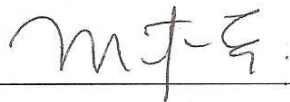


TESIS DEFENDIDA POR
CATALINA IBARRA ENRÍQUEZ
Y APROBADA POR EL COMITÉ



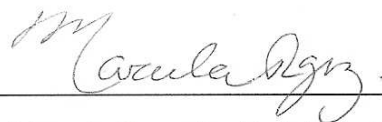
Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa

Director del Comité



Dr. José Antonio García Macías

Miembro del Comité



Dra. Marcela Deyanira Rodríguez Urrea

Miembro del Comité

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERIA



**OBJETOS AUMENTADOS EN APOYO A LAS TERAPIAS
COGNITIVAS DE NIÑOS CON AUTISMO**

TESIS

**que para cubrir parcialmente los requisitos para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS**

Presenta:

CATALINA IBARRA ENRIQUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

Mónica Elizabeth Tentori Espinosa

Ensenada, B.C

Diciembre 2012

RESUMEN de la tesis de Catalina Ibarra Enríquez, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS. Ensenada, Baja California, México. Diciembre de 2012.

OBJETOS AUMENTADOS EN APOYO A LAS TERAPIAS COGNITIVAS DE NIÑOS CON AUTISMO

Resumen aprobado por:

Dr. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa

Director de Tesis

Un objeto aumentado es un objeto común, que ha sido dotado con funcionalidades adicionales a través de cómputo integrado o sistemas de software.

Entre los candidatos ideales para el uso de esta tecnología está el área educativa, y muy particularmente, la enseñanza a niños con discapacidades cognitivas. Es un escenario ideal ya que la dinámica seguida durante el tratamiento depende totalmente de una combinación de objetos y estímulos auditivos y visuales.

Durante las terapias cognitivas las maestras enfrentan varios problemas importantes que el cómputo tangible puede apoyar. Cada sesión implica elegir los objetos a utilizar, en función de las necesidades de cada niño; se requiere mantener al niño involucrado en cada tarea, ya que se distrae fácilmente; además, la maestra debe registrar manualmente el desempeño del niño durante la sesión. Cada maestra puede dedicar una cantidad limitada de tiempo a cada niño, lo que resulta en registros imprecisos y actividades inconclusas con el niño.

Lo anterior convierte dicho tratamiento en un candidato ideal para la aplicación de tecnologías de cómputo ubicuo, especialmente cómputo tangible. El cómputo tangible enriquece objetos comunes con capacidades digitales de manera que se aprovechen las características físicas del objeto y la familiaridad del niño con el objeto. En esta tesis se explora la viabilidad de utilizar la tecnología tangible para enriquecer objetos utilizados durante las terapias cognitivas para promover el involucramiento del niño y reducir la carga de trabajo de las maestras.

Para explorar el espacio de diseño y experiencia de uso del cómputo tangible en apoyo a las terapias cognitivas de niños con autismo, en esta tesis, se realizó un estudio en una institución especializada en el apoyo a niños con autismo, Pasitos, A. C. del uso de objetos aumentados diseñados en este trabajo de tesis. Primeramente, se identificó la terapia que mejor aprovecharía dichos objetos, y los objetos que podían aumentarse. Se realizó un diseño e implementación, y el resultado fue el Cubo T3 y el Tablero T3; ambos fueron evaluados en sitio. En la evaluación participaron 18 niños con autismo y 7 maestras (n=25) en un periodo de 7 semanas, obteniéndose un alto grado de aceptación por parte de la

maestra y de los niños con autismo. Los comentarios más positivos referían el apoyo en el registro de la información y el apoyo ofrecido para que el niño se mantuviera en la actividad.

Palabras Clave: Objetos aumentados, interfaces tangibles de usuario, autismo.

ABSTRACT of the thesis presented by Catalina Ibarra Enríquez presented as a partial requisite for earning the MASTER OF SCIENCE degree. Ensenada, Baja California, México. December 2012

AUGMENTED OBJECTS THAT SUPPORT COGNITIVE THERAPIES FOR CHILDREN WITH AUTISM

An augmented object is a common object that has been endowed with additional functions through embedded computing or software.

Among candidates ideal for using this technology is the educational domain, and particularly, teaching children with cognitive disabilities. It is an ideal scenario since the treatment dynamics rely heavily on a combination of objects, and visual and auditory stimuli.

During treatment, however, teachers face several important issues that tangible computing can alleviate. Each session implies choosing objects to be used, based on children's needs; it also requires keeping children “on task”, since they are easily distracted; furthermore, the teacher must manually log each child's performance during the session. Each teacher has a limited amount of time to devote to each child resulting in inaccurate records, and unfinished tasks with the child.

The aforementioned issues render this treatment an ideal candidate for applying ubiquitous computing technologies, particularly tangible computing. This technology enriches common objects with digital capabilities in a way that leverages its physical characteristics and the child's familiarity with the object. This work explores the feasibility of enriching objects used during cognitive therapy to promote the child's involvement and reduce teachers' workload.

To explore the design space of tangible computing, and its user experience in supporting the cognitive training of children with autism; for this thesis, a deployment study was performed in an institution specialized in supporting children with autism of the use of augmented objects. First the therapy that best leveraged the augmented objects was identified. Then, following a user-centered design, a T3Cube and a T3Board were implemented. The T3Cube is a smart device that converts traditional objects into smart objects that promote interactivity with a playful and engaging interaction. The T3Board is a wooden-based box embedding several pre-configured T3Cubes. Finally, a 7-week deployment study where 18 children with autism and 7 teachers (n=25) used the T3Board with the several T3Cubes demonstrated that T3 smart objects reduce the workload of teachers, ease the record-keeping and increase its reliability, and reduce students' behavioral problems while improving their cognitive efficacy.

Keywords: Augmented objects, tangible user interfaces, autism.

*A mis padres y a Jehú
por la fuerza que su amor me ha dado.*

Agradecimientos

A Dios...por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, gracias por todas tus bendiciones.

A Jehú, por estar siempre a mi lado, por levantarme al caer y apoyarme en todo momento, pero más que nada, por su amor.

A mis padres... por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional amor y apoyo a través del tiempo.

A mi familia y amigos... que me apoyaron con sus palabras cuando más lo necesitaba. Ustedes saben quiénes son.

A Liz, Claudia, Marisol, Erika, Javier y Daniel... por el apoyo para la realización de este trabajo.

A mi asesora, Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa... por su atención, consejos, apoyo y paciencia.

A los miembros del comité: Dr. José Antonio García Macías y Dra. Marcela Deyanira Rodríguez Urrea... por su tiempo e invaluable observaciones.

Al Dr. Luis Adrian Castro Quiroa y al personal de la institución Pasitos... por su colaboración y disposición.

A la Universidad Autónoma de Baja California Campus Ensenada

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología... por su apoyo económico sin el cual no hubiera sido posible este trabajo de investigación.

CONTENIDO

Resumen español.....	i
Resumen inglés.....	iii
Dedicatorias.....	iv
Agradecimientos.....	v
Contenido.....	vi
Lista de figuras.....	x
Lista de tablas.....	xii
Capítulo I Introducción.....	1
I.1. Interfaces Tangibles de Usuario.....	1
I.2. Autismo	3
I.3. Planteamiento del Problema.....	5
I.4. Objetivos	7
I.4.1. Objetivo General	7
I.4.2. Objetivos Específicos	7
I.5. Metodología	8
I.5.1. Comprensión inicial.....	8
I.5.2. Estudio contextual	8
I.5.3. Diseño.....	9
I.5.4. Diseño e implementación de prototipos	9
I.5.5. Evaluación	9
I.6. Estructura de la tesis.....	10
Capítulo II Estado del Arte.....	11
II.1. Introducción	11
II.2. Cómputo Tangible	11
II.2.1. Interfaces tangibles de usuario (TUIs)	12
II.2.2. Tipos de TUIs.....	14

II.2.3. Diseño de TUI.....	15
II.2.4. Implementación de TUIs.....	17
TUIs para Aprendizaje	17
Resolución de Problemas y Planeación.....	18
Visualización de información.....	19
Programación Tangible	20
Entretenimiento, Juego y Edutainment	21
Recordatorios tangibles y etiquetas.....	21
II.2.5. TUIs en Autismo	22
II.3. Resumen.....	27
Capítulo III. Estudio Contextual.....	28
III.1. Introducción.....	28
III.2. Estudio 1: Entendiendo las prácticas cotidianas asociadas con el cuidado de niños con autismo	28
III.2.1. Metodología	28
III.2.1.1. Recolección de datos.....	29
III.2.1.2. Características de los Informantes.....	30
III.2.1.3. Análisis de datos.....	31
III.2.2. Resultados	31
III.2.2.2. Terapias en apoyo a niños con autismo.....	31
III.2.2.3. Escenario de un día típico en Pasitos	32
III.3. Estudio 2: Entendiendo las terapias cognitivas	34
III.3.1. Metodología	34
III.3.1.1. Recolección y análisis de datos	34
III.3.2. Resultados	34
III.3.2.1. Tipos de terapias cognitivas	35
III.3.2.2. Escenarios de uso	36
III.3.2.3. Problemas enfrentados	39
III.3.2.5. Estrategias de Solución	40
III.4. Resumen	43

Capítulo IV. Diseño e implementación de objetos tangibles en apoyo a las terapias cognitivas de niños con autismo	44
IV.1. Introducción	44
IV.2. Métodos de diseño.....	44
IV.3. Requerimientos y principios de diseño de los objetos tangibles	45
IV.3.1. Imitando las recompensas y las ayudas proporcionadas por las maestras.....	45
IV.3.2. Reconocimiento de gestos de interacción.....	45
IV.3.3. Facilitar la configuración de los objetos.....	46
IV.3.4. Permitir la captura automática de información relevante	46
IV.3.5. Soportar el uso colaborativo de los objetos	46
IV.4. Diseño e implementación Cubo T3, Guante RFID y Tablero T3	47
IV.4.1. Diseño de CuboT3	47
Escenario de configuración de Cubo T3	48
IV.4.2. Implementación del Cubo T3	48
IV.4.2.1. Arquitectura general.....	49
IV.4.2.2. Escenario de uso.....	49
IV.4.3. Diseño de guante RFID	51
Escenario de lectura de guante RFID.....	52
IV.4.4. Implementación de guante RFID.....	53
IV.4.4.1. Arquitectura general.....	53
IV.4.4.2. Escenarios de uso	54
IV.4.5. Sesión participativa de diseño	55
IV.4.6. Diseño de Tablero T3	57
Escenario de uso de Tablero T3	58
IV.4.6.1 Arquitectura general.....	59
IV.4.6.2.Escenarios de uso	60
IV.4.7. Evaluación formativa.....	63
IV.5. Resumen	66
Capitulo V. Evaluación	67
V.1. Introducción.....	67
V.2. Diseño del estudio	67

V.2.1. Preguntas de investigación.....	67
V.2.2. Metodología	67
V.2.2.1 Línea Base	68
V.2.2.2. Intervención: Uso de tecnología.....	69
V.2.2.3. Retiro de la tecnología.....	69
V.3. Resultados.....	70
V.3.1. Impacto del uso de tableroT3.....	70
V.3.1.1. Escenario de uso con Alex: caso medio	70
V.3.1.2. Escenario de uso con Mario: Peor caso.....	71
V.3.1.3. Escenario de uso con Carlos: Mejor caso.....	72
V.3.2. Impacto en la maestra	73
V.3.2.1. Uso y adopción.....	73
V.3.2.2. Sobrecarga de trabajo	73
V.3.2.3. Turnos y transiciones.....	74
V.3.2.4. Registro de información	75
V.3.3. Impacto en el estudiante.....	77
V.3.3.1. Uso y adopción.....	77
V.3.3.2. Comportamiento.....	78
V.3.3.3. Desempeño	79
V.4. Resumen	80
VI. Conclusiones, aportaciones y trabajo a futuro.....	81
VI.1. Conclusiones.....	81
VI.2. Aportaciones	82
VI.3. Trabajo Futuro	83
Referencias	84
APENDICE A	90
APENCICE B	93
APENDICE C	95

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
Figura 1. Rifle utilizado para juego Sniper (izquierda) y Guitarra utilizada para juego Guitar Hero (derecha)	3
Figura 2. Herramientas visuales en apoyo al aprendizaje	4
Figura 3. Metodología de Investigación	8
Figura 4. Áreas de investigación relacionadas con TUIs. (a) Realidad Aumentada Tangible. (b) Interacción Tangible sobre Mesas. (c) Pantallas Ambientales. (d) Interfaces de Usuario embebido en el cuerpo, dispositivos físicos que están integrados con su contenido digital.	14
Figura 5. Urp. TUI para una planificación urbana que combina modelos físicos con simulación interactiva. Las proyecciones muestran el flujo del viento, y una sonda de viento (el objeto circular) se utiliza para investigar la velocidad del viento.	15
Figura 6. OnObject	17
Figura 7. Interfaces Tangibles de Consulta, TUI para consultar bases de datos relacionales.	20
Figura 8. Tern es un lenguaje tangible de computación diseñado para niños en entornos educativos.	21
Figura 9. Vsked, (a) Estudiante se sienta en su escritorio durante el tiempo de trabajo individual (b) La pantalla grande indica quien trabaja.(c) Dispositivo muestra al estudiante primera actividad del día y las opciones que puede tener como premio.	22
Figura 10. Topobo, consiste de partes movibles y conectables que son adheridas a una unión "activa" (la parte azul, ligeramente mayor) que puede registrar y reproducir los movimientos de las partes adheridas.	23
Figura 11. Uncommon sense, Niño compartiendo la música emitida por el juguete táctil con el investigador.	24
Figura 12. Set para juego "The Augmented Knights Castle"	25
Figura 13. (a) D- táctil. (b) Cubos Sifteo.....	25
Figura 14. (a) La mesa tangible interactiva. (b) Un objeto aumentado con Led y acelerómetro.	26
Figura 15 . Maestra titular (izquierda) acomodando el material de trabajo para la terapia, mientras la maestra auxiliar (derecha) la apoya trabajando en el cuaderno con otro niño (a), Maestra titular realizando registro de terapia cognitiva (b). Maestra auxiliar (izquierda) trabajando en terapia del lenguaje, Maestra titular (derecha), llevando a un niño a trabajar en terapia cognitiva (c)	30
Figura 16. Maestra auxiliar trabajando en terapia cognitiva(a), Maestra titular trabajando en Autoayuda(b), Maestra Servicio social trabajando en terapia del lenguaje, pidiendo con la mano una tarjeta(c), material de trabajo(d).....	33

Figura 17. (a) Maestra indica tarjeta incorrecta. (b) Ernesto juega con tarjeta. (c) Maestra registra ensayo incorrecto	37
Figura 18. (a) Maestra auxiliar ayudando a tomar la tarjeta. (b) Maestra auxiliar detiene a Ernesto. (c) Ernesto intenta morder a maestra auxiliar.	38
Figura 19. (a) Cubo T3 con arreglo de leds. (b) Sonido integrado. (c) Maestra activa cubo T3. (d) Cubo T3 parpadea para ofrecer ayuda.....	48
Figura 20. Integración de cubo T3.....	49
Figura 21. Diagrama de secuencia: Escenario de uso con ayuda visual/posicional.....	51
Figura 22. (a) Ranuras para almacenamiento de etiquetas RFID. (b) Guante RFID. (c) Guante RFID esperando lectura. (d) Guante RFID realizando lectura de objeto.....	53
Figura 23. (a) Led bicolor. (b) Lector RFID. (c) Cubo T3 con etiqueta RFID.	53
Figura 24. Diagrama de secuencia: funcionamiento de cubo T3 con guante RFID y una respuesta incorrecta	54
Figura 25. (a) Cubo T3 recompensa. (b) 2 Cubos T3 medidor. (c) 2 Cubos T3 extendidos tipo marcador. (d) 4 Cubos T3 instrucción/ayuda	57
Figura 26. Panel de control de tablero T3	59
Figura 27. Arquitectura general de tablero T3	59
Figura 28. Diagrama de secuencia. Funcionamiento TableroT3: Escenario de uso con respuesta incorrecta	61
Figura 29. Diagrama de secuencia. Funcionamiento TableroT3: Escenario de uso con ayuda visual/posicional	62
Figura 31. Resultados durante la Evaluación formativa.....	63
Figura 30. (a) Presentación de prototipo (b) Interacción con el prototipo de baja fidelidad (c) Grupo focal.....	63
Figura 32. Observación línea base.....	68
Figura 33. Observación durante la implementación de la tecnología.....	69
Figura 34. (a) Maestra buscando atraer a Alex a la actividad. (b) Promedio de acciones con tableroT3. (c). Alex utilizando TableroT3.....	71
Figura 35. (a) Mario destruyendo material de la actividad. (b) Promedio de acciones con tableroT3. (c) Mario utilizando el tablero T3.....	72
Figura 36. (a) Maestra buscando atraer a Alex a la actividad. (b) Promedio de acciones con tablero T3. (c) Alex utilizando tablero T3.....	72
Figura 37. Conjunto de phidgets, servo motores, lectores RFID, botones, etiquetas RFID..	94

LISTA DE TABLAS

Tablas	Página
Tabla 1. Tabla comparativa de proyectos.....	27
Tabla 2. Grupos observados en la institución durante el primer estudio.....	29
Tabla 3. Terapias Impartidas en la Institución	31
Tabla 4. Grupos observados en la institución durante el segundo estudio	34
Tabla 5. Actividades y materiales utilizados durante la terapia cognitiva	35
Tabla 6. Tabla de problemas y estrategias utilizadas por las maestras de Pasitos	42
Tabla 7. Participantes durante la evaluación	68

Capítulo I Introducción

I.1. Interfaces Tangibles de Usuario

Actualmente el uso de computadoras de escritorio, computadoras portátiles y otros dispositivos móviles nos han acostumbrado a cierta forma de interacción con la computadora y el mundo digital, utilizando dispositivos como el teclado, el mouse o una pantalla táctil [1]. El cómputo ubicuo propone dotar el ambiente físico con dispositivos de diferentes escalas, contando con capacidades computacionales y de comunicación, dichos artefactos pueden ser integrados de manera natural a las actividades diarias de los usuarios [2], intentando que sean casi imperceptibles, es decir que el usuario se mantenga únicamente al pendiente del servicio que le proporcionan, olvidando la tecnología que interviene en el proceso. En esencia, sólo cuando las cosas desaparecen uno es libre en utilizarlas, sin pensar en cómo utilizarlas y enfocarse en nuevas actividades [3].

Sin embargo, algunas áreas de aplicación requieren de mecanismos de interacción distintos, que aprovechen las metáforas propias de los objetos y, de alguna forma, las materialicen para que el usuario pueda interactuar de manera natural con los servicios digitales [4]. Esto requiere de mecanismos de interacción distintos a los tradicionales y que actualmente utilizamos, tanto de entrada como de salida. Con esta idea en mente, el cómputo tangible, explora el espacio de diseño y experiencia de uso de nuevos modelos de interacción que permitan al usuario manipular directamente objetos que le son familiares, y que representan conceptos en su dominio de aplicación [5]. El usuario proporciona información interactuando con dichos objetos, y recibe información a través de los mismos objetos o de algún otro medio en el entorno.

El concepto de Interfaz de Usuario Tangible (TUI por sus siglas en inglés, *Tangible User Interface*) tiene sus orígenes en los conceptos de interfaces *maniobrables* [6], y “bits tangibles”¹. Una TUI permite integrar objetos físicos con medios digitales, tanto para la manipulación de interfaces digitales mediante un objeto físico (*i.e.*, *interfaces maniobrables*

¹ **Bits Tangibles:** "son un intento de tender un puente entre el ciberespacio y el entorno físico al hacer tangible la información digital (bits). Estamos desarrollando formas de hacer accesibles los bits a través del entorno físico." (Ishii & Ullmer, 1997)

[6]) como para trasladar información digital al mundo físico (i.e., “bits tangibles”). En base a estos conceptos una TUI se define como:

“[una especie de GUIs] que permite integrar objetos físicos con medios digitales, tanto para la manipulación de interfaces digitales mediante un objeto físico (i.e., interface maniobrables [6]) como para trasladar información digital al mundo físico (i.e., “bits” tangibles [7])” [7].

La interface tangible de usuario (TUI) integra de manera transparente el mundo digital y el mundo físico, utilizando como “puente” la familiaridad del usuario con los objetos que manipula, y las interacciones posibles entre el objeto y su entorno. Tanto los objetos como su entorno son enriquecidos con capacidades de cómputo que permiten traducir la interacción del usuario en acciones de sistema [8].

Un ejemplo muy claro de este aprovechamiento lo constituyen los controladores modernos para videojuegos (e.g., wii o kinnect), que aprovechan los conceptos de la realidad y los convierten en objetos de juego que el usuario puede manipular y que tienen un efecto directo sobre el desarrollo del juego. Tal es el caso de juegos como Guitar Hero o Sniper (Figura 1), cuyos controladores representan de manera exacta las principales metáforas utilizadas por el juego.

Cada controlador enfrenta al usuario con un objeto que le es familiar y cuya manipulación le permite lograr los objetivos del juego. El objeto no sólo le es familiar sino que, precisamente por sus características físicas particulares (“*affordances*”²), sus limitantes por diseño y sus asociaciones culturales, hace evidentes sus usos posibles y sus limitaciones.

² “**affordance**”: ‘son las propiedades del artefacto que permiten crear una relación que es construida social y culturalmente entre los usuarios y el mundo’ [77]



Figura 1. Rifle utilizado para juego Sniper (izquierda) y Guitarra utilizada para juego Guitar Hero (derecha)

Sin embargo, existen dominios fuera del entretenimiento en los que el uso de TUIs son esenciales en su trabajo diario. Uno de esos dominios es el ámbito educativo y, particularmente, la enseñanza a personas con algún tipo de discapacidad. éstas personas con discapacidad muchas veces no pueden usar el teclado y el ratón que son la TUIs que los usuarios utilizan para controlar servicios digitales. En esta tesis se busca explorar el espacio de diseño del cómputo tangible, enfocándose específicamente en apoyar a niños con autismo, y las discapacidades cognitivas que este trastorno implica.

Las discapacidades cognitivas específicas asociadas con el autismo lo hacen un candidato ideal para la exploración de TUIs, ya que el niño con autismo es hipersensible al estímulo sensorial, sea táctil, visual o auditivo. El Cómputo Tangible plantea la posibilidad de aprovechar esta hipersensibilidad y canalizarla a través de una serie de objetos aumentados que le resulten familiares al niño y que enriquezcan su interacción y su experiencia de aprendizaje.

I.2. Autismo

El autismo es una discapacidad permanente del desarrollo que se manifiesta en los tres primeros años de edad, y se deriva de un trastorno neurológico que afecta el funcionamiento del cerebro, y se caracteriza por deficiencias en la interacción social, problemas en la comunicación verbal y no verbal, y patrones de comportamiento, intereses y actividades restringidos y repetitivos [9].

Los síntomas pueden abarcar dificultades de aprendizaje en diferentes grados, que van desde alta a baja funcionalidad. Las intervenciones de apoyo a individuos con autismo generalmente inician a muy temprana edad, en cuanto se hace el diagnóstico, y con frecuencia incluye el uso de una gran variedad de *herramientas visuales* (i.e., -tarjetas laminadas con texto e imágenes, (Figura 2) [10]. Estas *herramientas visuales* utilizan palabras, imágenes, y objetos tangibles para representar conceptos abstractos y concretos del mundo real.



