dentro de otras escuelas, haciendo uso de BxBalloons. Este nuevo estudio permitiría observar patrones de comportamiento entre diferentes poblaciones, y determinar si los resultados que se obtuvieron en esta tesis pueden ser generalizables o si existen diferencias significativas.
- Es importante realizar un estudio de larga duración para determinar si en realidad existe un cambio de comportamiento en los niños provocado por BxBalloons.

Lista de referencias

- Abowd, G. D., Mynatt, E. D., and Rodden, T. (2002). The Human Experience. *IEEE pervasive computing*, 1(1), 48-57.
- Abramowitz, A. J., and O'Leary, S. G. (1991). Behavioral interventions for the classroom: Implications for students with ADHD. *School Psychology Review*. Vol 20(2), 220-234.
- Matic, A., Hayes, G. R., Tentori, M., Abdullah, M., and Schuck, S. (2014, September). Collective use of a situated display to encourage positive behaviors in children with behavioral challenges. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 885-895). ACM.
- Aleksandar Matic, Gillian Hayes, Monica Tentori, Maryam Abdullah, Sabrina Schuck. (2014). "Collective use of a situated display to encourage positive behaviors in children with behavioral challenges" In Proc. Of ACM UBICOMP.
- Cohen, M.J, and Sloan, D.L., (2007). *Visual Supports for People with Autism: A Guide for Parents and Professionals*. Woodbine House, USA
- Consolvo, S., Paulos, E., and Smith, I., (2007). Mobile Persuasion for Every day Behavior Change, *Mobile Persuasion: 20 Perspective on the Future of Behavior Change*, E. Fogg and E. Eckles, eds., Stanford Captology Media, 166.
- Cornejo, R., M. Tentori and J. Favela (2013). Ambient awareness to strengthen the family social network of older adults. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 22(2-3): 309-344.
- Cornejo, R., M. Tentori and J. Favela (2013). Enriching in-person encounters through social media: A study on family connectedness for the elderly. *International Journal of Human-Computer Studies* 71(9): 889-899.
- Cramer, M., Hirano, S. H., Tentori, M., Yeganyan, M. T., and Hayes, G. R. (2011, May). Classroom-based assistive technology: collective use of interactive visual schedules by students with autism. In *CHI* (pp. 1-10).
- John W. Creswell. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.
- Escobedo, L., Ibarra, C., Hernandez, J., Alvelais, M., & Tentori, M. (2014). Smart objects to support the discrimination training of children with autism. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1485-1497.
- Escobedo, L., Nguyen, D. H., Boyd, L., Hirano, S., Rangel, A., Garcia-Rosas, D. and Hayes, G. (2012, May). MOSOCO: a mobile assistive tool to support children with