Figura 2. Herramientas visuales en apoyo al aprendizaje

El trabajo de investigación acerca del uso de estas herramientas visuales en apoyo a niños con autismo demuestra, que estas herramientas reducen los problemas asociados con la discapacidad cognitiva, social y de comunicación [11].

Como subraya Hayes [12], estos apoyos basados en imágenes pierden algunos de los beneficios de los artefactos tangibles. Este trabajo explora cómo el cómputo tangible habilitados con sensores y tecnologías de captura ubicua, pueden apoyar a que los niños con autismo obtengan los beneficios de ambos artefactos tangibles y el soporte visual.

Actualmente, tecnologías de punta como las TUI están ampliando las posibilidades para apoyar y expandir las estrategias pedagógicas. Los objetos tangibles buscan aprovechar las lecciones aprendidas de los manipulativos educativos [13] (i.e., -la cognición embebida en el cuerpo³) y el aprendizaje constructivista, a través de la experimentación de primera mano con tecnologías de cómputo embebido.

³ Por su traducción en inglés: Embodied cognition.

Durante las terapias ofrecidas a los niños, las maestras o terapeutas, tienden a mantener registro de las respuestas y/o comportamientos que realiza el niño, haciendo que la terapia sea más larga, ya que el registro suele ser muy lento [14]. Existen proyectos como Abaris [14], el cual su objetivo es mejorar la práctica de registro por medio de dispositivos ubicuos: micrófono, cámara web y lápiz digital Anoto (que ofrece una colección de posiciones y fecha y hora de todos los tiempos, preservando al mismo tiempo la flexibilidad inherente a la escritura), permitiendo a los terapeutas pasar menos tiempo en los registros y más tiempo en las terapias [14]. Sin embargo alguno de los problemas encontrados durante el uso de Abaris, fue la distracción que tenían los niños con el micrófono que utilizaba la terapeuta durante la sesión [14].

I.3. Planteamiento del Problema

El autismo es un trastorno neurológico que afecta el lenguaje, aprendizaje, socialización y conducta [9]. El autismo como trastorno implica grandes retos para el desarrollo cognitivo del niño, y para ello existen instituciones dedicadas a elevar el desempeño cognitivo del niño, y a proporcionarle una mejor calidad de vida, mediante diversas técnicas y prácticas (i.e., terapia neurosensorial [15], terapia conductual [16]). Sin embargo, la enseñanza a niños con este padecimiento representa una serie de problemas concretos para los terapeutas dedicados a dicha tarea.

Las prácticas y técnicas mencionadas anteriormente, implican el uso de diversos objetos para lograr sus objetivos, entre esos objetos podemos contar figuras didácticas, tarjetas con imágenes, juguetes, entre otros.

La diversidad de objetos, prácticas y técnicas existentes, buscan ayudar a la maestra a contar con más herramientas de apoyo para que el niño con autismo pueda mejorar sus habilidades cognitivas (i.e, entrenamiento de discriminación de objetos).

El entrenamiento de discriminación de objetos es de primera importancia para ayudar a los niños con autismo a fortalecer su aprendizaje cognitivo [17]. Enseñar habilidades de discriminación a niños con autismo es una tarea estresante y que consume tiempo, ya que el autismo está asociado con impedimentos en la atención, el procesamiento

de información y la memoria [18]. Además, los maestros necesitan mantener un registro detallado de los logros y comportamiento de sus estudiantes para monitorear su progreso. Puesto que los maestros registran esta información de forma manual, generalmente es impreciso para hacer evaluaciones y el progreso es impredecible [19]. Las maestras pasan una cantidad considerable de tiempo manteniendo a los niños "en la tarea" al darles órdenes y recompensas, y llevando, además, un registro detallado del progreso de los estudiantes durante el entrenamiento de discriminación de objetos.

La mayoría de las herramientas disponibles utilizadas durante el entrenamiento de discriminación de objetos incluyen objetos reales y apoyos visuales basados en papel (por ejemplo, aquellas cosas que vemos que mejoran el proceso de comunicación [20]) que, junto con las peticiones de las maestras, ayudan a los estudiantes a emparejar un objeto real con su apoyo visual correspondiente. Los apoyos visuales basados en papel (Figura 2), sin embargo, difícilmente ofrecen interactividad y su 'aspecto caricaturesco' escasamente representa algún realismo. Los niños con autismo con frecuencia se encuentran confundidos y desapegados en la terapia.

Las intervenciones tecnológicas que proporcionan apoyo visual interactivo (e.g., vSked [21], MOSOCO [22], ver capítulo II) ayudan a los maestros a mantener a los estudiantes "en la tarea" [21]. Sin embargo, estas herramientas siguen careciendo del realismo que poseen los objetos reales para ayudar a los estudiantes a generalizar a partir del salón de clases y hacia otros ambientes. Por lo tanto, es necesario un nuevo tipo de apoyo visual interactivo capaz de aumentar la forma física de un objeto tradicional con información interactiva y digital, para combinar los beneficios del apoyo digital y físico.

Este trabajo busca explorar cómo es posible hacer que dichos objetos promuevan el involucramiento del niño con autismo durante sus terapias, y a la vez faciliten la tarea tediosa de registro de información realizadas por las maestras, combinando los beneficios del soporte físico y el soporte digital que tanto las maestras como los niños utilizan durante sus terapias, y contribuirá al mejor desempeño cognitivo del niño.

Pensando en aprovechar esos objetos y la familiaridad del niño con ellos, se plantea la posibilidad de aumentar dichos objetos con capacidades de cómputo. Un objeto

aumentado es un objeto común, que ha sido dotado con funcionalidades adicionales a través de cómputo integrado o sistemas de software [8]

Para ello se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué características de diseño deben tener los objetos aumentados para apoyar a los cuidadores en la ejecución de las terapias cognitivas de niños con autismo?
- ¿Cuáles son los problemas y estrategias enfrentados por los cuidadores durante las terapias cognitivas de niños con autismo?
- ¿Qué capacidades computacionales debe de tener un objeto aumentado para apoyar a las terapias de un niño con autismo?
- ¿Cuál es la experiencia de uso y el impacto de los objetos aumentados en apoyo al registro de información y comportamiento durante las terapias cognitivas de niños con autismo?

I.4. Objetivos

Con la finalidad de resolver estas preguntas de investigación se plantean los siguientes objetivos.

I.4.1. Objetivo General

Diseñar, implementar y evaluar objetos aumentados en apoyo a los cuidadores de niños con autismo de baja funcionalidad durante la ejecución de terapias cognitivas.

I.4.2. Objetivos Específicos

1. Identificar oportunidades de diseño de nuevos objetos aumentados Entender la dinámica seguida en las terapias a niños con autismo, e identificar los problemas que se dan durante dichas terapias.
2. Identificar las estrategias utilizadas por los cuidadores para la resolución de dichos problemas durante las terapias a niños con autismo.
3. Determinar los servicios computacionales que debe incorporar un objeto aumentado para apoyar a las terapias a niños con autismo.
4. Determinar las complejidades asociadas al diseño e implementación de objetos aumentados que permitan el apoyo a las terapias a niños con autismo.

5. Medir el impacto, en términos de precisión en el registro de actividades, monitoreo de cada sesión y esfuerzo dedicado a ofrecer ayudas y recompensas, que tiene el uso de objetos aumentados en apoyo a las terapias a niños con autismo.

I.5. Metodología

A partir de los objetivos específicos, se seleccionó una metodología centrada en el usuario que reúne características de estudios anteriores con objetivos similares (Figura 3).

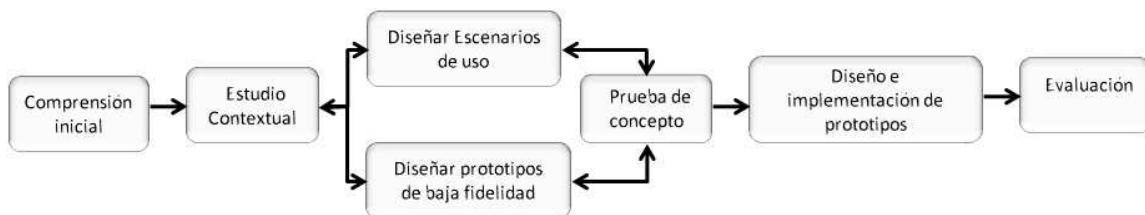


Figura 3. Metodología de Investigación

I.5.1. Comprensión inicial

Primeramente, se llevó a cabo una revisión de la literatura que permitiera explorar de qué forma se ha utilizado el cómputo tangible como apoyo a terapias cognitivas o de otro tipo, como apoyo en actividades de aprendizaje, dentro y fuera de alguna terapia, y como apoyo a niños con autismo. Además se revisaron las implementaciones actuales de objetos aumentados (ver Capítulo II).

I.5.2. Estudio contextual

Para complementar la comprensión inicial mediante la revisión de literatura, se realizó un estudio contextual para entender las problemáticas enfrentadas por los cuidadores durante la ejecución de las terapias cognitivas. Durante esta etapa se utilizaron técnicas formativas de diseño y análisis cualitativo incluyendo: sesiones de interpretación para diseño rápido contextual, entrevistas semi-estructuradas, notas, fotografías y observación no participativa. Dichas técnicas nos ayudaron a comprender las problemáticas enfrentadas durante la ejecución de las terapias (ver Capítulo III).

I.5.3. Diseño

En esta etapa se desarrollaron diferentes prototipos de baja fidelidad y escenarios de uso (ver Capítulo IV).

Diseñar escenarios de uso

Se realizaron escenarios de uso para que el usuario pudiera entender la utilización de la tecnología, aplicada en una terapia cognitiva específica (e.g., discriminación de objetos).

Diseñar prototipos de baja fidelidad

Durante la fase de diseño se realizaron prototipos de baja fidelidad para que las maestras de la institución pudieran manipularlos, tener una experiencia parcial del producto final, y proporcionar retroalimentación sobre dichos prototipos. Dicha retroalimentación permitió realizar varias iteraciones de diseño y validación de prototipos.

Prueba de concepto

A partir de los escenarios de uso y los prototipos de baja fidelidad, fue posible producir diferentes pruebas de concepto, también de modo iterativo. La última prueba de concepto producida sirvió como insumo para un grupo focal en el que participaron los cuidadores de la institución.

I.5.4. Diseño e implementación de prototipos

El grupo focal arrojó una serie de criterios y sugerencias que dieron forma a un diseño detallado final, cuya implementación integró las necesidades que se observaron durante el estudio contextual, y las solicitudes y sugerencias hechas por los cuidadores a lo largo del estudio contextual y las sesiones de diseño.

I.5.5. Evaluación

Durante esta fase realizamos una evaluación en sitio mediante un estudio cualitativo durante 7 semanas. Para dicha evaluación se realizaron entrevistas semi-estructuradas, observación no participativa, y grupos focales. Se aplicaron técnicas de análisis cualitativo a los resultados obtenidos (ver Capítulo V).

I.6. Estructura de la tesis

Esta tesis consta de seis capítulos, descritos brevemente a continuación.

El Capítulo II presenta el estado del arte en lo referente a cómputo tangible, especialmente en objetos aumentados, y autismo. Se evalúan y discuten diversos trabajos relacionados y su relevancia para los objetivos de esta tesis.

El Capítulo III presenta el estudio contextual y los resultados de las entrevistas y observación. En este capítulo se discuten las problemáticas que las maestras enfrentan durante la ejecución de las terapias cognitivas en niños con autismo de baja funcionalidad, y escenarios en los cuales los objetos aumentados pudiesen apoyar a los cuidadores a enfrentar las problemática que se identificaron.

El Capítulo IV presenta el proceso de diseño e implementación de prototipos para objetos aumentados, T3 (Things That Think). Se describe la arquitectura del prototipo, la forma en que se obtuvo la información a desplegar, los dispositivos utilizados para la implementación, y el funcionamiento general del objeto aumentado.

Una vez finalizado el proceso de implementación, se procede a la evaluación del prototipo, presentada en el Capítulo V. Ahí se explica la forma en que se realizó la evaluación, se describen los participantes y los recursos utilizados para obtener dicha información; luego se discuten los resultados obtenidos.

Por último, el Capítulo VI describe las conclusiones obtenidas, las aportaciones hechas y posibles áreas de trabajo futuro.

Capítulo II Estado del Arte

II.1. Introducción

En este capítulo se presentan los conceptos del trabajo relacionado y las interfaces tangibles de usuario en los cuales se basa este proyecto de tesis. En este capítulo, además se definen los conceptos básicos necesarios para entender esta tesis, y el espacio de diseño explorado hasta el momento. Primeramente se proporciona una introducción al concepto de las Interfaces tangibles de usuario (TUIs), se mencionan las áreas de investigación relacionadas y los tipos que existen, con el fin de que el lector conozca las diferentes áreas, posteriormente se describen algunos proyectos que se abocaron al diseño e implementación de objetos aumentados y TUIs, y finalmente se describe el trabajo previo en el área de interés para conocer los proyectos más significativos reportados en la literatura, que son interfaces tangibles de niños con autismo.

II.2. Cómputo Tangible

El término Cómputo Tangible abarca una serie de conceptos cuya base común es la idea de integrar el cómputo el mundo digital y el mundo físico [4]. El cómputo tangible tiene sus orígenes en el área de cómputo ubicuo [4], a partir de las siguientes tres tendencias:

1. Muchos dispositivos especializados e interconectados en el ambiente
2. Aumentar el mundo cotidiano de modo que pueda reaccionar al usuario
3. Habilitar la interacción del usuario a través de la manipulación de objetos físicos

Dichas tendencias tienen los siguientes rasgos comunes:

1. El control e interacción de la tecnología es descentralizado, es decir, hay una interacción coordinada entre diferentes objetos y dispositivos de entrada.
2. No hay interacción modal ni se asume o requiere alguna secuencia en el orden de las acciones
3. Se hace uso explícito de ‘affordances’ en el diseño de objetos de interface que indican a los usuarios las interacciones posibles a través de ellos [4].

El término *Cómputo Tangible* enfatiza la manifestación material de la interface y el embeber el cómputo en el ambiente. Las Interfaces Tangibles difieren de los demás enfoques al hacer evidente que las representaciones son artefactos por derecho propio, de manera que el usuario puede actuar directamente sobre ellos levantándolos, reacomodándolos y manipulándolos [4].

II.2.1. Interfaces tangibles de usuario (TUIs)

En su artículo original, Ishii y Ullmer [7] definen las interfaces tangibles de usuario como aquéllas interfaces que "*aumentan el mundo físico real al acoplar información digital a objetos físicos y entornos cotidianos*". Acotan esa definición en su trabajo posterior [8], definiendo las interfaces tangibles como aquéllas que, además de otras restricciones, eliminan la distinción entre dispositivos de entrada y dispositivos de salida [5].

1. Algunos eventos de entrada ocurren. Estos eventos de entrada típicamente son una manipulación física (sacudir, inclinar, exprimir y empujar o, con mayor frecuencia, trasladarlo) que un usuario realiza con sus manos sobre algún "objeto físico cotidiano".
2. Un sistema de cómputo detecta un evento de entrada y altera su estado.
3. El sistema provee retroalimentación. Este evento de salida se manifiesta como un cambio visible en la naturaleza física del objeto - altera su superficie de despliegue, crece o se encoge, hace algún sonido, proporciona retroalimentación háptica, etc.

Áreas de investigación relacionadas con TUIs

A partir de la gran variedad de enfoques actuales respecto de las interfaces de usuario, se han dado influencias y combinaciones con otros dispositivos ubicuos (e.g., como el caso de las pantallas ambientales), que fueron concebidas originalmente como parte de la visión de *Tangible Bits* [7]. A continuación, se muestran otras áreas de investigación relacionadas con TUIs:

Realidad Aumentada Tangible

Las interfaces de *Realidad Aumentada Tangible* combinan entradas tangibles con una pantalla o salida de realidad aumentada (Figura 4a). Los objetos virtuales están 'unidos' a objetos físicos que el usuario manipula. Una visualización en 3D de los objetos virtuales

es sobrepuesta sobre algo físico manipulable que es etiquetado con un marcador visual (detectable con visión por computadora). Las imágenes digitales se vuelven visibles a través de la pantalla, generalmente a través de gafas traslúcidas, un lente o un espejo aumentado. Una pantalla típicamente muestra una imagen de video donde las imágenes digitales están insertadas en la misma ubicación y orientación tridimensional que el marcador visual. Entre los ejemplos de este enfoque se encuentran los libros aumentados [23,24] y los mosaicos tangibles [25].

Interacción tangible sobre mesas

La interacción tangible sobre mesas combina técnicas y tecnologías de superficies interactivas multicontacto e Interfaces tangibles de usuario (Figura 4b). Muchas interfaces tangibles usan una superficie de mesa como base para la interacción, haciendo que la superficie funcione como monitor y sensor de movimiento al mismo tiempo. Con los avances en superficies interactivas y multicontacto la terminología se ha vuelto más específica, refiriéndose a la interacción sobre mesas, principalmente a aquella que implica contacto de las manos o alguna pluma digital [5]. Pero simultáneamente, los estudios dentro del área de investigación de superficies interactivas gradualmente investigan tecnologías combinadas [26], utilizando típicamente unos pocos dispositivos tangibles de entrada sobre una mesa multicontacto. Entre los ejemplos de este enfoque se encuentran reactIVi-sion [27] que permiten una mezcla de entrada tangible y multi-touch, y reacTable [27], una herramienta para intérpretes de música.

Pantallas Ambientales

Las pantallas ambientales fueron originalmente parte de la visión de Tangible Bits de Ishii [7], pero pronto se volvieron en un área independiente de investigación, basándose muchas pantallas ambientales en representaciones puramente gráficas sobre monitores y pantallas de pared (Figura 4c).

Greenberg y Fitchett [28] describen una gama de proyectos de estudiantes que utilizan phidgets para construir dispositivos con conciencia física, por ejemplo, una flor que florece para indicar la presencia de una colega de trabajo.

Interfaces de Usuario embebidas en el cuerpo

La idea de interfaces de usuario embebidas en el cuerpo [29, 30] reconocen que el cómputo está siendo embebido y embebidas en el cuerpo en dispositivos físicos (dispositivos que están integrados con su contenido digital). La interacción manual con un dispositivo puede por lo tanto volverse una parte integral de usar un dispositivo integrado físico-virtual, usando su cuerpo como parte de la interface (Figura 4d).

El embebido directo en el cuerpo de funcionalidad de cómputo puede ser considerada un tipo especializado de interface tangible donde solo hay un objeto físico de entrada (que puede tener diferentes partes manipulables).



Figura 4. Áreas de investigación relacionadas con TUIs. (a) Realidad Aumentada Tangible. (b) Interacción Tangible sobre Mesas. (c) Pantallas Ambientales. (d) Interfaces de Usuario embebido en el cuerpo, dispositivos físicos que están integrados con su contenido digital.

II.2.2. Tipos de TUIs

Ullmer et al. [31] identifican varios enfoques dominantes o tipos de TUIS:

Superficies interactivas. Con frecuencia, los objetos tangibles se colocan y manipulan en superficies planas. O bien la disposición espacial de los objetos y / o sus relaciones (e.g., el orden de colocación) puede ser interpretadas por el sistema. (e.g., superficies interactivas: Urp [32]).

Urp [32] (Figura 5), es una TUI para planeación urbana que permite a los usuarios manipular colaborativamente una serie de modelos físicos de edificios y herramientas sobre una superficie, para hacer análisis de sombras, cercanías, reflejos, viento, y espacio visual. Mientras los usuarios colocan y manipulan modelos de edificios sobre la superficie, la interface sobrepone información digital en la superficie, activando, y actualizando varias simulaciones. Además de modelos físicos de edificios, Urp también proporciona herramientas físicas para manipular condiciones ambientales como hora del día y dirección del viento. Al permitir la interacción colaborativa de los usuarios con objetos físicos, Urp

proporciona una forma intuitiva de interactuar con simulaciones computacionales complejas.

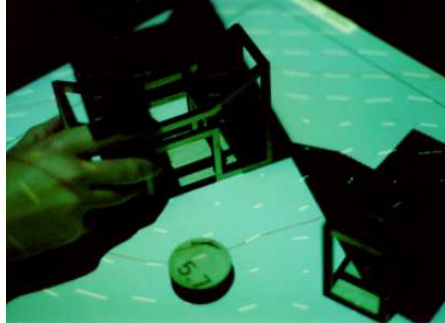


Figura 5. Urp. TUI para una planificación urbana que combina modelos físicos con simulación interactiva. Las proyecciones muestran el flujo del viento, y una sonda de viento (el objeto circular) se utiliza para investigar la velocidad del viento.

Ensamblaje de Construcción. Elementos modulares y conectables se unen uno al otro de manera similar a los kits de construcción físicos. Tanto la organización espacial como el orden de las acciones pueden ser interpretados por el sistema (e.g., kits “inteligentes de modelado en 3D” por Aish [33] y Frazer Frazer y [34], o como, BlockJam [35] y Topobo [36]).

Los sistemas Token + Restricciones combinan dos tipos de objetos físicos digitales. Las restricciones proporcionan una estructura (e.g., pilas, ranuras, bastidores) que limitan la posición y el movimiento de fichas mecánicamente, y pueden ayudar al usuario a proporcionar una guía táctil. Las restricciones pueden expresar y hacer cumplir la sintaxis de la interacción. Ejemplos típicos de este tipo de TUI es el contestador automático de Marble [37] y la máquina de ranura [38].

II.2.3. Diseño de TUI

Terrenghi enumera varios atributos esenciales que se deben de considerar durante el diseño de las TUIs [39]:

- Permitir la manipulación tridimensional (si es posible), habilitando diferentes tipos de acciones y retroalimentación de dichas acciones.
- Continuidad de acción y riqueza del vocabulario de manipulación en la entrada, como algo distinto de acciones discretas o gestos permitidos por el mouse o el teclado.

- Mapeo espacial directo entre la entrada y la salida de manera que una acción produzca retroalimentación en el punto donde se recibió la entrada.
- Retroalimentación enriquecida y multimodal (no limitada a retroalimentación visual o auditiva), tal como es posible en el mundo físico.
- Limitantes físicas, que moldean los modelos mentales del usuario respecto de las manipulaciones posibles con un artefacto.