- autism practicing social skills in real-life situations. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 2589-2598). ACM.
- Gal, E., Bauminger, N., Goren-Bar, D., Pianesi, F., Stock, O., Zancanaro, M., & Weiss, P. L. T. (2009). Enhancing social communication of children with high-functioning autism through a co-located interface. *Ai & Society*, 24(1), 75-84.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (2009). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Transaction Publishers.
- Hayes, G. R., Hirano, S., Marcu, G., Monibi, M., Nguyen, D. H., & Yeganyan, M. (2010). Interactive visual supports for children with autism. *Personal and ubiquitous computing*, 14(7), 663-680.
- Hirano, S. H., Yeganyan, M. T., Marcu, G., Nguyen, D. H., Boyd, L. A., & Hayes, G. R. (2010, April). vSked: evaluation of a system to support classroom activities for children with autism. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1633-1642). ACM.
- Holtzblatt, K., Wendell, J., y Wood, S. (2004). *Rapid contextual design: a how-to guide to key techniques for user-centered design*. Elsevier Inc.
- Horner, R. H., Carr, E. G., Strain, P. S., Todd, A. W., and Reed, H. K. (2002). Problem behavior interventions for young children with autism: A research synthesis. *Journal of autism and developmental disorders*, 32(5), 423-446.
- ICAN, Visual Schedules, (2010). Part of the Interactive Collaborative Autism Network Online Learning Modules, within Behavioral Interventions. Recuperado en julio 2014 de: <http://www.autismnetwork.org/modules/environ/visualschedule/index.html>
- Mankoff, J., Dey, A. K., Hsieh, G., Kientz, J., Lederer, S., and Ames, M. (2003, April). Heuristic evaluation of ambient displays. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 169-176). ACM.
- Matson, J.L. and Boisjoli, J.A. (2009) The token economy for children with intellectual disability and/or autism. *Research in Developmental Disabilities*, 30, 2, 240-248.
- McMillen, A. M., & Söderberg, S. (2002). Disabled persons' experience of dependence on assistive devices. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 9(4), 176-183.
- Mirenda, P. (2003). Toward Functional Augmentative and Alternative Communication for Students With Autism Manual Signs, Graphic Symbols, and Voice Output Communication Aids. *Language, speech, and hearing services in schools*, 34(3), 203-216.
- Patten, B., I.A. Sánchez, and B. (2006). Tangney, Designing collaborative, constructionist and contextual applications for handheld devices. *Computers and Education*, 46(3).

- Rabiner, L. (1989). A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition. *Proceedings of the IEEE*, 77(2), 257-286.
- Rincon, E., Beltran, J., Tentori, M., Favela, J., and Chavez, E. (2013, October). A context-aware baby monitor for the automatic selective archiving of the language of infants. In *Computer Science (ENC), 2013 Mexican International Conference on* (pp. 60-67). IEEE.
- Rogers, Y., Hazlewood, W. R., Marshall, P., Dalton, N., and Hertrich, S. (2010, September). Ambient influence: Can twinkly lights lure and abstract representations trigger behavioral change? In *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing* (pp. 261-270). ACM.
- Sandford, C.A. (2009). Available Classroom Supports for Students with Autism Spectrum Disorder in Public Schools. in *Proc. of the Northeastern Educational Research Association*.
- Schreibman, L. and Rogers, S.J. (2000). Interventions that facilitate socialization in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30, 5 399-409.
- Sennott, S. and Bowker, A. (2009). Autism, AAC, and Proloquo2go, In *Perspectives on Augmentative and Alternative Communication*. Pennsylvania State University, University Park, pp., 137-145
- Sitdhisanguan, K., Chotikakamthorn, N., Dechaboon, A., and Out, P. (2012). Using tangible user interfaces in computer-based training systems for low-functioning autistic children. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2), 143-155.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific american*, 265(3), 94-104.
- Weiser, M., and Brown, J. S. (1997). The coming age of calm technology. In *Beyond calculation* (pp. 75-85). Springer New York.
- WHO (2013) Autism spectrum disorders and other developmental disorders: From raising awareness to building capacity. (pp. 50)
- Wisneski, C., Ishii, H., Dahley, A., Gorbet, M., Brave, S., Ullmer, B., and Yarin, P. (1998). Ambient displays: Turning architectural space into an interface between people and digital information. In *Cooperative buildings: Integrating information, organization, and architecture* (pp. 22-32). Springer Berlin Heidelberg
- Wernqvist, J. (2007). How are you today - and why? Correlations between self-ratings on well-being and aspects of everyday life. Recuperado en Julio del 2014 de: <http://www.emotionalcities.com/blog/texts/JohannaWernqvist.pdf>
- Zhang, D., Guo, B., Li, B., and Yu, Z. (2010). Extracting social and community intelligence from digital footprints: an emerging research area. In *Ubiquitous Intelligence and Computing* (pp. 4-18). Springer Berlin Heidelberg.

Apéndice 1

Algoritmo detector de gritos

Para realizar la detección automática de gritos se requiere de los pasos ilustrados en la figura 1:

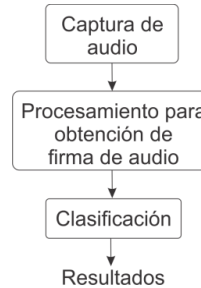


Figura 1. Diagrama de flujo para la detección de gritos.

El primer paso consiste en adquirir el audio mediante un micrófono. Posteriormente, se aplica un procesamiento sobre la señal capturada con el objetivo de obtener una firma de audio la cual es una representación que puede usarse para medir similitud entre dos señales auditivas. El último paso corresponde a alimentar un clasificador con las firmas de audio el cual proporciona los resultados.

El audio usado en este experimento fue capturado con una tableta Asus Nexus a 44Khz y 16 bits de profundidad. La captura se realizó bajo condiciones naturalistas dentro del centro psicopedagógico localizado en Tijuana, B.C, durante 3 días con un total de 12 horas de audio.

La firma de audio usada para la detección de gritos es la firma Multi-Band Spectral Entropy Signature con escala mel (Mel-MBSES) (Rincon et al., 2013) (ver figura 2). El procedimiento para obtener la Mel-MBSES consiste en segmentar la señal en tramas con 1024 muestras y hacer un traslape de 512 muestras. Se aplica una ventana Hamming a cada trama y se calcula la Transformada rápida de Fourier (FFT por sus siglas en inglés). Después se aplica un banco de 12 filtros para separar en 12 bandas el espectro de frecuencias desde 0 hasta 22kHz. Por cada banda, se calcula la entropía usando las varianzas (σ_{xx} , σ_{yy}) y las covarianzas (σ_{xy}) a partir de las componentes reales e imaginarias de los coeficientes de cada espectro correspondiente. La fórmula para obtener la entropía espectral es la siguiente:

$$H = \ln(2\pi e) + \frac{1}{2} \ln(\sigma_{xx}\sigma_{yy} - \sigma_{xy}^2)$$

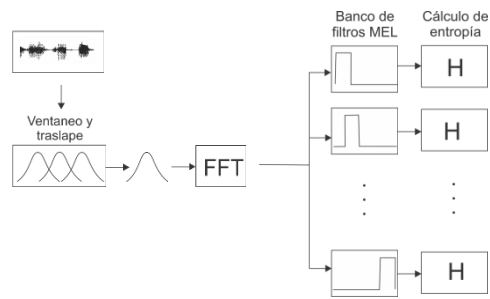


Figura 2. Procedimiento para calcular la firma Mel-MBSES

Además de utilizar la firma Mel-MBSES, se utiliza la energía de la señal sobre cada trama para detectar la intensidad del grito. Este valor se puede ajustar dependiendo de las características del lugar en donde se capturen los datos.

Se utilizaron modelos ocultos de Markov (HMM por sus siglas en inglés) (Rincon et al., 2013) para realizar la clasificación. Los HMM es una técnica estadísticas que modela datos temporales y secuenciales que se pueden utilizar para caracterizar las propiedades estadísticas de una señal. Se utilizó un tipo de HMM ergódica y los parámetros consisten en el uso de 3 estados y 1 gaussiana.

Experimentos en laboratorio para medir el desempeño del algoritmo para la detección de gritos

A partir de los datos capturados, se recortaron manualmente 192 instancias de gritos. Se evaluó el uso de la firma de audio y los HMM usando validación cruzada con división en 10 partes. Los resultados sobre los datos recortados arrojan un F1Score de 92%.