Del mismo modo, Shaer et al. Presenta aspectos esenciales de las TUIs [40]:

- Comportamientos múltiples: cuando se especifique el comportamiento de un objeto físico, debe tomarse en cuenta el impacto mutuo de objetos físicos.
- Acciones múltiples: en contraste con las GUIs donde hay seis tareas fundamentales de interacción (cf. [41]), en el espacio tridimensional hay numerosas actividades que pueden ejecutarse con, o sobre, un objeto físico (e.g., torcerlo, doblarlo, arrojarlo, frotarlo, empujarlo, golpearlo, etc.). El diseñador es responsable de seleccionar y definir las acciones significativas.
- No hay un mecanismo estándar de entrada o salida: por ejemplo, medir el movimiento de un objeto puede implementarse usando sensores de magnetismo, RFID o visión por computadora.
- Interacción continua: las TUIs soportan una combinación de interacciones discretas y continuas. Cuando los usuarios interactúan continuamente con los objetos físicos, perciben que sus movimientos son mapeados directamente a cambios en la información digital. Sin embargo, los actuales modelos basados en eventos para diseñar sistemas interactivos fallan al no capturar explícitamente la interacción continua (cf. [42]). Por lo tanto, los desarrolladores de software para las TUIs generalmente deben lidiar con la interacción usando enfoques ad-hoc y de bajo nivel.
- Interacción Distribuida: en una interface tangible no hay un solo punto de interacción, puesto que muchos usuarios pueden interactuar simultáneamente con muchos objetos físicos (también cf. [43], [44]). Además, el mismo acto en una interacción dada podría distribuirse a través de muchos objetos físicos. Los modelos actuales para diseñar sistemas interactivos generalmente manejan varios dispositivos de entrada al serializar toda la entrada en un sólo caudal común. Sin embargo, en las TUIs este método es

menos apropiado, ya que la entrada es lógica. A pesar de los requerimientos más orientados al diseño, es esencial recordar que las TUIs aún son una forma de HCI y que "muchas de la estructura de esta interacción deriva de la tecnología" [45].

II.2.4. Implementación de TUIs

TUIs para Aprendizaje

Un gran número de TUIs pueden clasificarse como herramientas o entornos de aprendizaje asistidos por computadora. Varios factores contribuyen a esto.

Primero, tanto investigadores de aprendizaje como diseñadores de juguetes siguen la estrategia de aumentar los juguetes para aumentar su funcionalidad y atractivo.

Segundo, los entornos físicos de aprendizajes involucran a todos los sentidos y por tanto apoyan el desarrollo general del niño [5]. Haciendo referencia a Bruner y Piaget, la investigación y teoría del aprendizaje enfatiza el papel de la corporeización, el movimiento físico, y la interacción multimodal (cf. [46,47]). Además, los estudios han mostrado que la gesticulación asiste a los procesos de pensamiento y aprendizaje [48].



Figura 6. OnObject

Por ejemplo OnObject [49] es un dispositivo pequeño en forma de anillo, que programa etiquetas por medio de gestos realizados con el mismo; puede ser aplicado para el aprendizaje de conceptos, y para grabar y contar historias (Figura 6).

OnObject emplea un lector de RFID de rango corto de 13.56MHz para reconocer objetos etiquetados que el usuario esté sosteniendo en su mano, y un acelerómetro de tres ejes para reconocer los movimientos gestuales que un usuario hace con un objeto etiquetado en la mano. El dispositivo después envía la etiqueta RFID y los datos del acelerómetro a una computadora cercana, donde el identificador de la etiqueta, el

identificador del movimiento gestual y el botón de estatus son utilizados para varias aplicaciones. Además de reconocer el tomar un objeto etiquetado y el soltarlo, se desarrolló un identificador de gestos para detectar los gestos de sacudir, balancear, empujar, golpear, y la identificación de movimientos circulares con una combinación de árboles de decisión y un modelo oculto de Markov. Para una etiqueta dada, el usuario puede programar la salida deseada para cada disparador de gesto a través de una demostración. Por ejemplo, para programar una letra M de madera para decir "Mono" cuando sea sacudida, el usuario primero debe adherir una etiqueta RFID a la letra, tomarla por la etiqueta y demostrar el gesto de sacudir, que produce retroalimentación sonora predefinida. Después de eso oprime el botón sobre el dispositivo y graba su propia voz diciendo "chango", sobre-escribiendo el sonido predefinido para el gesto de sacudir.

Los Digital Manipulatives [50,51] son TUIs basadas en juguetes educativos como sets de construcción, bloques de construcción, y materiales Montessori⁴. Son versiones computacionalmente mejoradas de objetos que permiten a los niños explorar conceptos que implican procesos temporales y cómputo.

Resolución de Problemas y Planeación

Hay tres aspectos de TUIs que se han demostrado efectivos para la resolución de problemas: 1) actos epistémicos, 2) limitantes físicas, y 3) representaciones tangibles de un problema. Los actos epistémicos [52] son manipulaciones de artefactos que buscan comprender mejor el contexto de una tarea. Se ha demostrado que estos actos facilitan el trabajo mental [52].

Las TUIs soportan una amplia gama de actos epistémicos que van desde la rotación de objetos en el espacio hasta su acomodo en una superficie. Las limitantes físicas pueden aprovechar los "affordances" físicos para comunicar una sintaxis de interacción, y para limitar el espacio de solución. Finalmente, la representación tangible es más atractiva en dominios de aplicación geométrica o espacial tales como planeación urbana y arquitectura donde la distribución y manipulación física de objetos tiene una correspondencia directa con el problema representado. Se ha demostrado que el uso de las TUIs puede apoyar la

⁴ Herramienta que ayudan al desarrollo mental del niño y a su autoconstrucción[78]

cognición espacial de los diseñadores, reducir la carga cognitiva, y promover una mayor inmersión creativa en el problema [53]. Sin embargo, muchos estudios también han demostrado los beneficios de la interacción tangible con tareas abstractas de información [54,55].

Visualización de información

Al ofrecer una representación enriquecida y multimodal, y permitir la interacción con dos manos, las interfaces tangibles de usuario tienen el potencial para mejorar la interacción con visualizaciones. Muchos sistemas ilustran el uso de técnicas de interacción tangible para explorar y manipular visualizaciones de información.

Un ejemplo es Ullmer et al. [31] que desarrolló dos prototipos de interfaces tangibles de consulta que utilizan etiquetas físicas para representar parámetros de la base de datos (Figura 7) se muestra como las ruedas representan parámetros de consulta. Cuando se colocan dentro de la superficie de consulta, la distancia entre las ruedas determina las relaciones lógicas entre los parámetros de consulta. En la imagen (Figura 7), el usuario construye una consulta con tres parámetros, aplicando un operador AND a las dos ruedas (parámetros) en la izquierda que está cercano, un operador OR se aplica a la tercera rueda (parámetro) en la derecha.

Estas etiquetas son manipuladas a través de limitantes físicas como pistas y huecos, los cuáles mapean la composición de etiquetas en interpretaciones posibles que incluyen consultas, vistas, y operaciones booleanas con la base de datos. Este enfoque fue evaluado y se demostró factible para construir consultas simples a la base de datos, sin embargo, la evaluación no mostró ninguna ventaja en términos de desempeño respecto de una interface gráfica tradicional.

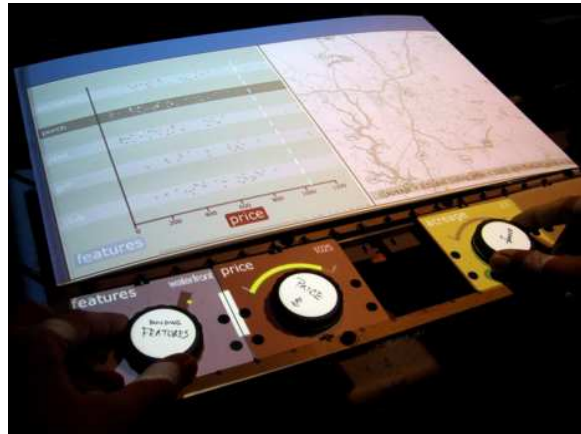


Figura 7. Interfaces Tangibles de Consulta, TUI para consultar bases de datos relacionales.

Programación Tangible

El concepto de programación tangible, el uso de técnicas de interacción tangible para construir programas de computadora se ha venido dando desde hace casi tres décadas, con la interface Radia Perlman's Slot Machine [38].

Muchos sistemas tangibles de programación utilizan limitantes físicas para formar una sintaxis física que se adhiere a la sintaxis del lenguaje de programación. Por ejemplo, Tern [56] () consiste en una colección de bloques moldeados como piezas de rompecabezas, donde cada pieza representa un comando (e.g., repetir) o una variable (e.g., 2). La forma física de las piezas de Tern determina qué tipo de bloques (comandos o variables), y cuántos bloques pueden conectarse a cada pieza. Fernaeus y Tholander [57] desarrollaron un enfoque distintivo a la programación tangible que permite a los niños programar sus propios juegos de simulación, sentados en un tapete, frente a un proyector. En vez de representar un programa entero a través de artefactos tangibles, un lector de RFID tiene que colocarse en el tapete (que corresponde espacialmente a la rejilla), y cualquier tarjeta nueva de programación, representando objetos o comportamientos, se agrega al lector. Este enfoque puede caracterizarse por una dependencia temporal y ligera entre lo físico y la pantalla, pero se descubrió que permite desarrollar programas más complejos.

Es importante notar que muchos sistemas tangibles de programación fueron diseñados para enseñar a través del juego libre y la exploración, y por lo tanto, son

percibidos como que tienen cierto valor de entretenimiento. Esta percepción puede ser uno de los factores que contribuyen a la amplia aceptación y popularidad del enfoque de programación tangible [5]



Figura 8. Tern es un lenguaje tangible de computación diseñado para niños en entornos educativos.

Entretenimiento, Juego y Edutainment

Los juguetes relacionados con TUI, el entretenimiento y el edutainment⁵ relacionado con las TUIs son áreas de aplicación que se traslapan. El Nintendo Wii⁶ es probablemente el mejor ejemplo de un dispositivo tangible en entretenimiento, y su éxito comercial demuestra el mercado potencial para los sistemas relaciones con TUI. Pero no debemos pasar por alto otros ejemplos que se apegan más fielmente a la definición de TUI. Muchos juguetes educativos modernos emplean los principios de entrada física, representación tangible, y el aumento digital. Por ejemplo, Neurosmith comercializa MusicBlocks, que permiten a los niños crear secuencias musicales al insertar bloques de colores en el cuerpo del juguete, variando y combinando los elementos básicos, y SonicTiles, que permite a los niños jugar con el alfabeto [5].

Recordatorios tangibles y etiquetas

Los objetos tangibles se prestan para ser etiquetados de manera que el usuario utilice el objeto tangible para obtener información digital o invocar funciones. Tiende a requerir interacciones explícitas, como colocar un objeto particular cerca de un lector. Holmquist et al. [58] explora el uso de marcadores físicos para almacenar y leer páginas web. Want et al [59] discuten el enlazar un libro físico con un documento electrónico o una tarjeta de presentación con una página personal web. Van den Hoven y Eggen [60] y Mugellini et al [61] investigan recordatorios tangibles que, al ser colocados sobre una superficie especial, traen a la pantalla una colección asociada de fotografías. Martinussen y

⁵ Acto de aprender a través de un medio que eduque y entretenga al mismo tiempo.

⁶ <http://www.nintendo.com/wii>

Arnall [62] muestran que hay un amplio conjunto de aplicaciones basadas en etiquetas digitales como llaveros RFID o juguetes con etiquetas RFID embebidas. Discuten y exploran el espacio de diseño de las etiquetas RFID embebidas en objetos físicos, tomando en cuenta problemas tales como el tamaño de las etiquetas, y la figura del campo emitido.

II.2.5. TUIs en Autismo

Existen varias investigaciones donde se ha mostrado la aplicación de las TUIS en apoyo a los niños con autismo. Cada una de las aplicaciones tiene como objetivo resolver ciertas problemáticas particulares de los niños con autismo o de sus maestros.

vSked [21], es un sistema de programación visual interactiva y de colaboración para las aulas de autismo. vSked proporciona interfaces para crear, facilitar, y ver el progreso de las actividades de clase en torno a un horario visual interactivo. El sistema incluye tres interfaces: una gran pantalla táctil visible por toda la clase, donde el alumno ve sus actividades y la de sus compañeros, un “display” personal centrado en el docente, para el control administrativo y un dispositivo de pantalla táctil portátil para cada alumno, donde le muestra la actividad que debe realizar, el estudiante puede elegir el premio por el que va a trabajar (e.g., dulces, jugar en el patio) (Figura 9).



Figura 9. vSked, (a) Estudiante se sienta en su escritorio durante el tiempo de trabajo individual (b) La pantalla grande indica quien trabaja.(c) Dispositivo muestra al estudiante primera actividad del día y las opciones que puede tener como premio.

Uno de los desarrollos recientes, son las TUIs que apoyan el aprendizaje en niños con necesidades especiales [5]. Los sets digitales de construcción como Topobo [36] y

Lego Mindstorms TM se han vuelto gradualmente populares dentro de la educación robótica, específicamente para la educación con necesidades especiales [63].

Topobo habilita la construcción de criaturas robóticas usando partes (Figura 10), donde pueden programarse individualmente el movimiento de articulaciones especiales a través de una demostración. Topobo ha demostrado que puede incrementar la experimentación kinestésica⁷ y fluida, también restringe las oportunidades para el aislamiento ayudando a facilitar una representación externa de un proceso cognitivo interno en los niños con autismo. [64]



Figura 10. Topobo, consiste de partes móviles y conectables que son adheridas a una unión "activa" (la parte azul, ligeramente mayor) que puede registrar y reproducir los movimientos de las partes adheridas.

Mosoco [22] es un sistema de realidad aumentada que facilita la práctica de las habilidades sociales en situaciones reales, al guiar a los estudiantes a través de las seis habilidades sociales fundamentales del programa *Social Compass* (contacto visual, espacio y proximidad, iniciar una interacción, hacer preguntas, compartir intereses y concluir una interacción). Mosoco ofrece a los niños con autismo características interactivas para motivarlos a hacer contacto visual, mantener los límites espaciales adecuados, responder a otros en una conversación, compartir intereses con sus compañeros, desligarse adecuadamente al final de una interacción e identificar posibles interlocutores. Mosoco se ejecuta sobre un teléfono inteligente android conectado de forma inalámbrica a un servidor. Mosoco utiliza la cámara fotográfica del teléfono inteligente para aumentar una situación

⁷ Está relacionada con el aprendizaje mediante la realización de movimientos, la manipulación de objetos, movimientos corporales, deportes de movimiento competitivos y colaborativos, teatro y representación de papeles, invención o construcción de un modelo o diseño.

social de la vida real con apoyo visual-- imitando el programa *Social Compass* que aumenta narrativas sociales con apoyos visuales basados en papel.

Sin embargo este tipo de interfaces mencionadas requieren de algunas habilidades más desarrolladas, al pedirles que utilicen los dispositivos de una forma específica, se hace al entendimiento que los niños que las utilizan son niños con autismo con mayor capacidad cognitiva (i.e., uso de Vsked) y motriz (i.e, ensamble de piezas en Topobo o el uso se botones pequeños, como Mosoco).

Existen otro tipo de interfaces más básicas en su uso, como “Uncommon Sense” [65], el cual es un conjunto de juguetes interactivos sensoriales destinados a fomentar la interacción social entre los niños con autismo. Los juguetes tienen retroalimentación de audio, visual, y táctil, que puede ser provocada por las acciones del niño, el movimiento y la voz. Los juguetes de comportamiento de causa-efecto permiten que los niños participen en el juego cooperativo (Figura 11).



Figura 11. Uncommon sense, Niño compartiendo la música emitida por el juguete táctil con el investigador.

También existen algunas interfaces que buscaron mantener los mismos objetos que se utilizan (sin tecnología), integrando dispositivos electrónicos ocultos, con el fin de no cambiar la dinámica que se obtenía, como el Castillo Aumentado de Caballeros (AKC)[66], fue adaptado para que los niños con autismo pudieran configurar elementos programables. La configurabilidad es un factor determinante en el diseño para niños con autismo, permitiendo mayor control individual y un comportamiento más orientado a la sociabilidad.

Los objetos tangibles sugerían proporcionar una red de seguridad para motivar las interacciones sociales puesto que permiten un espectro más amplio de estilos de interacción (Figura 12).



Figura 12. Set para juego “The Augmented Knights Castle”

Otro sistema es D-táctil [67] es una máquina de tambor por medio de la cual el usuario manipula objetos físicos (etiquetados con marcadores) en una hoja de papel (el área interactiva), donde cada fila corresponde a un tipo de instrumento (Figura 13a). El objetivo es producir una composición de percusión, siendo los sonidos dependientes de los objetos en la superficie. Un bucle de cálculo ejecuta continuamente la lectura de cada fila de la zona interactiva (capturada por una cámara), y se reproduce un sonido para cada objeto identificado en esa fila.

Cubos Sifteo [67]: son bloques físicos con pantallas que se comunican entre sí, y ejecutan diferentes aplicaciones cuando los cubos se conectan de forma inalámbrica a una computadora. El usuario interactúa con los juegos en los cubos mediante la realización de varias acciones como presionar, la colocación de los cubos juntos, vibración, inclinación, etc, dependiendo de la aplicación (Figura 13b).



Figura 13. (a) D- táctil. (b) Cubos Sifteo

Alguno de los inconvenientes que se mencionan de D-táctil fue el tiempo de retardo que tenía la cámara, lo que causa que el desempeño cambie. Con los cubos sífiteo, siendo este un poco más atractivo por la pantalla se esperaban encontrar resultados diferentes, sin embargo la reproducción del sonido que daba la computadora, distraía a los estudiantes los cuáles perdían la concentración [67].

La mesa tangible interactiva (Figura 14 a), fue diseñada para ilustrar los conceptos básicos de la física de la luz, al proporcionar un ambiente en el que los niños manipulan un soplete y bloques de colores, todos etiquetados con marcadores, sobre una superficie interactiva que muestra los efectos digitales que ilustran la interacción de los rayos de luz con los objetos [67].

Un objeto aumentado con LEDs y un acelerómetro (Figura 14b), cuenta con un acelerómetro incorporado en el objeto que genera cambios en el color de LED según la orientación y el movimiento, proporcionando un interesante estudio de "posicionamiento" para los estudiantes [67].



Figura 14. (a) La mesa tangible interactiva. (b) Un objeto aumentado con Led y acelerómetro.

Se ha visto que dentro de las TUIS en apoyo a las personas con autismo o discapacidades cognitivas similares, los colores, sonidos y diferentes apoyos visuales, generan en el usuario una concentración, sin embargo no se ha encontrado apoyo que soporte a las maestras y/o cuidadores durante las terapias de niños con autismo integrando una herramienta de captura y que ayude a la maestra a realizar su trabajo más fácil.

II.3. Resumen

En este capítulo se presentaron los aspectos básicos para comprender el objetivo y la utilidad de las interfaces tangibles de usuario, los conceptos y los diferentes atributos y aspectos especiales deben ser considerados para poder diseñar dispositivos tangibles y evaluarlos. Finalmente se comentaron varios de los proyectos más representativos de esta tecnología, su área de aplicación y funcionamiento. A continuación se muestra una tabla donde se realiza una comparación entre algunos trabajos mostrados (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla comparativa de proyectos

Trabajo	Educativo	Población con discapacidades motrices	Población infantil	Enganche	Población con discapacidades cognitivas
reactTable [27]					
Urp [32]					
Topobo [36]					
OnObject [49]					
Ullmer[31]					
Tern[56]					
vSked [21]					
MOSOCO [22]					
Uncommon Sense [65]					
Castillo Aumentado de Caballeros [66]					
D-táctil [67]					
Cubos Sifteo [67]					
Mesa tangible interactiva[67]					
Objeto aumentado con led y acelerometro [67]					

Existen muchos trabajos en apoyo a algunas áreas de la educación, sin embargo podemos observar que falta apoyo a las maestras que apoyas a niños que cuentan con discapacidades cognitivas y motrices, proyectos como el de Abaris[14], nos muestra algunas de las problemáticas que tienen que enfrentar las maestras durante el proceso de enseñanza. Este proyecto de tesis busca explorar las problemáticas que enfrentan las maestras durante la ejecución de las diferentes terapias de niños con autismo y ofrecer un apoyo tecnológico para disminuirlas.

Capítulo III. Estudio Contextual

III.1. Introducción

En este capítulo se describen dos estudios contextuales que se realizaron en “Pasitos” Preescolar Especial, A. C. con el objetivo de entender las prácticas y problemáticas que enfrentan las maestras durante las terapias. “Pasitos” Preescolar Especial, A. C., es una institución que atiende a cerca de 60 niños con autismo divididos en 5 grupos. El objetivo del primer estudio fue el de Entender las prácticas cotidianas asociadas con el cuidado de niños con autismo, mientras que el objetivo del segundo estudio, fue para Entender las Terapias cognitivas. Durante los dos estudios se realizaron un total de 13 entrevistas semi-estructuradas, 75 horas de observación no participativa y un análisis cualitativo. Para cada uno de los estudios se describe la metodología del estudio, y la información que sirvió de base para diseñar escenarios de uso y prototipos de baja fidelidad de los objetos tangibles en apoyo a las terapias cognitivas.

III.2. Estudio1: Entendiendo las prácticas cotidianas asociadas con el cuidado de niños con autismo

El objetivo de este primer estudio fue entender las diferentes prácticas que las maestras realizan en el cuidado de niños con autismo, identificar qué materiales utilizan, qué problemas enfrentan durante la realización de sus actividades, y entender las diferentes estrategias que utilizan las maestras para solucionarlos.

III.2.1. Metodología

El estudio se realizó en la clínica Pasitos. Pasitos Preescolar Especial⁸, A. C. La clínica Pasitos se encuentra localizada en la ciudad de Tijuana, Baja California México, se encuentra operando desde el año de 1998. El objetivo principal de esta institución es atender a niños con autismo, buscando lograr su integración a la sociedad y mejorar su calidad de vida mediante la atención personalizada. La institución cuenta con un equipo interdisciplinario de psicólogos clínicos, infantiles y educativos además de terapeutas de

⁸ www.pasitos.org

lenguaje y neurólogos. Aparte de contar con un programa escolarizado, los estudiantes reciben terapias de lenguaje, conductuales y consultas médicas con neurólogos.

Con respecto a su infraestructura, Pasitos está compuesta de dos edificios de un piso, donde las áreas de enseñanza y terapia se localizan en el edificio más grande y las áreas administrativas en el edificio menor. El edificio de enseñanza se encuentra dividido por cinco salones de clases, tres cuartos chicos para realizar terapias individuales, área de cocina, salón general de usos múltiples, recepción, y el área de baños divididos por sexo. En Pasitos, más del 65% de la matrícula se encuentra becada y es una institución que es apoyada por donaciones.

III.2.1.1. Recolección de datos

Al inicio de esta fase, se realizó una junta en la que se les explicó a las maestras de la institución el interés de realizar el estudio, los procedimientos, beneficios y el procedimiento utilizado para su confidencialidad que se aplicaría en los datos obtenidos, al finalizar que deseamos obtener con ella y ofrecer a la institución, finalizando con una firma a un formato de consentimiento (Ver Apéndice D). Se realizaron 8 entrevistas semi-estructuradas a las maestras de la institución, las cuales fueron de carácter general, con las que se buscó entender las prácticas diarias de las maestras, identificar las terapias que imparten, los artefactos que utilizan durante las terapias, problemas que enfrentan durante un día típico. Para registrar las entrevistas se utilizó una grabadora de audio y se produjeron transcripciones de esas entrevistas, para su análisis posterior.

Para complementar las entrevistas generales, se hicieron 61 horas de observación no participativa de carácter general. Se grabaron en video y se tomaron notas y fotografías de las prácticas diarias de las maestras durante el trabajo terapéutico con cada uno de los 5 grupos que integran la institución (Tabla 2).

Tabla 2. Grupos observados en la institución durante el primer estudio

Grupo	Edades	Funcionalidad	Horas de observación
A	3 a 6	Baja	12.20 min
B	7 a 9	Baja	12.20 min
C	6 a 7	Baja	12.20 min
D	9 a 12	Baja	12.20 min
E	13 a 21	Baja	12.20 min

III.2.1.2. Características de los Informantes

Los roles identificados en el estudio incluyen maestras titulares, maestras auxiliares, maestras de servicio social y estudiantes con autismo (Figura 15).



Figura 15 . Maestra titular (izquierda) acomodando el material de trabajo para la terapia, mientras la maestra auxiliar (derecha) la apoya trabajando en el cuaderno con otro niño (a), Maestra titular realizando registro de terapia cognitiva (b). Maestra auxiliar (izquierda) trabajando en terapia del lenguaje, Maestra titular (derecha), llevando a un niño a trabajar en terapia cognitiva (c)

Maestras Titulares

Son las psicólogas directamente responsables de un grupo específico durante un ciclo escolar. Una de las actividades más importantes de la maestra titular es determinar los objetivos de cada niño y realizar un plan que determine las terapias que apoyarán este niño a cumplir con los objetivos específicos designados (e.g., contacto visual por más tiempo, discriminación del color azul, atarse las cintas).

Las maestras establecen los objetivos al inicio del ciclo escolar, y las terapias que impartirán en el grupo asignado. Son las responsables de las terapias y actividades realizadas dentro y fuera del aula, las maestras titulares tienen a su disposición como ayudantes, a maestras auxiliares y personas que prestan servicio social.

Maestras auxiliares

Son aquellas psicólogas, o pasantes de psicología, encargadas de apoyar a la maestra titular dentro del grupo; son asignadas a ese grupo durante el ciclo escolar y son capaces de desempeñar las mismas terapias que la maestra titular.

Maestras de Servicio Social

Son las personas encargadas de apoyar tanto a maestras titulares como auxiliares. Generalmente provienen de instituciones educativas o brindan su apoyo de manera altruista.

Su asignación a un grupo es temporal, y depende de factores como la disponibilidad de las maestras titulares y la cantidad de trabajo pendiente por grupo, entre otros.

Estudiantes con Autismo

Son niños diagnosticados con un trastorno del espectro autista [9], que implica diferentes niveles de discapacidad en el lenguaje, problemas de socialización, motrices, de conducta y de aprendizaje, entre otros.

III.2.1.3. Análisis de datos

Para la realización del análisis, se utilizaron técnicas de Análisis de Afinidad [68] como el diagrama de afinidad, que consiste en organizar una sesión de la interpretación individual, o de afinidad, con notas en una pared de tamaño, mostrando un diagrama jerárquico agrupando los datos en temas claves en las etiquetas que revelan las necesidades del cliente. La afinidad de muestra en un solo lugar los problemas comunes, temas y alcance de los problemas y necesidades del cliente. La afinidad actúa como la voz del cliente y de las cuestiones que revela ser la base de las necesidades del usuario [68]. Los datos obtenidos ayudaron a identificar las terapias y las actividades que se realizan en cada una de ellas, buscando tomar en cuenta las terapias con mayor uso de objetos físicos, al igual que los grupos con su mayor uso.

III.2.2. Resultados

Durante el estudio se identificaron diferentes roles que tenían los informantes, terapias, y características de los materiales que las maestras y estudiantes en Pasitos utilizan durante las actividades.

III.2.2.2. Terapias en apoyo a niños con autismo

A continuación se muestra las terapias identificadas durante el estudio, además de las actividades y materiales necesarios para cada terapia (Tabla 3).

Tabla 3. Terapias Impartidas en la Institución

Terapia	(objetivo o descripción)	Materiales
Lenguaje	En pasitos se utilizan dos tipos de terapia para el lenguaje: sistema de comunicación por intercambio de imágenes (PECS, por sus siglas en inglés Picture Exchange Communication System) y Tomatis.	Tarjetas laminadas con foto y nombre, audios.

	<ul style="list-style-type: none"> • PECS, es un sistema aumentativo y/o alternativo de comunicación que utiliza como modalidad comunicativa las imágenes [69]. • Tomatis es un programa de estimulación auditiva, actividades audio-vocales y orientación personalizada diseñado para maximizar los beneficios de escuchar mejor [15]. 	
Desarrollo Motriz	Se desarrollan actividades en apoyo a las discapacidades motrices finas y gruesas, (e.g., recortar por la línea punteada, patear una pelota).	Costales, triciclos, tijeras, cartón.
Socialización	Se realizan actividades que fomenten la socialización, (e.g., juegos en grupo).	Juegos de mesa, grabadora.
Auto Ayuda	Se desarrollan actividades que apoyan la independencia del niño, (e.g., abotonarse la camisa, lavado de dientes).	Camisas con botones y agujetas para práctica.
Sensorial	Se realizan actividades para incrementar su sensibilidad sensorial, (e.g., pasar objetos de diferentes materiales por su cuerpo).	Telas y materiales, suaves, ásperos.
Cognitiva	En esta terapia se realizan diferentes actividades para el proceso de obtención de conocimiento, (e.g., discriminación de colores, identificación de números).	Objetos físicos grandes y pequeños, largos y cortos, tarjetas.

III.2.2.3. Escenario de un día típico en Pasitos

Para ejemplificar, un día típico en las actividades de Pasitos a continuación se describe un escenario (Figura 16).

En el Grupo A, las maestras inician su día pasando lista a los alumnos que asistieron a clases. Terminando la asistencia, las maestras inician sus actividades en diferentes áreas asignadas en el aula. La maestra titular inicia trabajando con Autoayuda (Figura 16b), la maestra auxiliar inicia trabajando en la terapia cognitiva (Figura 16a) y la maestra de servicio social en la terapia de lenguaje (Figura 16c) Mientras las maestras se encuentran ocupadas realizando las actividades mencionadas, los niños que no realizan actividades trabajan en un área en común, con objetos de su agrado (e.g., rompecabezas, objetos de ensamble). Cuando una de las maestras termina la actividad, llama al siguiente niño que tenga asignado a esa actividad, mandando al niño con el que trabajo al área común, con un objeto para que siga trabajando. Durante las actividades, las maestras tienen problemas con los niños que no se encuentran realizando una actividad (e.g., se levantan de su lugar haciendo movimientos repetitivos, peleando con otros niños, entre otros).

Cuando llega la hora de que los niños coman, las maestras detienen las actividades y preparan las mesas para ese propósito. Una vez que terminan los niños su comida, las maestras retoman las actividades llevando a los niños de 2 en 2 a lavarse las manos, el resto del grupo espera sentado en área del salón, todos juntos, ya que una persona externa realiza el aseo. La maestra de servicio Social junto con la Auxiliar esperan con el grupo, mientras la maestra titular entra y sale del salón con 2 niños, cuando se termina de hacer el aseo, las maestras inician actividades grupales, (e.g., cantar, realizar una manualidad con bolitas de papel). Al acercarse la hora de salir, las maestras sientan a los niños en círculo y cantan un par de canciones para cerrar el día de una forma alegre. Los niños esperan sentados a ser hablados por las maestras que avisan qué padre de familia llegó, el niño tiene que esperar sentado a que se le llame, si este desobedece, no podrá salir hasta que la maestra titular le de la instrucción. Cuando todos los niños se retiran, las maestras auxiliares y de servicio social recogen los materiales que utilizaron durante las últimas horas, mientras la maestra titular revisa los registros de las maestras que atendieron a los niños que no atendió ella y revisa si tiene los materiales para la siguiente clase.



Figura 16. Maestra auxiliar trabajando en terapia cognitiva(a), Maestra titular trabajando en Autoayuda(b), Maestra Servicio social trabajando en terapia del lenguaje, pidiendo con la mano una tarjeta(c), material de trabajo(d)

A partir del análisis realizado de las diversas terapias ofrecidas, se optó por elegir aquellos grupos y terapias que dependieran del uso de objetos para sus actividades. Este criterio ayudó a seleccionar la terapia cognitiva, y aquellos grupos que la reciben, como candidatos ideales para un segundo estudio.

III.3. Estudio 2: Entendiendo las terapias cognitivas

El segundo estudio en Pasitos, se realizó con el fin de entender a profundidad la terapia cognitiva, los materiales utilizados y los problemas enfrentados dentro de ella, al igual que las estrategias utilizadas para resolver estos problemas.

III.3.1. Metodología

III.3.1.1. Recolección y análisis de datos

Durante este estudio se realizaron 5 entrevistas semi-estructuradas a las maestras de los grupos A, B y C (3 maestras titulares, 2 maestras auxiliares), 14 horas de observación no participativa, además de notas y fotografías. (Tabla 4). Las entrevistas se grabaron y después se transcribieron para su análisis posterior. Los temas que se abordaron en las entrevistas incluyen: Terapias, monitoreo, registro, colaboración, premios/recompensas y artefactos (Ver apéndice A)

Durante la observación, se grabaron las actividades realizadas durante la terapia cognitiva en 3 grupos: grupo A, B y C. Durante la observación se documentaron notas, fotografías y video de las acciones generadas por las maestras y los niños con autismo durante la terapia.

Tabla 4. Grupos observados en la institución durante el segundo estudio

Grupo	Edades	Funcionalidad	Horas de observación
A	3 a 6	Baja	5 horas
B	7 a 9	Baja	4 horas
C	6 a 7	Baja	5 horas

Para analizar esta información, se utilizaron técnicas de Análisis de Afinidad [68], que permitieron identificar las principales problemáticas enfrentadas por las maestras durante las actividades cognitivas con los estudiantes elegidos.

III.3.2. Resultados

Como resultado de la observación y las entrevistas realizadas, pudimos identificar diferentes tipos materiales, de ayuda que ofrecen las maestras durante la terapia, y los problemas que encuentran durante su ejecución.

III.3.2.1. Tipos de terapias cognitivas

Una terapia cognitiva involucra la obtención de conocimiento a través de la experiencia, los pensamientos y los sentidos [70]. Dentro de la terapia cognitiva, existen diferentes actividades para mejorar y/o apoyar problemas específicos, utilizando diferentes clases de materiales (Tabla 5). Las maestras realizan las actividades guiándose en un procedimiento de bloques [17]. Este método exige que el estudiante realice repeticiones de una tarea en particular. Las maestras conocen a estas repeticiones como ensayos. En Pasitos las maestras realizan a lo más 10 ensayos de cualquier actividad en un día.

Tabla 5. Actividades y materiales utilizados durante la terapia cognitiva

Actividad	Descripción	Materiales
Discriminación de Colores	Actividad en la que el niño aprende a identificar los colores.	Tarjetas de colores, cubos de colores.
Discriminación de Tamaños	Actividad en la que el niño aprende a discriminar diferentes conceptos de tamaños (e.g., grande, pequeño, largo, corto.)	Objetos de plástico en forma de animales, grandes y pequeños, cuerda corta y larga.
Asociación de Objetos de la Casa	Actividad en la que el niño aprende a discriminar y asociar los objetos de la casa	Objetos físicos (e.g., vaso, cuchara, tenedor, plato, cuchillo).
Identificación de Números	Actividad en la que el niño va identificando los números.	Tarjetas de números (e.g., 1, 2,3,..100)
Identificación de Nombres y Consonantes	Actividad en la que el niño tiene que identificar nombres específicos y consonantes.	Tarjetas con nombres (e.g., su nombre, nombre de la mamá, papá, etc.) y consonantes.
Discriminación de Figuras Geométricas	Actividad en la que el niño discrimina las diferentes figuras geométricas que aprenden durante la actividad.	Tarjetas geométricas (e.g., círculo, triángulo, rectángulo, trapecio, cuadrado)

Después de 10 ensayos concluidos la maestra cambia el objeto para iniciar con otra actividad de la misma terapia cognitiva. Un ensayo se considera completo si el estudiante escoge exitosamente el objeto a ser discriminado sin la necesidad de ayudas proporcionadas por la maestra. Entre las ayudas que puede otorgar la maestra al alumno durante la actividad son:

- *Verbal*: instrucción hablada o seguimiento a una solicitud
- *Física o modelada*, se da una interacción física mano sobre mano para demostrar el comportamiento solicitado, y/o

- *Visual*, también llamada posicional, se refiere a la colocación de objetos de tal forma que la elección correcta está más cercana o que apunta a la opción correcta

Cada ensayo realizado incorrectamente, las maestras agregan en el registro una cruz o carita triste, para indicar que no lo cumplió el ensayo correctamente. El ensayo es reforzado con una recompensa cuando el estudiante lo realiza. Las recompensas actuales dadas por las maestras a los estudiantes incluyen una combinación de lo siguiente:

- *Físico*, más tiempo para jugar con un juguete, cosquillas o porciones pequeñas de alimento
- *Visual*, como luces, pirotecnia o fotografías, y/o
- *Verbal*, como una felicitación hablada, canciones o música.

El número de ensayos completados por los estudiantes varía dependiendo de cuánto está dispuesto a participar en la actividad, ya que algunos estudiantes no se pueden concentrar y pasan mucho tiempo (1 a 5 min aproximadamente) 'fuera de la tarea' (se encuentran ausentes, distraídos, no están en la actividad).

III.3.2.2. Escenarios de uso

A continuación se describe brevemente dos escenarios que ejemplifican la ejecución de terapias cognitivas en Pasitos. El primer escenario muestra las terapias de discriminación de colores, y el segundo muestra la terapia de discriminación de números. Ambas actividades se realizan dentro de las terapias cognitivas (Tabla 5). Cada escenario describe también algunos de los problemas más comunes durante cada tipo de terapia.

III.3.2.2.1. Escenario 1: Problemas de atención, comportamiento, registro, transición durante la actividad de discriminación de colores

La maestra trabaja con Ernesto en la discriminación de colores; para ello acomoda dos tarjetas de colores, una verde y amarilla frente a Ernesto y le pide que le de la tarjeta de color verde. Ernesto ve las tarjetas, pero desvía su atención para ver lo que hace el compañero a su lado. Cuando la maestra ve que Ernesto está distraído, saca un juguete para atraerlo a la actividad. Al ver Ernesto el juguete, la maestra le pide una vez más la tarjeta verde; Ernesto toma la tarjeta amarilla y la entrega. La maestra le indica que esa no es la tarjeta verde, registra la respuesta incorrecta dada por Ernesto (Figura 17a) y coloca de

nuevo la tarjeta en la mesa. Ernesto toma una de las tarjetas y empieza a jugar con ella; la maestra se la retira y la incorpora con la otra tarjeta. Luego solicita de nuevo al estudiante que le de la tarjeta verde diciendo: “Ernesto! Dame Verde”. Ernesto mira las tarjetas y busca la tarjeta solicitada, pero voltea a ver a sus compañeros de clase que trabajan en otra mesa. La maestra le muestra de nuevo el juguete, lo mueve y le pregunta una vez más por la tarjeta verde. Ernesto busca con la mirada una vez más la tarjeta solicitada, y la maestra decide ayudarlo, señalándole la tarjeta verde. Ernesto toma la tarjeta verde y la entrega. La maestra registra la respuesta correcta y hace la anotación de que recibió ayuda posicional. Ernesto empieza a jugar con las tarjetas. Cuando la maestra termina de hacer el registro, vuelve a quitarle las tarjetas y pide la tarjeta verde. Ernesto toma una de las tarjetas y la pone en su cara y empieza a jugar con ella (Figura 17b). La maestra le retira las tarjetas. Durante la actividad, después de preguntarle varias veces y ayudarlo, termina la actividad registrando el último ensayo con una tachita (Figura 17c). Ernesto, al darse cuenta de que obtuvo tacha, hace ruidos de enojo, avienta las tarjetas al piso y se levanta de su asiento.



Figura 17. (a) Maestra indica tarjeta incorrecta. (b) Ernesto juega con tarjeta. (c) Maestra registra ensayo incorrecto

En este escenario se puede observar los problemas de atención y comportamiento que la maestra tiene con el alumno durante la terapia cognitiva, las formas en que la maestra busca resolverlo y ayudar a que termine sus ensayos, lo cual no concluyó de manera exitosa.

III.3.2.2.2. Escenario2: Problemas eficiencia cognitiva y carga de trabajo durante la actividad de discriminación de números

La maestra titular trabaja con Enrique, un niño con autismo de baja funcionalidad en la actividad de discriminación de números. Para iniciar, la maestra titular saca el material que necesita para la actividad y llama Enrique para que trabaje con ella. Después de algunos minutos, la maestra titular vuelve a llamar a Enrique, que no quiere ir al lugar

donde está ella. Minutos después, recibe el apoyo de la maestra auxiliar, quien lleva al niño al asiento. La maestra titular inicia la actividad mostrándole a Enrique la tarjeta número dos y repitiendo al mismo tiempo el número en voz alta; luego le pide a Enrique el número dos, Enrique se levanta del asiento agitando las manos. La maestra titular lo sienta y le pide que deje de mover sus manos. Enrique tira las tarjetas que la maestra titular tiene en la mesa y se vuelve a levantar. La maestra auxiliar apoya a la maestra regresando al niño a su asiento y recogiendo con las tarjetas. La maestra titular llama la atención del estudiante diciendo: “Enrique! manos quietas!” mientras le muestra un dulce. Luego acomoda las tarjetas y le pide: “*Enrique! dame el número dos*”, pero Enrique no responde y la maestra titular vuelve a preguntar. Después de un minuto vuelve a preguntar, y al no recibir respuesta la maestra auxiliar se acerca para ofrecerle ayuda a la maestra titular y ofrecerle al alumno ayuda físicamente, tomándole la mano y dirigiéndolo a la tarjeta, ayudándolo a tomarla (Figura 18a). El niño enojado, toma la tarjeta y la hace bolita. La maestra titular toma la tarjeta, la extiende y dice: “si, número dos, bien”, registra el ensayo en la hoja de registro, regresa la tarjeta a la mesa y vuelve a pedirle a Enrique la tarjeta, con apoyo de la maestra auxiliar quien se encuentra atrás de Enrique para que no se vaya, Enrique se trata de parar intentando empujar la mesa, la maestra auxiliar lo detiene (Figura 18b). Enrique intenta morder a la maestra auxiliar por tratar de detenerlo (Figura 18c). La maestra titular le pide de nuevo el número dos, pero Ernesto solo grita y sigue intentando levantarse de la mesa pateando a la maestra titular. Después de varios minutos del intentar entre la maestra titular y la maestra auxiliar por mantener sentado al Enrique y que les responda las preguntas, la maestra titular concluye la actividad sin éxito, lo que prolongará la consolidación de la tarea de discriminación de números con ese niño.



Figura 18. (a) Maestra auxiliar ayudando a tomar la tarjeta. (b) Maestra auxiliar detiene a Ernesto. (c) Ernesto intenta morder a maestra auxiliar.

En este escenario se puede observar los problemas que tienen las maestras durante la realización de las actividades de la terapia cognitiva, la carga de trabajo se incrementa cuando el alumno no coopera y se requiere más esfuerzo por parte de las maestras para mantener el orden en el aula, mantener el niño en la actividad y concluir las diferentes actividades programadas durante la terapia. Cuando los ejercicios programados no son completados por el alumno, el objetivo no es cumplido, lo que ocasiona que tarde más en consolidarlo.

III.3.2.3. Problemas enfrentados

Durante las terapias las maestras enfrentan problemas de transición entre actividades, ya que el niño tiende a distraerse y tener mal comportamiento, en los niños. Los problemas y las estrategias de solución varían según el estudiante, que se muestran a continuación.

Atención durante la terapia

Los niños frecuentemente pierden atención durante los ensayos de una actividad, algunas veces porque voltean a ver a sus demás compañeros de clase o están dispersos por su mismo diagnóstico; por ejemplo, una maestra explicó durante una entrevista:

“...el niño no me enfoca su atención, de repente yo puedo estarle enseñando un concepto y el niño está disperso, porque hoy viene muy disperso, entonces no puedo trabajar un nuevo objetivo”. [T1, Maestra Titular]

“[¿problemas que enfrentas durante el desempeño de la terapia?] ... los niños se distraen... pierdo su atención...”. [A4, Maestra Auxiliar]

Del comentario anterior podemos recalcar que mientras el niño se encuentre disperso o distraído, la maestra no puede trabajar un nuevo objetivo.

Desgaste debido a proporcionar Ayudas y/o recompensas constantes

Unas de las actividades constantes durante un ensayo son cuando las maestras utilizan ayudas y/o recompensas para evitar la distracción del niño, lo que gradualmente cansa a la maestra por ser algo repetitivo.

“La mayoría de los niños no tienen lenguaje, entonces no hablan, pero nosotras si los reforzamos con, “si”, “muy bien”, “toma galleta”, nosotras siempre estamos hablando.”
[A4, Maestra Auxiliar]

“...tu le das todo el proceso al niño y cada vez somos maquinitas que repetimos. [T1, Maestra titular]

“le dices al niño [una instrucción]..., y si no lo hace tu se lo vuelves a repetir... [T3, Maestra titular]

Registro Manual

El registro manual es una tarea obligatoria que se lleva a cabo al final de cada ensayo. En este proceso pueden cometerse errores manuales si no se registra a tiempo, y también es un importante distractor para el niño durante la actividad.

“... tienes que registrar todas las actividades, entonces el trabajar uno a uno es tardado, incluso hay niños que se nos quedan, que no trabajamos con ellos, en el registro si siento que pierdo mucho el tiempo, o se me van datos, porque digo al final, pero se me olvida”.
[T3, Maestra Titular]

“... en el caso de estos niños es bien complicado llevar un registro...”. [T2, Maestra Titular]

III.3.2.5. Estrategias de Solución

Uso de objetos reales

Las maestras utilizan objetos físicos en los niños que inician con conceptos nuevos, regularmente son los 2 primeros grupos de la institución, esto se realiza con el fin de que los niños con autismo tengan un mejor manejo de conceptos y entendimiento con objetos que puede interactuar, una maestra nos comenta:

“... para empezar la discriminación del niño, como la atención del niño es muy poca, entonces primero lo manejo de manera tangible, que realmente si, cuando recién se inicia a trabajar un objetivo tiene que ser [por ejemplo] muy notorio entre un grande y un pequeño [en discriminación de tamaños]...” [T1, Maestra titular]

“Se les enseña primero con el objeto tangible, que el niño lo pueda tocar, [...], porque es más fácil, más sencillo para ellos...” [T4, Maestra titular]

Generalización de conceptos

Durante la enseñanza de discriminación de objetos, a los niños les cuesta entender que existen objetos que tienen un concepto y se pueden presentar en diferentes colores y/o tamaños, algunas de las estrategias que utilizan las maestras para la comprensión de los objetos físicos, es que los niños puedan realizar la actividad con diferentes objetos del mismo concepto, esto con el fin de que generalicen los conceptos y los puedan identificaren cualquier momento, no solo en la escuela, una maestra nos comenta:

“Una de las dificultades del niño autista es que hay poca generalización, si saben que el concepto de silla, es silla, pero si tienes que trabajar mucho, ellos si por ejemplo tu les enseñas una tarjeta con una silla de color azul, el va a pensar que la única silla que existe es la azul y si le muestras una amarilla o una café o una de madera o una de metal, esas no son sillas, si?, así es cuando se necesita la generalización en casa, para que el aprenda este, como se llama, que no nada más es esa silla azul, pero no es cosa de ellos, es parte de su trastorno” [T2, Maestra titular]

“...entre más variedad haya [material de trabajo], mas se generaliza, no nada más va aprender con un solo listón... [Ejemplo de largo-corto]” [T1, Maestra titular]

“es importante enseñarle a los papas, enseñarles el trabajo que estamos haciendo, con la finalidad de que ellos puedan aplicarlo también afuera y se generalice el aprendizaje, no nada más se quede aquí en la escuela, si no se vaya afuera pues, en casa, en el exterior...” [T1, Maestra titular]

Tabla de problemas y estrategias

Los niños con autismo presentan varios tipos de problemas durante la ejecución de las terapias (Tabla 6), para apoyar estos problemas, las maestras utilizan estrategias para el manejarlas, apoyándose en el uso de instrucciones, ayudas y recompensas (Tabla 6).