Además, con el objetivo de evaluar sobre datos en condiciones realistas, se clasificó sobre 10 segmentos de audio continuo que tienen entre 30 segundos y 1 minuto de duración, cada segmento contiene al menos una instancia de gritos y cuando mucho 6 instancias de gritos. Usando este esquema de clasificación se obtuvo un F1Score de 91%. En las figuras 21, 22 y 23 se ilustran los resultados de clasificar sobre

3 segmentos de audio continuo. GT se refiere a ground truth, P se refiere a los resultados predichos y la gráfica de abajo corresponde al nivel de energía sobre la señal en cada trama. Cada barra blanca en GT significa que el dato está etiquetado como un grito y cada barra negra que no es un grito, cada barra blanca en P significa que el clasificador automático indicó que es un grito y cada barra negra indica que se detectó que no es un grito. En la figura 3 se muestra un ejemplo de clasificar exitosamente sin errores. La figura 4 muestra un falso positivo, es decir, que se clasificó como grito algo que realmente no es un grito. La figura 5 muestra dos falsos negativos, es decir, que se no se detectaron dos gritos.

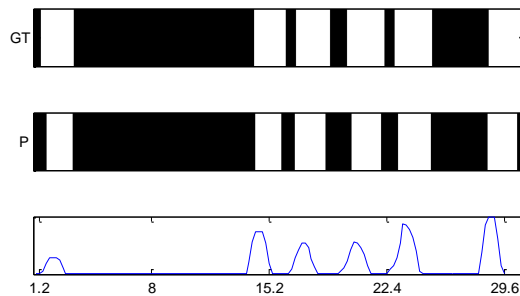


Figura 3. Ejemplo de clasificación correcta

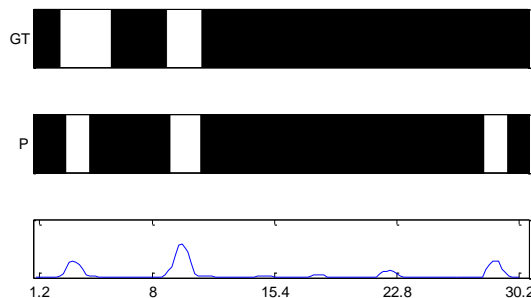


Figura 4. Ejemplo de falsos positivos.

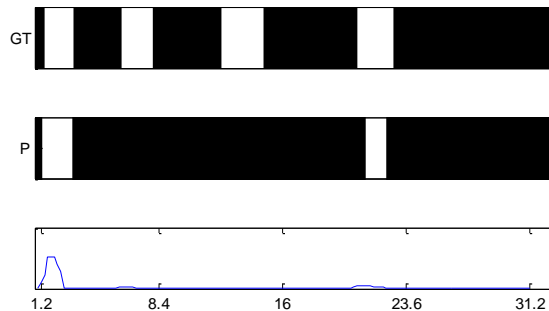


Figura 5. Ejemplo de falsos negativos

Apéndice 2

Cuestionario del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) aplicado a BxBalloons

Nombre:

Instrucciones: Subrayar la respuesta de acuerdo a su opinión

Utilidad Percibida (UP)	Escala de importancia						
	Absolutamente Improbable	Improbable	Poco Improbable	Nada	Poco Posible	Posible	Absolutamente Posible
Usar BxBalloons me ayudaría a hacer mis tareas más rápido	1	2	3	4	5	6	7
Usar BxBalloons mejoraría el desempeño de mi trabajo	1	2	3	4	5	6	7
Usar BxBalloons incrementaría mi productividad	1	2	3	4	5	6	7
Usar BxBalloons aumentaría la efectividad en mi trabajo	1	2	3	4	5	6	7
Usar BxBalloons me facilitaría la realización de mi trabajo	1	2	3	4	5	6	7
Encontraría BxBalloons útil en mi trabajo	1	2	3	4	5	6	7

Facilidad de Uso Percibida (FUP)	Escala de importancia						
	Absolutamente Improbable	Improbable	Poco Improbable	Nada	Poco Posible	Posible	Absolutamente Posible
Aprender a utilizar BxBalloons sería fácil para mí	1	2	3	4	5	6	7
Mi interacción con BxBalloons sería clara y entendible	1	2	3	4	5	6	7
Encuentro BxBalloons flexible para interactuar con él	1	2	3	4	5	6	7
Sería fácil para mí llegar a ser un experto en el uso de BxBalloons	1	2	3	4	5	6	7
Encuentro a BxBalloons fácil de utilizar	1	2	3	4	5	6	7