Tabla 6. Tabla de problemas y estrategias utilizadas por las maestras de Pasitos

Los problemas durante la ejecución de las terapias	Las prácticas de control los problemas durante la ejecución de las terapias
<p>Los problemas de comportamiento, movimientos y ruidos extraños (e.g., cuando Enrique sacude sus manos). comportamientos observados incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sacuden manos • Aleteo de brazos • Gritos • Mecer el cuerpo • La falta de contacto visual 	<p>Instrucciones verbales: una instrucción hablada o seguimiento a una solicitud (e.g “Enrique dame el número dos”, “manos “quietas”).</p> <p>Ayuda Física o modelo de indicaciones: mano sobre mano interacción física o demostrar el comportamiento que se solicita (e.g., Maestra da la instrucción: " Enrique, dame el número dos", la maestra agarra la mano de Enrique y la coloca en la tarjeta, ayudándolo a tomar la tarjeta y colocarla en la otra mano de la maestra.</p>
<p>Falta de interés en participar en la terapia y durante la terapia (e.g., cuando se hace caso omiso de la maestra cuando llama a Ernesto a la terapia, cuando le das la instrucción y no lo hace)</p>	<p>Recompensas físicas, más tiempo para jugar con un juguete, cosquillas o pequeños trozos de alimentos (e.g., "un pedazo de galleta") y verbales (e.g., “Muy bien!”)</p>
<p>Distraído o disperso (e.g., cuando Ernesto voltea a ver a sus compañeros mientras le dan una instrucción o tiene que contestarla)</p>	<p>Instrucciones verbales: Repetición de la instrucción (e.g., “Ernesto!, dame el color rojo”).</p> <p>Ayuda física: tomar la cabeza del niño y guiarla a la Terapia.</p>

III.4. Resumen

En este capítulo se describió el proceso seguido para el estudio contextual. Durante este estudio se identificaron diferentes terapias en las que se desarrollan actividades diversas con varios tipos de materiales. Al analizar los datos obtenidos, se eligió la terapia que utiliza para sus actividades diferentes clases de objetos físicos, y los grupos de niños que reciben este tipo de terapia. Los resultados obtenidos en este estudio sirvieron para entender las diferentes problemáticas que enfrentan las maestras durante la ejecución de sus actividades durante una terapia y como resuelven los diferentes inconvenientes que tienen durante esta. Los resultados obtenidos se utilizarán como base para el diseño del prototipo final.

Capítulo IV. Diseño e implementación de objetos tangibles en apoyo a las terapias cognitivas de niños con autismo

IV.1. Introducción

En este capítulo se presenta el proceso que se siguió en el diseño e implementación de un conjunto de objetos aumentados en apoyo a las terapias cognitivas de niños con autismo. Primeramente, se describe el proceso de diseño, después, se describe la interfaz tangible, Things That Think (T3), y los objetos aumentados que se implementaron utilizando T3. El diseño de estos prototipos toma como base los resultados del estudio contextual (ver capítulo III). La representación y especificación de los diseños se realizaron utilizando la notación del lenguaje unificado de modelado (UML, por sus siglas en inglés Unified Modeling Language) [71].

IV.2. Métodos de diseño

Para diseñar los objetos aumentados se siguió un proceso iterativo de diseño centrado en el usuario basados en RCD (por sus siglas en inglés: Rapid contextual design) [72,68]. Durante 3 meses, se utilizaron los resultados del estudio para diseñar iterativamente los prototipos. Se produjeron 3 prototipos de baja fidelidad y un conjunto de escenarios de diseño que fueron presentados a las maestras en forma de maquetas. Se realizaron 3 sesiones de diseño participativo para discutir los prototipos y recibir comentarios sobre el diseño. Las sesiones de diseño participativo incluyeron el equipo del laboratorio de cómputo ubicuo y personal de la institución pasitos. Los resultados de la sesión participativa de diseño se utilizaron para rediseñar los prototipos y para escoger entre las alternativas propuestas. Después, por un periodo de 2 meses, se implementaron los prototipos que las maestras seleccionaron. Finalmente, se condujo un grupo focal como evaluación formativa del prototipo implementado con usuarios potenciales. (Ver Sección IV.4.5.)

Una vez concluido el diseño, se realizó un grupo focal para evaluar la percepción de utilidad, facilidad de uso y adopción de las maestras sobre el prototipo final. Para esa evaluación, dentro del grupo focal se aplicó un cuestionario TAM (Technology Acceptance

Model) [73], cuyo objetivo fue determinar la utilidad, usabilidad y factibilidad percibidas por las maestras sobre dicho prototipo. Los resultados de esta evaluación preliminar ayudaron a evaluar el impacto percibido por los maestros del sistema en su trabajo diario, y para descubrir otros usos de nuestra tecnología así como oportunidades para trabajo futuro.

IV.3. Requerimientos y principios de diseño de los objetos tangibles

A partir de datos de diseño obtenidos durante el trabajo relacionado y los resultados del estudio contextual (ver Capítulo III), se establecieron una lista de requerimientos que deben satisfacerse para que la terapia cognitiva sea exitosa. Dichos requerimientos se utilizaron para producir prototipos de baja fidelidad.

IV.3.1. Imitando las recompensas y las ayudas proporcionadas por las maestras

Durante las diferentes actividades aplicadas en la terapia cognitiva, las maestras ofrecen en los ensayos diferentes clases de ayudas y recompensas. Se da la ayuda con el fin de que el alumno complete cada ensayo, y la recompensa con el fin de alentar al niño durante la actividad. Para imitar las prácticas actuales de ayudas y recompensas ofrecidas por las maestras, un objeto inteligente debe ser capaz de emitir instrucciones, ayudas, sonidos, música, felicitaciones habladas o luces, como una nueva forma de verbal y visual digital basada en mensajes y/o recompensas, con el fin de lograr que el niño se mantenga involucrado y se logre el objetivo de la tarea. Esto además facilitará el trabajo de las maestras ya que se pueden enfocar en observar otros comportamientos en lugar de realizar las actividades mecánicas de repetición de actividades.

IV.3.2. Reconocimiento de gestos de interacción

A raíz de que el registro de las actividades se hace manualmente e implica toda la atención de la maestra, existen ciertos movimientos del niño que las maestras no pueden registrar (e.g., agitación de manos). Durante la terapia la maestra realiza movimientos específicos (e.g., tomar objeto, cambiar objeto de posición, soltar objeto), movimientos distintos a los que realizan los niños cuando están jugando o realizando un manerismo, con los movimientos las maestras pueden encontrar tendencias y evaluar el progreso del niño históricamente.

El dispositivo debe tener la capacidad para identificar, procesar y registrar diversos tipos de eventos simultáneamente. Debe identificar las formas en que el niño manipula el objeto e interpretar adecuadamente si el movimiento corresponde a la actividad o si es parte de sus movimientos repetitivos. También debe identificar si el niño escucha una orden, si él mismo produce algún sonido, y registrarlo. Esto garantizará que la maestra dedique su total atención al niño y que además se registre de manera automática y precisa todo el comportamiento del niño durante la sesión.

IV.3.3. Facilitar la configuración de los objetos

Durante la terapia los objetos cumplen varias funciones: sirven para hacer discriminación entre ellos, apoyan a la maestra para mantener involucrado al niño y para recompensarlo; debido a esa diversidad de funciones, es necesario que la configuración de cada objeto sea sencilla, rápida e intuitiva. Además, cada niño es diferente por lo que cada terapia debe de personalizarse a los intereses de cada niño, y de cómo este evoluciona a través del tiempo. El personalizar cada objeto y terapia es una tarea que demanda mucho tiempo para la maestra, por lo que el sistema que apoye esta tarea debe de facilitar este problema.

IV.3.4. Permitir la captura automática de información relevante

Durante la terapia, además de la atención que dedica la maestra a la actividad del niño, debe registrar el desempeño y resultados del niño durante todas las actividades. El dispositivo debe ser capaz de identificar y registrar de manera automática los aciertos, errores y demás datos que la maestra registra manualmente.

IV.3.5. Soportar el uso colaborativo de los objetos

Todos los objetos presentes durante las actividades cumplen una función en algún momento de la terapia, y la maestra se encarga de coordinar dicha función según el desempeño del niño y el progreso de la sesión. Los dispositivos deben ser capaces de colaborar de manera que reproduzcan esa colaboración y cumplan la misma función que tienen cuando la maestra los manipula e integra a la terapia.

IV.4. Diseño e implementación Cubo T3, Guante RFID y Tablero T3

En esta sección se presenta el proceso seguido para el diseño e implementación de los prototipos realizados, en cada uno de los prototipos presenta diseño, un escenario, implementación, arquitectura general y escenarios de uso. Finalizando con una sesión participativa de diseño y los resultados encontrados.

IV.4.1. Diseño de CuboT3

T3 es un cubo de 3 por 3cm, que permite convertir a cualquier objeto en una interfaz maniobrable. T3 tiene integrado un arreglo de leds (Figura 19), una bocina (Figura 19b), micrófono, servo motor y un acelerómetro.

Los eventos detectados por el acelerómetro son utilizados para inferir los *gestos interactivos* de "tomar", "soltar" y "sacudir" un **objeto T3** (e.g., un objeto tradicional que contiene un **Cubo T3**).

El Cubo T3 habilita a un objeto tradicional para que emita diferentes patrones:

- *Sonidos*, los maestros utilizan un micrófono para grabar una frase o música, o elegir a partir de una base de datos de alrededor de 10 canciones en español y 24 frases en español, de manera que un cubo pueda reproducir música o una frase hablada (e.g., "Ernesto, toma la tarjeta verde");
- *Iluminación*, un cubo también podrá "encenderse" o "parpadear" en azul, amarillo o rojo, o emitir "fuegos artificiales" (e.g., parpadeo simultáneo de azul, amarillo y rojo);
- *Movimiento*, ya que un cubo podrá también "vibrar", "girar" o "moverse" una distancia predeterminada.

El **Cubo T3** cuenta con un panel de configuración en una de las caras del cubo que le permite a las maestras activar o desactivar cuatro eventos en el **cubo T3**, esto es, dos grabaciones, un patrón de iluminación, y un patrón de movimiento, de manera que, por ejemplo, un **objeto T3** podría emitir una felicitación hablada, cantar, parpadear, y girar como parte de una recompensa.

Todos los gestos y acciones del **cubo T3** son registrados y asociados automáticamente con su segmento correspondiente de audio registrado. Las maestras pueden usar esa información después para identificar tendencias de progreso.

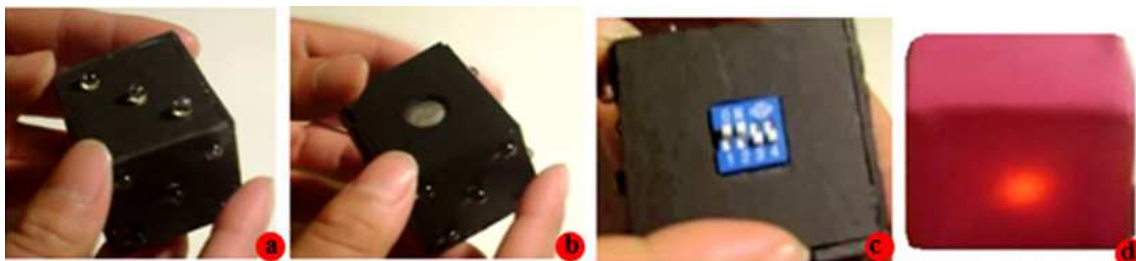


Figura 19. (a) Cubo T3 con arreglo de leds. (b) Sonido integrado. (c) Maestra activa cubo T3. (d) Cubo T3 parpadea para ofrecer ayuda.

Para ejemplificar el uso del cubo T3 aquí se revisa el escenario de la sección III.3.2.2.1.

Escenario de configuración de Cubo T3

La maestra empieza la actividad tomando un Cubo T3, activando en el panel del cubo T3 los eventos de instrucción, parpadeo como parte de la ayuda, y música y la acción de girar como parte de una recompensa (Figura 19c). La maestra pone el cubo T3 dentro de un cubo Rosa y lo coloca en la mesa, el Cubo T3 inicia la actividad indicando por medio de una instrucción auditiva: "Ernesto dame Rosa", Ernesto toma el objeto que la maestra le solicitó y se lo da a la maestra. El cubo T3 responde con música al movimiento que realizó Ernesto, indicando que lo realizó bien. Durante la ejecución del ensayo 5, Ernesto no responde a la indicación del cubo T3, a lo que el cubo T3 responde con la ayuda visual que la maestra programó, iluminándose (Figura 19d) para captar la atención de Ernesto. Ernesto, al observar que el cubo se ilumina toma el cubo rosa y lo entrega a la maestra, completando el ensayo con éxito. Al término de los 10 ensayos, el cubo T3 empieza a girar con motivo de recompensa final, dando terminada la actividad. Ernesto sonrío.

IV.4.2. Implementación del Cubo T3

Una vez que se identificaron las características de la tecnología que se requiere para implementar el cubo T3 (Ver apéndice B) y el guante, se procedió a integrar estos componentes en un circuito que nosotros implementamos.

IV.4.2.1. Arquitectura general

El **cubo T3** (Figura 20) está conectado a una interfaz Phidget Interface Kit 8/8/8 (Figura 20b), que a su vez está conectada a la computadora (Figura 20c). El cubo T3 está integrado por 3 módulos que responden a las siguientes acciones: iluminación, sonido, movimiento, dependiendo del gesto que reconoce el acelerómetro: agarrar, soltar, agitar (Figura 20d).

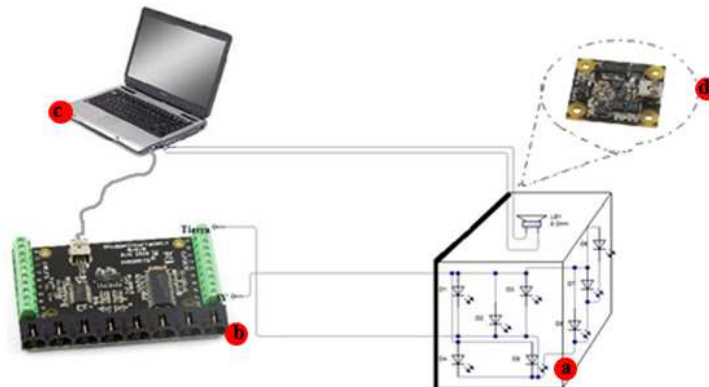


Figura 20. Integración de cubo T3

El enfoque para reconocimiento de gestos utiliza ventanas de 0.5 segundos que contienen 25 lecturas del acelerómetro. El algoritmo utiliza la media, la varianza y el RMS de estas lecturas numéricas, y un clasificador lineal para detectar tres gestos interactivos: tomar, soltar y sacudir. Para evaluar el desempeño de este enfoque realizamos un experimento con 8 participantes utilizando objetos aumentados que imitaban los gestos interactivos utilizados durante una terapia a lo largo de 3 minutos. Cada gesto interactivo fue ejecutado continuamente durante por lo menos 30 segundos. Los resultados de esta evaluación muestran que nuestro enfoque es capaz de detectar el gesto de tomar con un 82.5% de precisión, el de soltar con un 85.7% y el sacudir con un 92.95%, para dar un promedio total de 87.08% y un 12.92 de falsos positivos.

IV.4.2.2. Escenario de uso

Partiendo del escenario 1, en la sección III. 3.2.2.1. Se muestra dos escenarios utilizando el CuboT3, estos escenarios describen el apoyo tecnológico y la interacción entre los componentes arquitectónicos para lograr la funcionalidad que se muestra en el escenario (Figura 21)

IV.4.2.2.1. Escenario de uso con ayuda visual/posicional

Cuando la maestra sacude el **CuboT3**, el **acelerómetro** indica movimiento al **sistemaT3**, el **sistemaT3** marca al **acelerómetro** del **CuboT3** como correcto. Enseguida el **sistemaT3** manda la señal a la **bocina** que pida la instrucción: "Dame verde", el **acelerómetro** espera movimiento. El **acelerómetro** no detecta la respuesta del niño mandando la respuesta al **sistemaT3**, el **sistemaT3** manda una señal a la **iluminación** para que el objeto correcto se ilumine para ayudarle al niño, al mismo tiempo el **sistemaT3** ordena a las **bocinas** repetir la instrucción, el niño se da cuenta que el **CuboT3** se **ilumina**, toma el objeto y se lo entrega a la maestra, el **acelerómetro** reconoce movimiento y manda la señal al **sistemaT3**, el **sistemaT3** realiza la comparación y encuentra como respuesta correcta, el **sistemaT3** manda a las **bocinas** un sonido indicando: "Muy Bien!", al mismo tiempo se **ilumina** mostrando una carita feliz y registrando la respuesta en el **sistemaT3** como correcta indicando que recibió ayuda visual/posicional. Al término de los 10 ensayos, el **sistemaT3** realiza una comparación entre las respuestas positivas y negativas, si todas las respuestas son positivas, el **sistemaT3** manda una señal al cubo recompensa el cual empieza a girar, al mismo tiempo el sonido activa la música favorita del niño.(Figura 21).

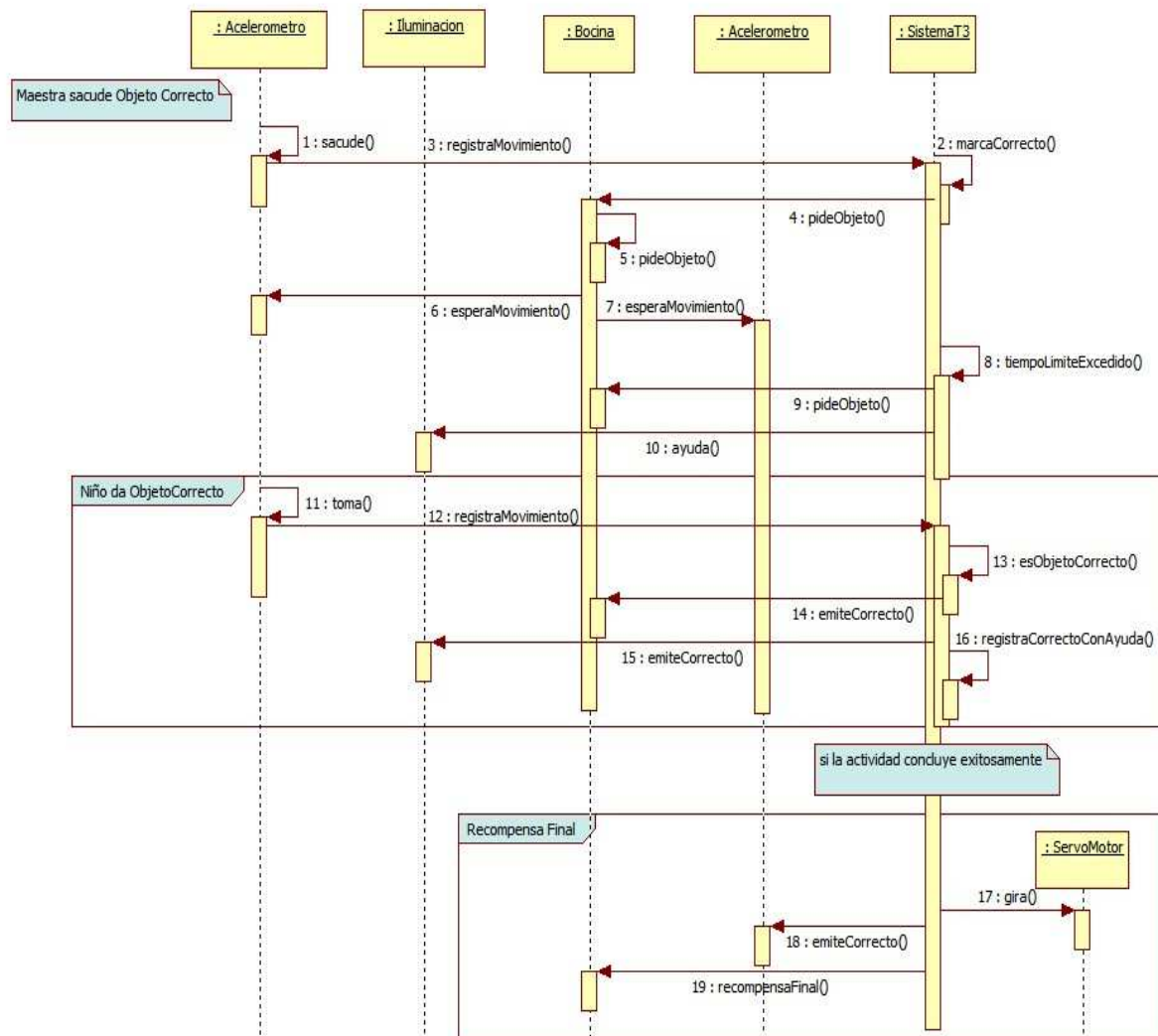


Figura 21. Diagrama de secuencia: Escenario de uso con ayuda visual/posicional

IV.4.3. Diseño de guante RFID

Dada la incertidumbre en el reconocimiento de estos gestos de interacción (87.08% del promedio de reconocimiento) se optó por diseñar otra solución alternativa que de manera manual les permitiera a las maestras especificar el objeto que el niño selecciona. Además, que el uso de los acelerómetros incrementa el tamaño del cubo y su costo. Esta solución alternativa integró etiquetas de RFID y un guante especializado en su lectura.

El guante RFID es un guante de tela que tiene integrado un lector RFID, el lector es responsable de identificar etiquetas de RFID que la maestra integró en cubos T3 a través de ranuras especialmente diseñadas para este fin (Figura 22a).

El guante RFID toma lecturas que realizan diferentes clases de acciones:

- *Identificación de Usuarios*, cuando se inicia una actividad, el usuario, en este caso la maestra, se identifica con una tarjeta personalizada, al igual que da lectura a la identificación del alumno con el que trabajara durante las siguientes actividades, cuando la maestra cambia de alumno, solamente pasa la identificación del alumno con el que continuara trabajando.
- *Reconocimiento de Objetos*, la maestra pasa por el lector del guante el objeto que contiene la etiqueta RFID, la cual está configurada con un nombre de objeto configurado previamente.

El guante RFID cuenta con un led bicolor que indica el turno o lectura realizada, con el fin de mantener informada a la maestra del estado del mismo.

Escenario de lectura de guante RFID

La maestra empieza la actividad tomando una etiqueta RFID que esta previamente configurada, y la inserta en el cubo de color rosa. La maestra inicia la actividad pasando su identificación por el guante (Figura 22b) y pasando la identificación del alumno con el que trabajará, el guante se pone de color rojo para indicarle a la maestra que espera la lectura de un objeto (Figura 22c), la maestra toca el objeto que desea que el alumno discrimine y el guante cambia a color azul (Figura 22d), cuando la maestra suelta el objeto y el Cubo T3 pregunta por el objeto al alumno el guante regresa a color rojo, para esperar la respuesta del alumno.

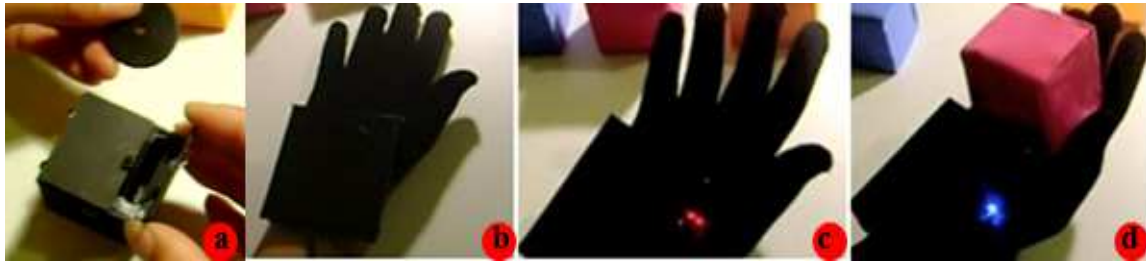


Figura 22. (a) Ranuras para almacenamiento de etiquetas RFID. (b) Guante RFID. (c) Guante RFID esperando lectura. (d) Guante RFID realizando lectura de objeto.

IV.4.4. Implementación de guante RFID

El **CuboT3** funciona en paralelo con un **guante de RFID**. El **guante de RFID** es un guante común que integra un lector de RFID (Figura 23b) que detecta etiquetas de RFID (Figura 23c), que representan un objeto T3 o la identidad de un estudiante. El **CuboT3** tiene un contenedor especial que opcionalmente almacena etiquetas de RFID.

IV.4.4.1. Arquitectura general

El **guante de RFID** tiene integrado un led bicolor (Figura 23a) que da retroalimentación a los maestros acerca del estado del **guante de RFID**. El LED se vuelve verde cuando el **guante de RFID** está "leyendo una respuesta" y se vuelve rojo cuando está "esperando una respuesta". Este modelo de interacción imita las prácticas actuales que las maestras siguen cuando le piden al estudiante tomar un objeto.

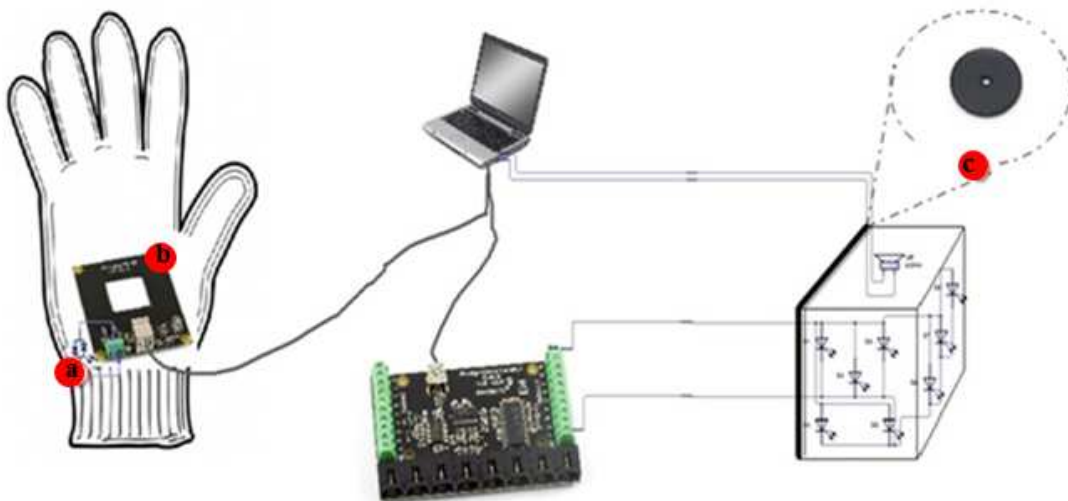


Figura 23. (a) Led bicolor. (b) Lector RFID. (c) Cubo T3 con etiqueta RFID.

IV.4.4.2. Escenarios de uso

Para ejemplificar la interacción de los componentes entre el cubo y el guante aquí se presenta un conjunto de escenarios.

IV.4.4.2.1. Funcionamiento cuboT3 con Guante: Escenario de uso con respuesta incorrecta

La maestra acomoda los objetos previamente configurados frente al alumno y se pone el guante. El **sistemaT3** inicia mandando la señal de lectura al **guante**, el **guante** se enciende de color verde indicando que espera la lectura de un objeto, cuando el **guante** reconoce la lectura de un objeto, el **guante** cambia a color rojo, indicando que leyó un objeto y manda la respuesta al **sistemaT3**. El **sistemaT3** marca el objeto leído como el objeto que espera que el niño le dé como correcto, el **sistemaT3** manda la instrucción a la **bocina** del **CuboT3** que reproduzca la instrucción, el **cuboT3** reproduce la instrucción pidiendo el objeto antes leído, el niño toma otro objeto y lo entrega a la maestra, la cual lo toma con el **guante**, el **lector** toma la lectura y la manda al **sistemaT3**, que hace la comparación entre la lectura tomada y la esperada, teniendo una respuesta como incorrecta, el **sistemaT3** manda el audio a la **bocina** del **cuboT3** y a la iluminación como una acción 'emiteIncorrecto()', el audio del **cuboT3** emite: "no, te equivocaste" y genera una luz que refleja una tacha en el **cuboT3**, El **sistemaT3** guarda la respuesta obtenida y continua la operación con otro ensayo, iniciando con la lectura del **guante** (Figura 24).

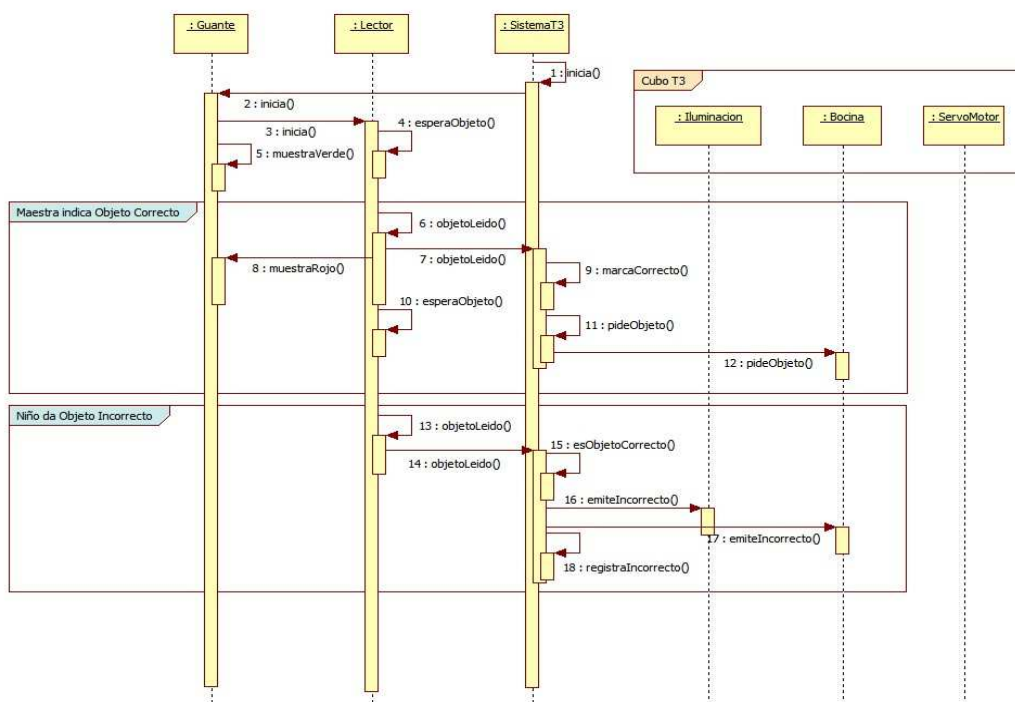


Figura 24. Diagrama de secuencia: funcionamiento de cubo T3 con guante RFID y una respuesta incorrecta

IV.4.5. Sesión participativa de diseño

Para evaluar el diseño del cubo T3 y del guante RFID, se realizó una sesión participativa con las 10 maestras de Pasitos y el grupo de laboratorio de computo ubicuo. La sesión se grabó y se tomaron notas para su análisis posterior. El objetivo principal de esta sesión fue el de identificar los objetos aumentados que las maestras necesitan utilizar durante las terapias. Durante la sesión se mostraron los resultados del diseño con las diferentes características y sus escenarios de uso, durante la sesión se realizó una clasificación de objetos como se muestra a continuación:

Marcadores.

Cuando el registro se hace manualmente, las notas de las maestras son visibles para los alumnos la mayor parte del tiempo. Cuando esto sucede los estudiantes miran de reojo estas notas para averiguar sus calificaciones. Las maestras explicaron que la mayoría de los estudiantes reconocen los apuntes comúnmente utilizados para calificar a los alumnos (por ejemplo, caritas felices/tristes o pulgares arriba/abajo), y la mayoría del tiempo los maestros observan que este "**marcador**" promueve el involucramiento del estudiante, una maestra nos comenta durante la sesión:

"... [los estudiantes con autismo] disfrutan ver cómo les fue en un ensayo, así que miran de reojo mis notas, el uso de este 'marcador' nos ayuda a mantener [al estudiante] en la tarea" [A3, Maestra Auxiliar]

Para imitar esta práctica, las maestras solicitaron durante la sesión participativa, dos objetos que permitieran al niño conocer su desempeño en cada ensayo. Las maestras escogieron una caja con una carita feliz y una carita triste que mostrarán al niño cuando un ensayo fue correcto o incorrecto, respectivamente. Cada cara del cubo aloja un **Cubo T3** que se iluminará a partir de las respuestas del estudiante (e.g., las luces de la carita feliz se vuelven azules si eligió el objeto correcto, y la carita triste se volverá roja en cualquier otro caso).

No todas las maestras durante la sesión estuvieron de acuerdo en que este "*marcador*" tendría un impacto positivo sobre los estudiantes. Algunas maestras explicaron que muchos estudiantes se enojan cuando obtienen una mala calificación.

"... si [el estudiante] se da cuenta de que tiene una 'carita triste' en mis notas, se pone ansioso para señalarme que quiere que borre esa calificación... [el estudiante] no seguirá trabajando hasta que esa carita sea borrada" [A4, Maestra Auxiliar]

Así que es importante permitir a los maestros quitar estos **marcadores** cuando sea necesario, principalmente para reducir la ansiedad del estudiante. Este "marcador" del cubo T3 correlaciona las emociones con el tiempo que el estudiante está "en la tarea". Esto podría dar a las maestras evidencias sobre el nivel de conciencia que requiere un estudiante con autismo acerca de su propio progreso, cumpliendo así con algunos currículos de educación especial para autismo que promueven la práctica de auto-calificación [74].

Medidores. Los maestros reconocen que un aspecto positivo del registro manual es que se mantienen conscientes del número de ensayos que completan. Utilizan esta información como una medida de tiempo para coordinar el salón.

Para imitar esta práctica, las maestras solicitaron dos medidores de tareas que permitirán tanto al estudiante como al maestro saber el número de ensayos terminados, y cuántos quedan pendientes. Las maestras escogieron un cubo T3 medidor, de forma numérica, configurado para moverse 0.5 pulgadas por ensayo.

El sistema de sensores de los objetos "medidores" del cubo T3 captura el número de ensayos concluidos y los correlaciona con la diferencia entre el tiempo promedio y el tiempo actual que el estudiante "se mantiene en la tarea".

Instrucciones y Ayudas. Estos objetos imitan algunos de los apoyos que las maestras dan actualmente durante el entrenamiento de discriminación de objetos. Las maestras estuvieron interesadas en investigar cómo estos objetos del cubo T3 podrían ayudarles a identificar en los estudiantes comportamientos relevantes para la toma de decisiones clínicas en vez de sólo actuar como 'máquinas guía'.

Para imitar las ayudas e instrucciones actuales que los maestras dan a los estudiantes, el cubo T3 tiene dos modos que combinan las instrucciones del cubo T3 y las ayudas, la vibración y la luz. El cubo T3 en "modo ayuda" podría ofrecer asistencia verbal (e.g., "Marley! toma el cubo rosa"), y vibrar o parpadear como ayuda posicional. El cubo T3 en modo de instrucciones obtendrá instrucciones.

Recompensas. Las maestras toman en cuenta los niveles de funcionamiento de los estudiantes para decidir cuánta ayuda necesita un estudiante particular, y usar esta información para decidir qué métodos activar a partir del panel de configuración de objetos T3.

Dado a estos problemas, durante la sesión de diseño participativo, las maestras optaron por ensamblar varios Cubos T3 de tipo ayuda, recompensa, marcador y medidor en un tablero. Las maestras expresaron que este tablero les permitiría tener un mayor control sobre los objetos que utilizan en la terapia, ya que los niños tienden a aventarlos; les daría mayor retroalimentación sobre el estado de la terapia, y les ayudaría a controlar el espacio de movimientos posibles del niño, ya que actualmente utilizan una mesa para aprisionar las piernas del niño. Además, las maestras optaron por el modelo de interacción que proporciona el guante ya que el modelo de interacción del acelerómetro cambia la manera en que las maestras actualmente realizan la terapia. El equipo del laboratorio de cómputo ubicuo discutió acerca de la factibilidad de implementar los requerimientos de las maestras y las implicaciones de los cambios solicitados.

IV.4.6. Diseño de Tablero T3

Tomando en cuenta los cambios que las maestras solicitaron, se diseñó un tablero que ensamblará los objetos T3 que las maestras solicitaron, y les diera control a las maestras sobre éstos objetos. El tablero T3 está compuesto por un total de 9 Cubos T3, los cuales están configurados de la siguiente manera: 4 cubos T3 instrucción/Ayuda (Figura 25d), 2 cubos T3 Medidores (Figura 25b), 1 cubo T3 Recompensa (Figura 25a) y 2 cubos T3 extendidos en el tablero de tipo Marcador (Figura 25c)

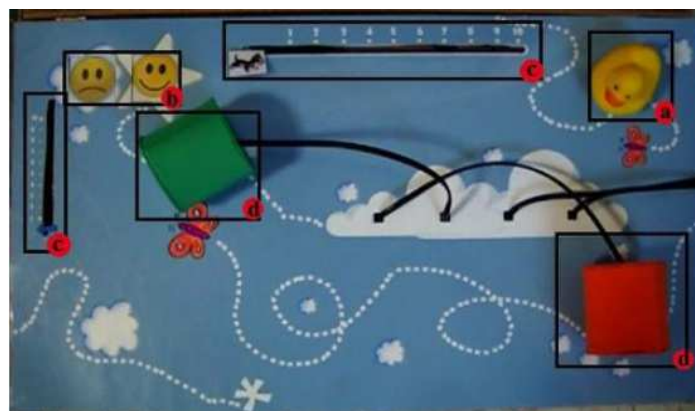


Figura 25. (a) Cubo T3 recompensa. (b) 2 Cubos T3 medidor. (c) 2 Cubos T3 extendidos tipo marcador. (d) 4 Cubos T3 instrucción/ayuda

Escenario de uso de Tablero T3

La maestra inicia acomodando el tablero enfrente del estudiante, las piezas previamente configuradas y ensambladas, la maestra inicia la actividad pasando su tarjeta que la identifica, y una tarjeta que identifica al estudiante por su guante RFID. El guante marca listo con foco rojo, la maestra pasa el objeto que desea que el estudiante discrimine, cuando el guante RFID toma la lectura del objeto, el objeto manda la instrucción por medio de audio al estudiante, solicitando el objeto antes tomado por la maestra, cuando el estudiante lo entrega correctamente a la maestra, el marcador enciende con una carita feliz (previamente configurada) y el medidor marca un ensayo completado, al mismo tiempo se escucha un audio indicando que la respuesta es correcta con un “muy bien!”. Finalmente, el registro de la respuesta obtenida se almacena y el guante vuelve a esperar la lectura que tendrá que ser discriminada por el Estudiante.

El **tablero T3** cuenta con un panel de control para la maestra, la cual tiene funciones que se sugirieron durante las sesiones, en el cual se configura lo siguiente:

- Botón **activador** del sonido e iluminación de los cubos T3 (Figura 26d).
- Botón de **reinicio positivo** (Figura 26b), el cual significa que la maestra da recompensa final de movimiento a pesar de que el alumno cometiera errores durante la actividad.
- Botón de **reinicio negativo** (Figura 26c) da como terminada la actividad en cualquier momento marcándola como no productiva o sin éxito, esto se pidió porque las maestras comentan que existen alumnos que no cooperan durante la actividad y tienen que terminarla antes de completar los 10 ensayos.
- Botón de **ayuda manual** (Figura 26a), el cual sirve para registrar el ensayo en el que la maestra apoya al alumno con la mano, la maestra terminando el ensayo, presiona el botón, registrando dentro del sistema, que en el ensayo se dio ayuda manual.
- La **barra de recompensas** (Figura 26e) indica cada cuantos ensayos realizados correctamente se le ofrecerá una recompensa auditiva.
- La **barra de ayudas** (Figura 26f) configura la cantidad de ayuda ofrecidas por el cubo T3.



Figura 26. Panel de control de tablero T3

IV.4.6.1 Arquitectura general

El tablero T3 tiene embebidos 9 cubos T3: 4 cubos de instrucción ayuda (Figura 27d), los cuales cuentan con un botón de activación manual para ofrecer instrucción/ayudas (Figura 27c), 2 cubos T3 medidores (Figura 27a,b), 1 cubo T3 recompensa (Figura 27e) y 2 cubos T3 marcador. Todos los cubos T3 se encuentran conectados a la interfaz Phidget Interface Kit 8/8/8, la cual a su vez está conectada a la computadora y al guante RFID, las conexiones permiten mandar eventos de las lecturas del guante, que activa diferentes acciones dentro del sistema T3, algunas de estas acciones puede ser el de realizar consultas a la base de datos, para reproducir los audios en los cubos T3.

El tablero T3 se conecta a la computadora para mandar las instrucciones y las señales para que se activen las iluminaciones, instrucciones y ayudas a los cubos T3. El guante se conecta a la computadora para mandar la señal al sistema T3 y realizar las comparaciones de las lecturas y así poder realizar una acción a los cubos T3.

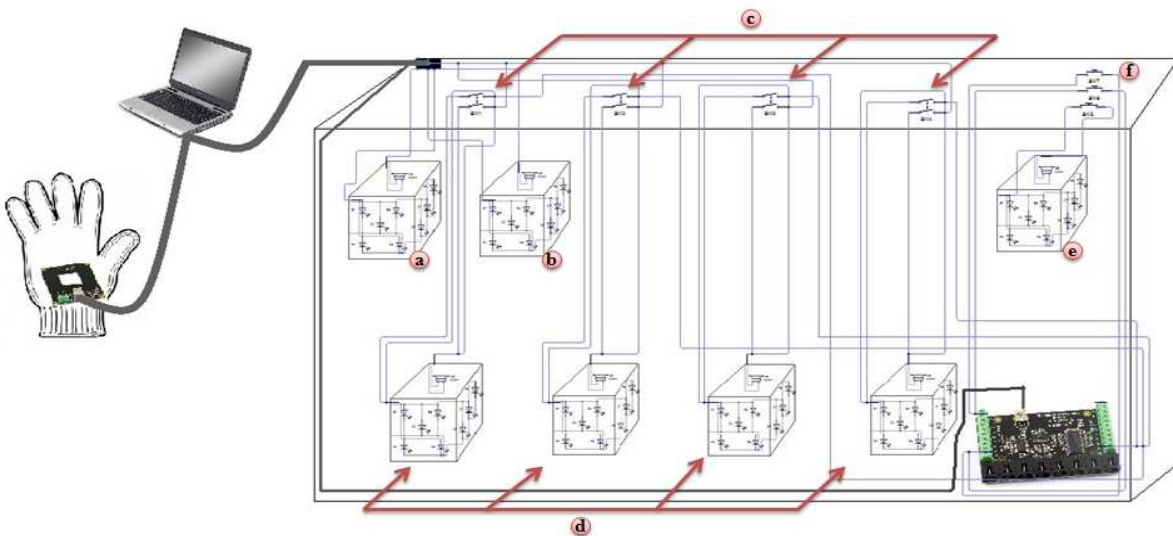


Figura 27. Arquitectura general de tablero T3

IV.4.6.2.Escenarios de uso

VI.4.6.2.1. Funcionamiento TableroT3: Escenario de uso con respuesta incorrecta

La maestra toma las etiquetas previamente configuradas, les coloca una etiqueta dentro de los 2 cubos T3 Instrucción/Ayuda para su identificación y las conecta en el tableroT3 que pone frente al alumno, después se pone el guante, el guante enciende su foco verde para que la maestra le indique el objeto correcto, la maestra pasa el guante sobre el objeto correcto, el lector reconoce el objeto e indica al sistema el objeto correcto, el guante apaga su foco verde para indicarle a la maestra que el objeto que desea que el niño discrimine como el correcto ha sido leído, el guante enciende su foco rojo para indicar que espera el objeto que entregará el niño, el sistema ordena a T3Instruccion/Ayuda(bocina) pedir objeto, T3Instruccion/Ayuda (bocina)pide el objeto y la maestra espera que el niño ponga el objeto correcto en el guante el niño, coloca un objeto incorrecto en el guante, el lector reconoce el objeto dado por el niño y le indica al sistema el objeto leído, el sistema compara el objeto esperado con el objeto leído, ordenando a T3Instruccion/Ayuda(bocina) informar que lo hizo incorrecto,T3Instruccion/Ayuda(bocina) informa: "No te equivocaste", el sistema ordena a T3Medidor(iluminación) informar incorrecto,T3Medidor(iluminación) informa incorrecto iluminando una carita triste como motivo de su error, el sistema ordena a T3Marcador1 que avance una posición de Ensayo,T3Marcador1 avanza una posición indicando el Ensayo a realizar, al mismo tiempo el sistema registra la respuesta como incorrecta (Figura 28).