Actitud Hacia el Uso	Escala de importancia						
	Absolutamente Improbable	Improbable	Poco Improbable	Nada	Poco Posible	Posible	Absolutamente Posible
El uso de BxBalloons en mi trabajo sería bueno	1	2	3	4	5	6	7
El uso de BxBalloons en mi trabajo sería beneficioso	1	2	3	4	5	6	7
El uso de BxBalloons en mi trabajo sería absurdo	1	2	3	4	5	6	7
El uso de BxBalloons en mi trabajo sería positivo	1	2	3	4	5	6	7
El uso de BxBalloons en mi trabajo sería placentero	1	2	3	4	5	6	7

Apéndice 3

Esquema de codificación

Propósito: Proporcionar un lenguaje común para codificar las observaciones diarias y facilitar la medición del impacto de la atención y el comportamiento durante la intervención en Pasitos.

- **Informante:** Alias de la persona que está siendo observada.
- **Rol:** Responsabilidad de la persona observada
 - **Maestra (M):** Maestra²⁵ encargada de las actividades dentro del aula.
 - **Estudiante (E):** Niños con autismo inscritos a la institución y que se encuentran en alguna de las aulas realizando las actividades diarias.

Estudiantes

- **Atención:** Caracteriza si el estudiante está concentrado en una terapia cognitiva.
 - **Atención Selectiva (ASE):** El informante se queda enfocado en la tarea en la presencia de una distracción/interrupción –una distracción o interrupción se consideran ruidos ambientales, estudiantes que interrumpen la tarea, otras maestras interrumpiendo la actividad. Por ejemplo el niño es capaz de seleccionar como actividad primaria la terapia en lugar de atender la pantalla ambiental. El niño está consciente de la pantalla ambiental pero su atención primara es la actividad que la maestra le puso. **(Video)**
 - **Atención Dividida (ADI):** Capacidad de atender a más de un estímulo a la vez. Es un tipo de atención simultánea cuya función es procesar diferentes fuentes de información que se dan a la vez o ejecutar de forma simultánea diferentes tareas. Por ejemplo el niño es capaz de atender a la terapia y además atiende el rompecabezas. El niño divide de casi de forma equitativa su atención entre el rompecabezas y la actividad que le puso la maestra. **(Video)**
- **Uso del display:** El niño está involucrado con el uso del display.
 - **Conciencia del display(CD):** El niño es consiente del uso de tecnología. **(Video, entrevistas).** Ve el display y/o pregunta acerca del display.
 - ✓ **Lenguaje y comunicación:** Derivado de que el niño está consciente del uso del display. El niño utiliza el lenguaje para preguntar algo acerca del uso del display. **(L)**
 - **Cambio de comportamiento:** El display influye en el comportamiento del niño.
 - ✓ El display influye en su comportamiento de manera positiva (e.g., deja de quejarse, apresura/mejora la actividad que hace, hace caso a la maestra).**(CCP)**
 - ✓ El display influye en su comportamiento de manera negativa (e.g., hace berrinche, manierismo, grita, llora, se queja). **(CCN)**

²⁵ En este Documento nos referimos a las maestras como psicólogas, terapeutas, prestadoras de Servicio Social

- **Interacción espontánea:** Existe alguna interacción de parte del niño hacia alguno de sus compañeros, como resultado de algún cambio en la pantalla ambiental. **(Video, entrevistas)**
 - **Interacción Espontánea Unidireccional (IEU):** El niño interactúa verbal/físicamente con algún compañero derivado de algún cambio en la pantalla ambiental, y su compañero no responde.
 - **Interacción Espontánea Bidireccional (IEB).** El niño interactúa verbal/físicamente con algún compañero derivado de algún cambio en la pantalla ambiental, y su compañero responde (e.g., con otra interacción física o verbal).
- **Colaboración (C).** Los estudiantes empiezan a formar grupos derivado del uso del sistema. Los estudiantes se ponen de acuerdo en determinado comportamiento, y/o los estudiantes empiezan a colaborar para lograr el premio grupal.