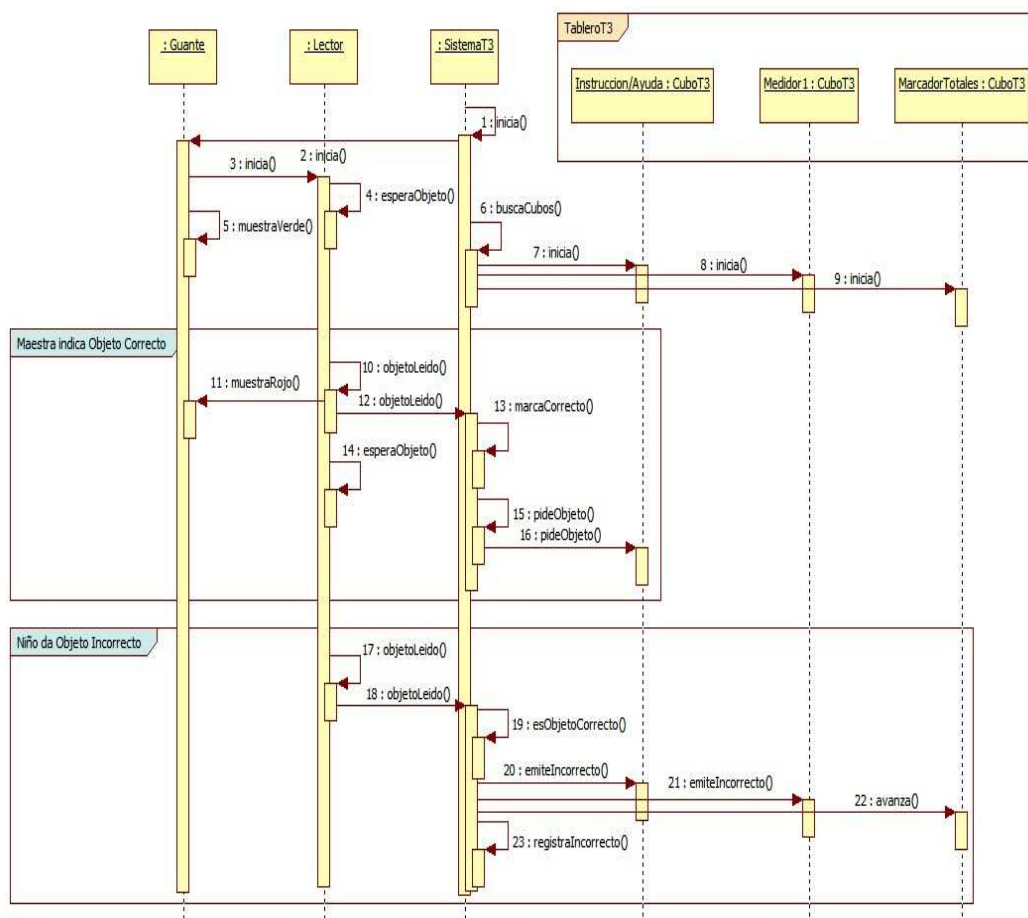


Figura 28. Diagrama de secuencia. Funcionamiento TableroT3: Escenario de uso con respuesta incorrecta

IV.4.6.2.2. Funcionamiento TableroT3: Escenario de uso con ayuda visual/posicional

La maestra toma las etiquetas previamente configuradas, les coloca una etiqueta dentro de los 2 T3Instruccion/Ayuda para su identificación y las conecta en el tableroT3 que pone frente al alumno, después se pone el guante, el guante enciende su foco verde para que la maestra le indique el objeto correcto, la maestra pasa el guante sobre el objeto correcto, el lector reconoce el objeto e indica al sistema el objeto correcto, el guante apaga su foco verde para indicarle a la maestra que el objeto que desea que el niño discrimine como el correcto ha sido leído, el guante enciende su foco rojo para indicar que espera el objeto que entregará el niño el sistema ordena a T3Instruccion/Ayuda(bocina) pedir objeto, T3Instruccion/Ayuda(bocina) pide el objeto y la maestra espera que el niño ponga el objeto correcto en el guante el sistema detecta que se ha rebasado el tiempo límite, ordenando a T3Instruccion/Ayuda(iluminación) dar ayuda, T3Instruccion/Ayuda(iluminación) da ayuda parpadeando, al mismo tiempo el sistema ordena a T3Instruccion/Ayuda(bocina) pedir

objeto, T3Instruccion/Ayuda(bocina) pide objeto al niño, el niño percata el parpadeo del objeto y lo toma, colocándolo en el guante que utiliza la maestra, el lector reconoce el objeto dado por el niño, indicando al sistema el objeto leído, el sistema compara el objeto esperado con el objeto leído, siendo este correcto, el sistema ordena a T3Instruccion/Ayuda (bocina) informar correcto, el cual lo hace diciendo: "Muy bien!", al mismo tiempo, el sistema ordena a T3Medidor (iluminación) informar que la respuesta es correcta, T3Medidor (iluminación) informa correcto iluminando una carita feliz, el sistema ordena a T3Marcador2 que avance una posición en Ensayos Correctos completados, al mismo tiempo que el sistema ordena a T3Marcador1 que avance una posición de Ensayo a realizar, el sistema registra la respuesta como correcta, indicando que se realizó con ayuda, después de 10 ensayos exitosos el sistema ordena a T3recompensa y a T3Instruccion/Ayuda (bocina) dar recompensa final, T3Recompensa empieza a girar al mismo tiempo que T3Instruccion/Ayuda (bocina) emite la canción favorita del niño (Figura 29).

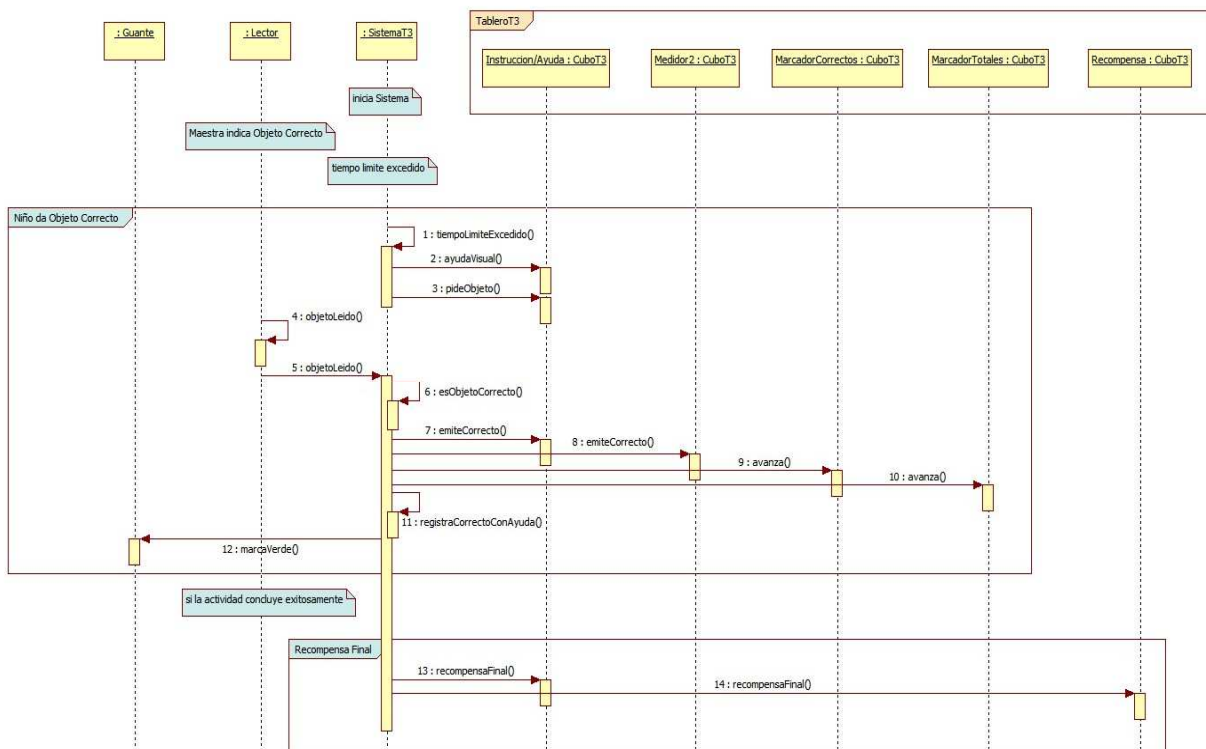


Figura 29. Diagrama de secuencia. Funcionamiento TableroT3: Escenario de uso con ayuda visual/posicional

IV.4.7. Evaluación formativa

Después de realizar los últimos cambios al diseño del tablero, se realizó un prototipo de baja fidelidad de lo que sería el tablero T3 (Figura 30c), y se probó en un grupo focal en Pasitos con 11 maestras, las cuales interactuaron con el prototipo (Figura 30a). Durante esta sesión, se presentó un escenario de uso, el cual ejemplifica la forma de utilizar el tablero T3 durante la actividad de discriminación de colores (Ver III.3.2.2.1). Después se mostró el prototipo final de baja fidelidad en el que las maestras podían interactuar, tomando el rol de maestra o de niño (Figura 30b), y las maestras contestaron en TAM [73]. (Ver apéndice C).



Figura 30. (a) Presentación de prototipo (b) Interacción con el prototipo de baja fidelidad (c) Grupo focal.

Los resultados indicaron que las maestras *usarían el sistema si está disponible*: 100% “están de acuerdo o completamente de acuerdo”; 75% “están de acuerdo o completamente de acuerdo” y 25% “ligeramente de acuerdo” que *el sistema es fácil de usar*; y 87.5% “están de acuerdo o completamente acuerdo” y 12,5% “ligeramente de acuerdo” *están interesados en utilizar el sistema*. (Figura 31).

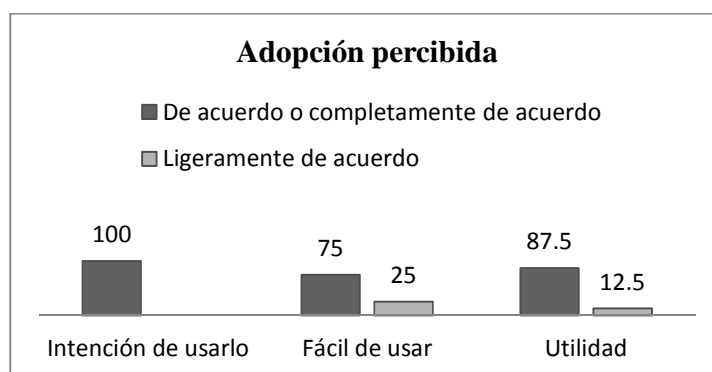


Figura 31. Resultados durante la Evaluación formativa

Durante la evaluación se les preguntó a las maestras por ejemplos específicos sobre cómo podría impactar el sistema en su trabajo, la mayoría de las profesoras explican dos ventajas principales que ven del sistema: la primera es facilitar el proceso de los registros y evaluaciones, ya que este proceso manual es tardado, mencionando el beneficio que podrán obtener al ver los comportamientos cuando no tengan que estar escribiendo, maestras comentan:

“... en el momento tengo que anotar todo [refiriéndose a las respuestas de los estudiantes], con [el sistema] voy a poder observar otros comportamientos como ahorrar tiempo que invierto anotando” [T4, Maestra Titular]

“[El sistema] nos ayudará a crear los informes y en nuestras evaluaciones, nos dará la información que necesitamos y lo acelerará [nuestro trabajo], no sólo aquí, sino [el trabajo] que llevar a casa también. Debido a que en casa es cuando trabajamos con los datos de los registros” [T2, Maestra Titular]

La segunda ventaja mencionada es la forma de despliegue de las recompensas y las instrucciones mostradas por el tablero T3, la cual motivara al estudiante a no distraerse en la actividad, maestras comentan:

“Creo que las recompensas serán llamativas y atractivas para los estudiantes” [A4, Maestra Auxiliar]

“Los estudiantes se esforzarán y serán más felices durante la actividad” [A3, Maestra Auxiliar]

Las maestras, sin embargo no estaban seguras acerca de la *utilidad del sistema*, el 62,5% “están de acuerdo o completamente de acuerdo” y el 37,5% “ligeramente de acuerdo”. Algunas maestras comentan su incertidumbre sobre el impacto que tendrá en su trabajo:

“No puedo decir cómo [el sistema] tendrá un impacto mi trabajo hasta que lo use” [T1, Maestra Titular]

En la pregunta sobre la *percepción del impacto del sistema en los niños*, las maestras contestaron “están de acuerdo o totalmente de acuerdo”, *los estudiantes usarán el sistema, se motivarán durante su uso, y ayudará a los niños durante la formación*, el 87.5% “de acuerdo o muy de acuerdo” y el 12.5% “ligeramente de acuerdo”

“Al final, estamos haciendo esto [se refiere a la utilización del sistema] para obtener una mejor respuesta de los estudiantes y para impactar positivamente en su desarrollo, esto es algo muy positivo, por supuesto, no debemos esperar un gran cambio, pero aunque sea algo pequeño es una ventaja, ya estamos ganando” [T2, Maestra Titular]

“Ellos estarían más interesados en la tarea [refiriéndose a la actividad]” [T1, Maestra Titular]

Los participantes no estaban seguros de que el sistema ayudará a los estudiantes para completar su trabajo más rápido, el 37,5% “de acuerdo o muy de acuerdo” y 62,5% “eran neutrales o ligeramente de acuerdo”. Las maestras mencionaron que existen niños que pueden distraerse por el material que tiene el tablero, otras mencionan la incertidumbre de si los estudiantes cumplirán con las metas más rápido:

“Yo no estoy segura si los estudiantes van a alcanzar sus metas más rápido” [T6, Maestra Titular]

“[El sistema] tiene también muchos refuerzos y podría distraer a los estudiantes de su objetivo principal” [T1, Maestra Titular]

“Creo que el tablero es un poco grande y con tantas cosas podría distraerlos [los niños]” [A4, Maestra Auxiliar]

En general, los participantes validaron los escenarios y proporcionaron ideas adicionales y oportunidades para la aplicación de la tecnología, por ejemplo, el uso de objetos T3 para apoyar las terapias de integración sensorial.

IV.5. Resumen

En este capítulo, se describe el diseño centrado en el usuario y la implementación de la interfaz tangible T3 y el Tablero T3. Estos prototipos fueron inspirados en los resultados del estudio contextual, y un conjunto de sesiones participativas con un grupo multidisciplinario y una evaluación formativa, a través de las cuales las maestras daban retroalimentación y pedían requerimientos específicos que debía contar el prototipo.

Durante el proceso, se realizó un estudio de factibilidad de los primeros dispositivos tecnológicos a utilizar, al finalizar los cambios de tecnología y diseño, se realizó un grupo focal en el cual las maestras pudieron interactuar y evaluar el prototipo mediante un cuestionario.

Capítulo V. Evaluación

V.1. Introducción

En este capítulo se describen los resultados de la evaluación del tablero T3 en tres salones de clases con un total de 18 niños con autismo y 7 maestras de Pasitos (n=25) por un periodo de 7 semanas. Primero, se describe el diseño del estudio, la metodología de evaluación, el procedimiento durante cada fase y los resultados obtenidos al finalizar la evaluación.

V.2. Diseño del estudio

En esta sección detallaremos el proceso de diseño de la evaluación. Inicialmente plantearemos las preguntas de investigación que sirvieron como base durante la evaluación, mismas que serán respondidas con la información resultante de esta evaluación. Enseguida se muestra la metodología que se siguió y los resultados obtenidos.

V.2.1. Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación que dirigieron la evaluación se basan en la última pregunta de investigación:

- **¿Cuál es el impacto de los objetos aumentados en las terapias de niños con autismo?**
 - ¿Las interfaces tangibles permiten reducir la carga de trabajo de las maestras en relación al registro de información, y en proporcionar ayudas y recompensas?
 - ¿Cuál es el impacto de la interfaz tangible en la eficacia cognitiva y en el comportamiento de niños con autismo?

V.2.2. Metodología

En este estudio se utilizó la técnica de diseño experimental de sujeto simple en reversa conocida como ABA; en la que los participantes son expuestos a una condición base (A) en la que no existe ningún tratamiento, después son expuestos al tratamiento (B), y finalmente son devueltos a la condición en la que no existía el tratamiento (A). Esto permite

evaluar de forma más precisa y confiable los efectos del tratamiento [75]. El estudio entonces se dividió en tres fases: (1) línea Base, (2) intervención o uso de la tecnología, y (3) retiro de la tecnología. Durante las tres fases se realizó observación no participativa, mediante videograbaciones de las actividades que los participantes realizaban, para su análisis posterior. Durante la fase de línea base y retiro de la tecnología, se realizaron dos grupos focales, y durante la fase de intervención se realizaron entrevistas semanales las cuales se grabaron, y se transcribieron para su análisis posterior.

V.2.2.1 Línea Base

En esta primera fase los estudiantes y las maestras realizaban las terapias cognitivas sin uso de tecnología utilizando objetos reales y ayudas basadas en papel (condición A). Durante este tiempo, se realizaron 27 horas de observación no participativa a lo largo de dos semanas, con un promedio de 163.2 min al día y una desviación estándar del 6.2417 (Tabla 7). La observación se enfocó en las actividades realizadas durante la terapia cognitiva, capturando todo por medio de video y de anotaciones (Figura 32). Y una entrevista al inicio de la evaluación.



Figura 32. Observación línea base

Tabla 7. Participantes durante la evaluación

Grupo	Número de Niños	Edades	Maestras participantes
A	7	3 a 6 años	Maestra Titular (T1) Maestra Auxiliar (A1) Maestra Servicio Social (A2)
B	7	7 a 9 años	Maestra titular (T2) Maestra Auxiliar (A3)
C	4	6 a 7 años	Maestra Titular (T3) Maestra Auxiliar (A4)

V.2.2.2. Intervención: Uso de tecnología

Se inició con la implantación del Tablero T3 (Condición B), con una serie de adecuaciones físicas para la colocación del mismo en los espacios de las aulas donde se le daría el uso. Se realizó un entrenamiento en el uso del tablero T3, el cual constó de 2 etapas. La primera etapa de entrenamiento consistió en explicar el uso del Tablero T3 a las maestras, se dio una introducción general del uso del tablero T3, y se capacitó a las maestras en cada una de las funcionalidades del tablero T3. La segunda etapa de entrenamiento involucró el dar soporte a las maestras durante el entrenamiento que ellas les daban a los niños con autismo durante el primer uso del tablero T3. Terminando la fase de entrenamiento, las maestras cambiaron de la condición A, a la condición B. Durante este tiempo los informantes realizaron las terapias cognitivas utilizando el Tablero T3 por 4 semanas. Durante este periodo, se realizaron un total de 17 entrevistas, y 17 horas y 22 minutos de observación no participativa, con un promedio de 65.12 min al día y una desviación estándar de 11.85 (Figura 33).



Figura 33. Observación durante la implementación de la tecnología

V.2.2.3. Retiro de la tecnología

En esta última fase se hizo el retiro del Tablero T3, y los participantes regresaron a la condición A. Durante esta fase se realizaron 12 horas de observación no participativa, con un promedio de 144 minutos al día y una desviación estándar de 9.69. Al término de esta etapa, se realizó un grupo focal con las maestras participantes para determinar la experiencia de la terapia, una vez retirada la herramienta.

V.3. Resultados

Durante el proceso de la implantación de la tecnología, se realizaron a las maestras, entrevistas semi- estructuradas para ver el impacto que estaba teniendo el tablero T3 (ver apéndice C), al igual que se realizó observación no participativa la cual fue grabada para transcribir información y analizarla a mayor detalle. Los resultados del impacto obtenidos se describen a continuación.

V.3.1. Impacto del uso de tableroT3

Primeramente, presentamos tres casos de niños con autismo para ejemplificar como se utilizó el tablero T3. Cada uno de los casos ejemplifica un el peor, medio y mejor caso.

V.3.1.1. Escenario de uso con Alex: caso medio

Alex es un niño con autismo del grupo A que tiene problemas de comportamiento. Durante las actividades de la terapia cognitiva, Alex tiende a voltear a diferentes partes antes de ponerle atención a la maestra, se distrae con mucha frecuencia durante la actividad, y tiene problemas para realizar la transición de una actividad a otra. Por estas razones, la maestra le ofrece mucha ayuda física durante las actividades (Figura 34a). Durante la implantación del tablero T3 Alex se mantuvo más interesado en la actividad, ya que las características de los objetos le llamaban la atención (donde la actividad consistía en estar enfocado en los objetos).

Durante las 13 actividades realizadas con 10 ensayos cada uno (aproximadamente), Alex recibió del tableroT3 (Figura 34c) ,75 Recompensas, 7 ayudas verbales y 48 ayudas físicas (Figura 34b). La maestra titular del Grupo comentó en referencia del impacto positivo que T3 tuvo en Alex:

“se muestra más interesado en el uso del tablero, este, hay más atención en cuanto a las actividades”.

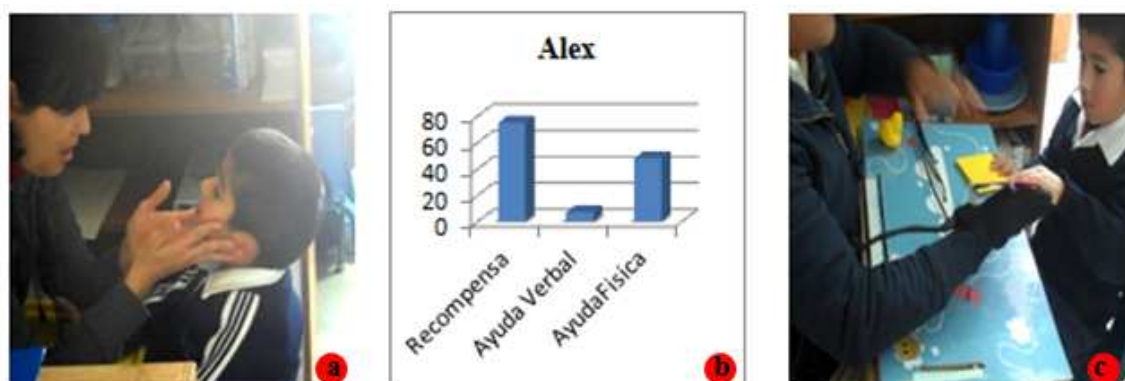


Figura 34. (a) Maestra buscando atraer a Alex a la actividad. (b) Promedio de acciones con tablero T3. (c) Alex utilizando Tablero T3

V.3.1.2. Escenario de uso con Mario: Peor caso

Mario es un niño con autismo del grupo C que tiene problemas en la transición de turnos. Las maestras tienen que mentirle a Mario para lograr que Mario trabaje en las terapias, y algunas veces tienen que proporcionarle ayuda física para llevarlo a las terapias. Mario se torna agresivo y reacciona pellizcando a las maestras, haciendo bolita las tarjetas de trabajo o pateando la mesa para evitar trabajar (Figura 35a). Durante la implantación del tablero T3, Mario fue uno de los últimos en utilizarlo, ya que la maestra quería despertar el interés de Mario al observar a sus otros compañeros utilizarlo, durante la utilización del tablero T3, la maestra titular tenía sus reservas a su utilización, ya que Mario tiende a aventar los objetos o hacerlos bolita, sin embargo, el uso del tablero T3 causó que Mario quisiera ir a trabajar sin tenerlo que forzar (Figura 35c). El uso de los materiales y la atención que puso durante las actividades, ayudó a que cumpliera con el objetivo de la actividad. Durante 17 actividades realizadas, Mario recibió del tablero T3 156 Recompensas, 10 ayudas visuales/posicionales y 4 ayudas físicas (Figura 35b). La maestra titular del grupo comentó respecto a Mario:

“Pues ya ves que habíamos visto con Mario, bueno te pongo de ejemplo a él, porque es con el que batallo, bueno, batallaba más para trabajar con él y eso, pero se fijo en todo, en cada detalle y va como que si le funcionó, porque en primer lugar va a trabajar que es lo que me ha servido bastante, ya ves cómo batallábamos para que fuera a trabajar (sin T3), entonces ya ahorita con T3 pues ya va solito sin que esté como ahí casi atando la silla para que trabaje..”