Maestras

- **Control de conducta.** Existen nuevas prácticas de parte de las maestras para el control de conducta. La maestra se auxilia del sistema para controlar la conducta de los niños.
 - **Tiempo fuera (TO).** La maestra le dice al estudiante que vaya al área de tiempo fuera porque tenía un mal comportamiento.
 - **Nueva práctica (NP).** La maestra utiliza una nueva práctica para el control de conducta. Por ejemplo una nueva práctica es que la maestra utilice la pantalla ambiental para decirles/recordarles a los estudiantes, que deben portarse bien.
 - **NONE (NONE).** No es necesario controlar la conducta.
- **Ayuda:** Son apoyos que ofrecen las maestras para que el estudiante realice las actividades que ella le solicita. **NOTA:** en el LSA me gustaría que hubiera dos columnas, una para AI y otra para AG, de tal forma que se puedan identificar el tipo de ayudas para cada modo. Porque si no, no se podría distinguir entre qué tipo de ayuda fue para cada modo.
 - **Modo de ayuda.** La maestra proporciona ayuda de forma individual **(AI)** o grupales **(AG)**. O no proporciona ayuda **(NONE)**
 - **Tipo de ayuda.** El objetivo es medir si estas aumentan o disminuyen con el uso del sistema:
 - ✓ **Verbales (VER):** La maestra le apoya diciéndole algo que le ayude al estudiante a identificar la respuesta a la pregunta.
 - ✓ **Físicas (FIS):** La maestra toma la mano del estudiante y le indica que hacer.
 - ✓ **Gestual (GES):** La maestra usa su mano y señala para indicarle al estudiante lo que debe hacer.
 - ✓ **Posicionales (POS):** La maestra acerca el objeto solicitado al estudiante, de tal forma que la opción solicitada está más cerca.
 - ✓ **Modelado (MOD).** La maestra realiza un ensayo como lo que debería hacer el estudiante.

- **Rutinas de trabajo en clase (NRC).** La maestra genera nuevas rutinas de trabajo, derivado del uso de BxBalloons. Por ejemplo ya no se dan recompensas, se realizan trabajos en grupo.
- **Problemas con la tecnología (PT):** Problemas que presentan al usar la tecnología.. La maestra tarda mucho tiempo en configurar el sistema debido a que existen problemas de conectividad entre equipos o con el servidor.

Apéndice 4

Protocolo de Entrevista: Maestra.

Preámbulo (objetivos y aseguramiento de confidencialidad):

Buenas tardes y bienvenidos a nuestra sesión. Mi nombre es _____ soy estudiante de la (*maestría en Ciencias de la Computación del CICESE*). El propósito del estudio de investigación es observar si en los niños y en su comportamiento se encuentra la necesidad de apoyarse en equipo para cumplir con un objetivo y mediante la cooperación grupal se vea reflejada una mejoría en su comportamiento.

El equipo de investigación que encabeza este estudio se especializa en temas referentes a computación y al desarrollo de tecnología de acuerdo al estudio de las necesidades de una comunidad. Su apoyo y retroalimentación es muy importante para nosotros. La presente entrevista tiene intereses estrictos de investigación y la información recopilada de entrevistas, cuestionarios y grabaciones serán de uso confidencial. Es importante mencionar que **NO** es objetivo de la entrevista evaluarlo a usted, simplemente nos gustaría conocer el impacto que ha tenido el uso del sistema en usted y en los niños.

La entrevista nos tomará alrededor de 30 minutos aproximadamente.

Nota 1:

- **Sistema:** Se refiere a todo el sistema en sí: sistema de control (tableta) y display (proyección).
- **Display:** Proyección de BxBalloons

Nota 2:

Las preguntas a continuación van dirigidas a la experiencia que usted tuvo durante el uso del sistema. Posteriormente, vendrán un par de preguntas dirigidas hacia la perspectiva de los estudiantes. Por tal motivo, algunas preguntas podrían resultar un tanto repetitivas.

Calentamiento

1. ¿Cuéntame cómo te fue en la semana con el display y el sistema en general?
(General)

Percepción de uso

2. ¿Podrías decirme cómo utilizaste el display en un día típico?
 - a. **Prueba:** ¿Me podrías dar un ejemplo?
3. ¿En qué momentos del día utilizaste el display? En cuáles terapias y/o actividades?
 - a. **Prueba:** Ejemplos
4. ¿Cuál fue tu percepción hacia el uso del display?
5. ¿Cómo crees que los niños percibieron el uso display?
 - a. **Prueba:** ejemplos.
6. ¿Creen que los niños utilizaron el display? ¿Para qué crees que lo utilizaron?
 - a. **Prueba:** Ejemplos

Comportamiento

7. ¿Cómo crees que impactó el uso del display en el comportamiento de los niños?
 - a. **Prueba:** ejemplos (Positivos y negativos = Mejor caso, caso promedio y peor caso)
8. ¿Qué tan consciente consideras que están los niños del display y su funcionamiento?
 - a. **Prueba:** ejemplos

Atención.

9. ¿Qué impacto tuvo el uso del display en la atención de los niños respecto a lo que estaban haciendo (e.g., terapia/actividad)?
 - a. **Prueba:** ejemplos (positivos y negativos)
10. [Entonces], ¿Cuáles serían las situaciones donde consideras que el uso del display ayudó a manejar positivamente la atención en los niños?
 - a. **Prueba:** ¿Podrías darme un ejemplo?
11. [Entonces], ¿En qué situaciones consideras que el uso del display provocó problemas de atención en los niños?
 - a. **Prueba:** ¿Podrías darme un ejemplo de estos problemas?
 - b. **Prueba:** ¿Qué estrategias utilizaste para enfrentar estos problemas?

Interacción espontanea.

12. ¿Cómo es la interacción social entre los niños al utilizar el display?
 - a. **Prueba:** ejemplos
13. ¿Me podrías describir si el uso del display contribuyó a modificar el comportamiento de un niño y si impacto el comportamiento de otros niños?
 - a. **Pista:** si veo que todos se están portando bien, yo tambien me porto bien para ganar la pieza del rompecabezas.
14. ¿Qué tipo de interacciones entre los niños has visto que ha generado el uso del display?
 - a. **Prueba:** ejemplos positivas y negativas. (Interacciones pasivas y proactivas)
 - b. **Prueba:** frecuencia de las interacciones.
15. ¿Qué tipo de interacciones entre tú y los niños has visto que ha generado el uso del display?
 - a. **Prueba:** ejemplos positivas y negativas. (Interacciones pasivas y proactivas)
 - b. **Prueba:** frecuencia de las interacciones.

Interacción con el display.

16. ¿Cómo el display ha contribuido a manejar el grupo?
17. Durante el uso del display ¿Cuáles son las nuevas prácticas que se desarrollaron para el control del grupo (de la conducta)?
- a. **Prueba:** ejemplos

Cambios y mejoras en el sistema

18. ¿Qué opinas de la representación de comportamiento que te ofrece el display?
- a. **Prueba:** Buena, mala, etc. Problemas con esta representación y estrategias
- b. **Prueba:** ¿Te gustaría otro tipo de representación? (Ejemplos)
19. ¿Qué otros estímulos te gustaría que incluyera el display (sonidos, animaciones)?
20. ¿Qué le cambiarías al sistema? ¿qué le agregarías? ¿Quitarías?

Cierre.

21. Muchas gracias por su tiempo y atención. ¿Algo más que desee agregar?