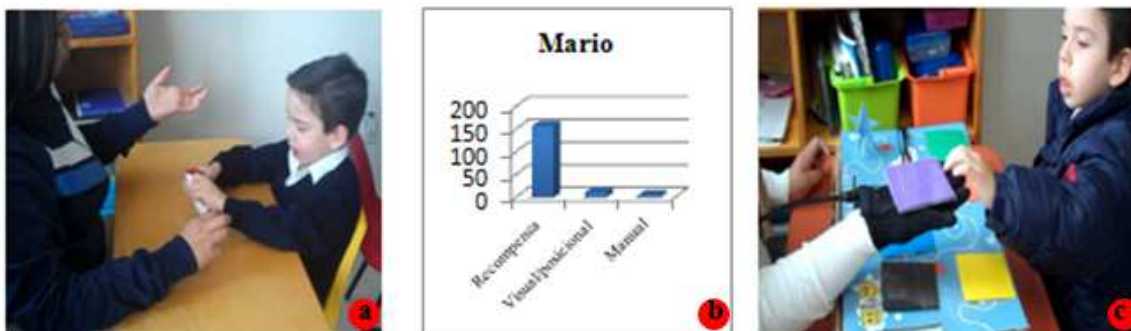


Figura 35. (a) Mario destruyendo material de la actividad. (b) Promedio de acciones con tablero T3. (c) Mario utilizando el tablero T3.

V.3.1.3. Escenario de uso con Carlos: Mejor caso

Carlos es un niño con autismo del grupo A, durante el proceso de las actividades las maestras tienden a tener problemas porque juega con las piezas, y la mayoría de las veces terminan en el suelo, lo que hace que el proceso de la actividad sea más tardado (Figura 36a) sin embargo el proceso lo completa con éxito. Durante la implementación del tablero T3, Carlos le puso atención a las diferentes instrucciones dadas por el cubo T3, durante el proceso, Carlos cumplía con lo que se le pedía para poder recibir la recompensa final que le gusta mucho (Figura 36c). Durante 13 actividades realizadas, Carlos recibió del tablero T3 130 Recompensas, 0 ayudas de cualquier tipo (Figura 36b). La maestra titular del grupo nos comenta con respecto a Carlos:

" ... Está como más motivado, porque está esperando el reforzador al final."

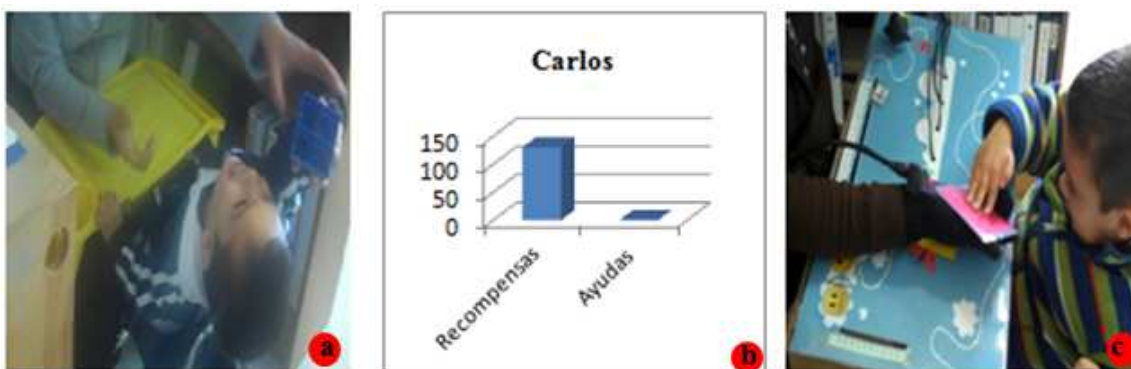


Figura 36. (a) Maestra buscando atraer a Alex a la actividad. (b) Promedio de acciones con tablero T3. (c) Alex utilizando tablero T3.

V.3.2. Impacto en la maestra

Durante el uso del tablero T3 encontramos que el tablero redujo la carga de trabajo de las maestras y facilitó el registro de la información.

V.3.2.1. Uso y adopción

El tablero T3 generó un impacto positivo en la carga de trabajo de las maestras, ya que ayudó a mantener al estudiante enfocado "en la tarea". Las maestras consideraron que el tablero T3 es fácil y atractivo. Las maestras aprendieron rápidamente cómo utilizar el tablero T3 con unas pocas horas de entrenamiento.

"[El uso del tablero T3], Me gusto" (A1, Maestra Auxiliar)

"... siento que es fácil [la actividad con el tablero T3], porque los niños están como que más atentos..." (T1, Maestra Titular)

Estos resultados demuestran que los objetos aumentados son fáciles de utilizar, e importantes para las maestras durante las ejecución de las terapias de los niños con autismo.

V.3.2.2. Sobrecarga de trabajo

Durante el uso del tablero T3 los problemas de comportamiento de los estudiantes disminuyeron, generando menos carga de trabajo en las maestras, y logrando que la organización de la clase mejorara. Las maestras necesitaron menos tiempo para completar la terapia, ya que los niños no se distraían tanto.

"con Jaime... él no presenta tanto ansiedad, si no se distrae mucho y empieza a estar jugando y disminuyó, en las veces que yo estuve trabajando con él a como las otras maestras, yo sí sentí que sí disminuyó estar distraído, estaba más atento a lo que le estuvieran diciendo." (T2, Maestra titular)

"me gustó mucho porque es más rápida, más ágil, más rápido trabajas con el niño, más rápido terminas y el niño como que sí se da cuenta que está trabajando más rápido, que hay más respuesta de los dos [maestra y niño]" (A1, Maestra Auxiliar)

"[la actividad] fue más ágil, creo que fue más rápido..." (T2, Maestra Titular)

Esto demuestra que el tablero T3 ayudó a las maestras, haciendo la terapia más rápida, ayudando a que los niños estuvieran más enganchados en la actividades e impactando positivamente la duración de la terapia ya que las maestras ahora se pueden enfocar en actividades relacionadas con la terapia, y no en estar reduciendo los problemas de comportamiento.

V.3.2.2.1. Ayudas, recompensas e instrucciones

Durante el uso del tablero T3 las maestras redujeron el número de indicaciones, ayudas y recompensas, las maestras comentan:

" si siento que fue un poquito más independiente por ejemplo, te digo que ya, técnicamente ellos estaban trabajando, o sea que ya no les di tanta ayuda física ... " (T2, Maestra titular)

"si di menos ayuda, vi a los niños más interesados en participar y en trabajar. " (A3, Maestra Auxiliar)

Estos resultados destacan que es importante considerar la inclusión de imitar las prácticas actuales, en términos de instrucciones, ayudas y recompensas, en el diseño de tecnologías tangibles para niños con autismo. Incorporar indicaciones y recompensas ayuda a los maestros a reducir su carga de trabajo y mantener a los estudiantes involucrados en las actividades.

V.3.2.3. Turnos y transiciones

Los estudiantes se mostraron interesados en ser los primeros en pasar, por lo que mejoró su disposición para ir a trabajar en la terapia. Durante el uso del tablero T3, los estudiantes se mantuvieron "en la actividad", por lo que la transición entre actividades duraba menos, mejorando el proceso de interacción durante la terapia.

V.3.2.3.1. Manejo de turnos

Como se muestra en los escenarios, uno de los principales problemas de comportamiento de los niños es cuando se realiza el cambio de turno. Las maestras invierten mucho tiempo y esfuerzo en llamar al niño a su tarea, y muchas veces les mienten a los niños para que pasen a realizar la terapia. Los resultados muestran que la transición entre turnos para los niños fue más fácil, ya que la mayoría de los niños se sentaban cerca a

esperar su turno porque querían trabajar con el tablero T3. Las maestras comentan los diferentes cambios que tuvieron los niños durante la fase de la utilización del tablero T3.

“Primero que nada desde el momento en que llega el equipo la mirada de los niños, ya se dan cuenta de que vamos a trabajar con eso, entonces el niño se emociona y esta así como que más atento de a ver a qué horas le hablan para llegar a trabajar” (A1, Maestra Auxiliar)

“la mayoría ya estaban como esperando su turno, como de ya quiero pasar, se llegaban a sentar sin permiso, eso es algo que cambió...” (A3, Maestra Auxiliar)

“Algunos niños hacían el berrinche completo y ahorita... él se sentó solo no había nadie en la silla, el se sentó, tomó su lugar y se puso a trabajar, sin hablarle ni nada, y simplemente con eso te das cuenta que es algo bueno para ellos y que les está gustando trabajar con eso.” (T3, Maestra titular)

Estas transiciones no solo se dieron entre turnos, sino también entre actividades. Antes inclusive cuando las maestras cambiaban de objetivos, o empezaban un nuevo ensayo los niños perdían concentración con la terapia. Ahora los niños se encuentran más enganchados y las transiciones entre ensayos y actividades son más fáciles, por que los niños están cooperando, una maestra comenta:

“... el niño está sentado está esperando escuchar la instrucción para ver qué le vas a pedir...” (A1, Maestra Auxiliar)

Esto demuestra que este tipo de objetos aumentados pueden ser también útil en escuelas de niños típicos donde las maestras también enfrentan estos problemas.

V.3.2.4. Registro de información

Usando el Tablero T3 encontramos que las maestras redujeron su carga de trabajo en el sentido de que no fue necesario que capturaran notas durante la terapia.

“... [el uso del tablero T3] recorta el tiempo de estar haciendo anotaciones...” (T1, Maestra titular)

“[Con respecto al registro automático] Ay súper bien, no es tanto volteando, no es de que el niño, estás trabajando con el niño y te volteas a escribir algo y el niño salió corriendo, o ya perdió la atención el niño, entonces ya, el hecho que sea automático ya, quita tiempo al maestro de estar así como que esperar a registrar al final o entre y que el niño pierda la atención”. (A1, Maestra Auxiliar)

“... [el uso del tablero T3] si te ahorra tiempo el no estar registrando...” (T2, Maestra titular)

Durante el uso del tablero T3, los maestros no tenían que preocuparse en que ensayo iban o en tomar notas durante la terapia. Estos resultados implican no solo que desapareció el registro manual de las maestras, sino que el tablero T3 permite a las maestras enfocarse en el niño durante la terapia, una maestra nos comenta:

“... [ahora que no hago registro] ahora, me enfoco a lo que está haciendo el niño, no tanto a estar anotando, eso me gustó y más ahorita que ya miré reportes, así como que, me quedé impactada porque son muchos números que yo no anoté” (T3, Maestra Titular).

Estos resultados resaltan la importancia del uso de tecnologías para facilitar el mantenimiento de registros durante las terapias de los niños con autismo, como una visión del diseño en el diseño de tecnologías tangibles. Los resultados también mostraron que el registro automático permite a las maestras llevar las estadísticas de rendimiento de los niños con autismo, e incrementar la cantidad de información que registran.

V.3.2.4.1. Precisión en los datos

Con el registro automático, durante el uso del tablero T3 se evitaron las distracciones frecuentes y el registro de datos erróneos, un problema frecuente que se daba durante el registro manual.

“El tiempo sobre todo[apoyo de tablero T3], porque igual muchas veces cuando estamos anotando para no perder tiempo lo vamos grabando en nuestra mente o vamos haciendo cuentas mentales de ‘en el ensayo 4 se equivocó’ y cuando estás haciendo anotaciones te quedas : ‘en qué ensayo fue?’[Se nos olvida]” (A2, Maestra Servicio social)

“[precisión de los datos]Bastante porque siento que al menos en lo real este, vas a saber exactamente en qué número de ensayo cometió el error, por ejemplo yo sí apunto, y trato de acordarme de todo, pero en ocasiones que se me escapa algo, es como ‘yo sé que hizo 2 malas, pero no sé exactamente si en el primero o en el último, entonces realmente voy a tener la información real, no el nada más ‘tuvo 2 ensayos’...” (T3, Maestra Titular)

El uso del tablero T3 ayudo a que las maestras no se preocuparan en recordar en que ensayo se equivocaba el niño o de tomar notas durante la terapia. Estos resultados no sólo reducen la carga asociada con el mantenimiento del registro de datos, sino también que ayuda a los maestros enfoquen su atención en los comportamientos del niño durante la terapia.

V.3.3. Impacto en el estudiante

Más allá del impacto sobre las maestras, el tablero T3 también impacto en las prácticas de los estudiantes mejorando su comportamiento, su eficiencia cognitiva, y su nivel de atención durante las terapias.

V.3.3.1. Uso y adopción

Los estudiantes recibieron positivamente el uso del tablero T3, y los niños aprendieron rápidamente a usarlo según las instrucciones recibidas y a disfrutar la experiencia de aprendizaje, las maestras comentan:

“... yo sentí que los niños inmediatamente empezaron a entender la dinámica y trabajaron bastante bien,..., la mayoría lo logró hacer con éxito y se le dio la recompensa de acuerdo a T3.” (T2, Maestra Titular)

“... aunque es algo diferente y pensé que iba cambiar en ellos[negativamente], pero no, y en eso de los monitos que le llaman la atención a ellos por estar ahí, los sonidos y la lucecita cuando de repente prende y el niño que se da cuenta que lo mira y se emociona” (A1, Maestra Auxiliar)

Estos resultados demuestran que los objetos aumentados son fáciles e importantes para los niños con autismo durante la ejecución de las terapias.

V.3.3.2. Comportamiento

Los estudiantes mejoraron en su comportamiento, mostraron entusiasmo mientras esperaban su turno a pasar con la maestra para utilizar el tablero T3, durante su utilización se mostraron interesados durante la terapia, aprendiendo a usarlo con un mínimo de formación.

“Pues si les llama la atención, hay un grado de interés por usarlo, de hecho se portan mejor para ser los primeros, claro en los casos de que hay un nivel de conciencia bastante bueno.” (T1, Maestra Titular)

En base a la percepción de las maestras el tablero redujo la cantidad de manierismos (e.g., agitar las manos) que los estudiantes exhibían durante la terapia. Nuestra hipótesis de este comportamiento es que los estímulos que proporcionaba el tablero lograban que el estudiante dirigiera su atención hacia la tarea logrando discernir los estímulos del ambiente, una maestra comenta:

“Yo sentí que la redujo[ansiedad], por ejemplo con Humberto, es un poquito, se pone medio ansioso cuando esta uno a uno, incluso presenta conductas de estar pellizcando a la maestra o hasta patearla y lo sentí bastante atento, bastante tranquilo y fue de los primeros, de los rápidos que terminaron...” (T2, Maestra Titular)

Además de la atención sobre la tarea, observamos que los estudiantes estaban más enfocados en la maestra y lo que estaba haciendo. Anteriormente, los estudiantes no hacían contacto visual, y después de muchas ayudas los estudiantes lograban vincularse con los objetos de la terapia, pero pocas veces con la maestra. Durante el uso del tablero observamos que este comportamiento cambió permitiendo a los estudiantes estar atentos con la maestra y establecer este vínculo inexistente previo al uso del tablero T3. Las maestras comentan:

“... en ciertos niños que casi no tenían la atención ya la tengo” (A1, Maestra Auxiliar)

“Pues creo que sí lo hace estar más atento, antes era como: ‘Nadia mírame, Nadia’, o sea, primero teníamos que hacer que la niña te mirara a ti para poder dar la instrucción y

ahora si la puedes, si la haces que ya esté viendo que ya esté esperando la instrucción.”
(A4, Maestra Auxiliar)

“Pues en lo que más es la atención que tiene el niño hacia la actividad, eso es lo que más me ha funcionado.” (T3, Maestra Titular)

"siento que es fácil porque los niños están como que más atentos, están como que muy interesados en la actividad..." (T1, Maestra titular)

V.3.3.2.1. Motivación

Además, el tablero T3 logro que los estudiantes estuvieran motivados durante la terapia. Antes del uso del tablero los estudiantes pasaban mucho tiempo “fuera de la tarea” pero ahora con el uso del tablero los estudiantes están más motivados y atentos a la tarea.

“... [el uso del tablero T3] me ha funcionado porque tienen más motivación a trabajar, como que les gusta mucho más ir a trabajar.” (T3, Maestra Titular)

“[uso del tablero T3] si me funciona mucho porque motiva a los niños a estar ahí” (A1, Maestra Auxiliar)

“... [cuando usaba el tablero T3]La mayoría llegaba más contento a trabajar porque se daban cuenta que iban a usar la tecnología...” (A3, Maestra Auxiliar)

V.3.3.3. Desempeño

Debido a que las sesiones con el tablero T3 eran más enfocadas y efectivas, hubo mejoras importantes en el desempeño de los niños, tanto en términos de eficiencia cognitiva como de concentración.

“... como te estaba comentando los niños han avanzado mucho [con el uso del tablero T3]...” (A1, Maestra auxiliar)

“Se encuentran más atentos, o sea como he trabajado y si me han estado dando respuesta, yo pudiera decir que si se encuentra más atento en cuanto al trabajo...” (A4, Maestra Auxiliar)

El uso del tablero mejora no sólo la eficacia de la terapia en los estudiantes, el logro más rápido y la promoción de mejores resultados; si no que permite a los estudiantes para realizar la actividad de forma más independiente, con menos indicaciones e instrucciones de la maestra. Estos resultados demuestran que los objetos inteligentes pueden mejorar las terapias cognitivas de los estudiantes.

V.4. Resumen

En este capítulo se presentó la evaluación del uso del Tablero T3 en la institución Pasitos, se describió el método realizado durante la evaluación el cual se dividió en tres fases. Dentro de los resultados se mostraron casos de estudio observados durante la implementación de la tecnología, así como, los resultados del análisis cualitativo, y el impacto de los objetos T3 y el tablero T3 en la maestra y el niño durante la realización de terapias cognitivas.

Las maestras estuvieron muy interesadas en explorar cómo los cubos T3 ayudan a los niños con autismo a generalizar las habilidades aprendidas fuera del salón de clases, abriendo nuevas preguntas alrededor del impacto de los objetos aumentados utilizados en situaciones de la vida real, por ejemplo, más allá del entorno del salón de clases. Además, los niveles de independencia accesibles a los individuos que usan estas herramientas y las formas en que esta "independencia asistida" se mide deben seguir siendo exploradas.

VI. Conclusiones, Aportaciones y Trabajo Futuro

En este trabajo se propone explorar el uso de objetos tangibles en apoyo a las terapias de niños con autismo. Se siguió una metodología centrada en el usuario por lo que los objetos tangibles se diseñaron tomando en cuenta las necesidades de las maestras.

A partir de los resultados de un estudio contextual se generó el diseño del prototipo T3, el cual se evaluó por un periodo de 7 semanas con 18 niños con autismo y 7 de maestras. Los resultados de la evaluación indican que T3 generó un impacto en el apoyo durante las terapias cognitivas ofrecidas.

VI.1. Conclusiones

Una vez que se terminó el trabajo de investigación podemos concluir lo siguiente:

Basados en el trabajo relacionado, al igual que en el estudio contextual que se realizó en la institución, fue posible identificar las problemáticas enfrentadas por los cuidadores durante las terapias cognitivas (ver sección III), y las estrategias de solución que las maestras utilizan.

Se mostro cómo es que los objetos aumentados adecuadamente diseñados pueden jugar un papel crucial aliviando los retos que enfrentan las maestras durante el entrenamiento de terapias cognitivas de niños con autismo. Los resultados demuestran que los principios de diseño son útiles para el desarrollo de objetos aumentados que de manera apropiada faciliten el registro, reduzcan la carga de trabajo de las maestras y ayuden a los maestras a mantener a los estudiantes "en la tarea" (ver sección V).

Las lecciones aquí descritas podrían ser útiles para personas diseñando objetos aumentados para niños, principalmente niños con autismo, y para practicantes en educación especial que busquen formas innovadoras de mejorar el cuidado de los estudiantes con autismo.

VI.2. Aportaciones

Este trabajo de investigación hace las siguientes contribuciones:

La aportación principal de esta investigación fue el explorar la experiencia de uso de objetos tangibles como tecnología de apoyo en las terapias cognitivas de niños con autismo.

Existen aplicaciones de objetos tangibles en áreas como la educación y los juegos (e.g., Lego MindstormsTM [76]), pero no existen aplicaciones enfocadas en el trabajo de niños con autismo. Nuestra investigación buscó apoyar un área específica donde se encontraron datos relevantes para la realización de un prototipo que apoyara a aquellas personas que ofrecen terapias a esta comunidad, y entender un poco mejor acerca de esta experiencia de uso.

Se diseñaron 3 prototipos base, y a partir de estos se implementó un objeto tangible. T3 ofrece diferentes apoyos a las maestras durante las terapias cognitivas de niños con autismo.

Finalmente la realización de este trabajo generó la publicación y colaboración de:

- **Ibarra, C.** y Tentori, M. “Things that think” for the cognitive skills training of students with autism. Workshop on Evaluation, interfaces and education, de CHI '12, Autisn, Texas.
- Quintana, E., **Ibarra, C.**, Escobedo, L., Tentori, M. and Favela, J. (2012) “Object and gesture recognition to assist children with autism during the discrimination training”, CIARP '12, Buenos Aires, Argentina

VI.3. Trabajo Futuro

A lo largo de la investigación, se identificaron aspectos que pueden ser abordados como trabajo futuro, los cuáles se describen a continuación:

- Se recabaron los datos para realizar una medición cuantitativa, sin embargo, por falta de tiempo, se deja como trabajo a futuro el Análisis cuantitativo del impacto que representó el uso del prototipo, en términos de duración de la terapia y el impacto a nivel cognitivo.
- Evaluar el uso del prototipo en apoyo a otras actividades de aprendizaje con niños con Asperger y niños neurotípicos⁹.
- Extender las capacidades del cuboT3 para que éste pueda ser utilizado en otras terapias, como la terapia sensorial.
- Integrar a la arquitectura mecanismos que permitan reducir la necesidad de configuración por el usuario.
- Utilizar el tiempo de respuesta que se almacena en el sistema para generar un sistema de reconocimiento de ayudas configuradas según la necesidad del niño y del tiempo de respuesta obtenida durante su utilización.
- Implementación de un prototipo T3 inalámbrico que incremente la facilidad de uso de los objetos, optimice el uso del espacio y erradique algunos problemas mecánicos menores.
- Incluir más patrones de interacción al cubo T3 para cubrir un espectro más amplio de funcionalidad, y explorar el uso de la tecnología Arduino de sensores para habilitar comunicación inalámbrica entre los objetos aumentados.

⁹ Palabra usada por algunos miembros de la comunidad autista para referirse a las personas que no son autistas. El término se utiliza en lugar de "normal" que se considera inapropiado ya que en su opinión califica implícitamente a los autistas de "anormales".

Referencias

- [1] Weiser M., 1994. The world is not a desktop, *Communications of the ACM* 1994. 1(1): 7-8.
- [2] Weiser M., 1991. The computer for the 21st. century, *Scientific American Ubicomp*1991. 256(3); 94-104.
- [3] Weiser M., 1993. Some computers science issues in ubiquitous computing, *Communications of the ACM* 1993. 36(7):78-84.
- [4] Dourish P., *Where the Action Is. The Foundations of Embodied Interaction.* MIT Press, 2001.
- [5] Shaer O, and Hornecker E. 2010. Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.* 3, 1\&\#8211;2 (January 2010), 1-137.
- [6] Fitzmaurice G, Ishii H., and Buxton W, “Bricks: Laying the foundations for graspable user interfaces,” in *Proceedings of CHI95*, pp. 442–449, NY: ACM, 1995.
- [7] Ishii H. and Ullmer B., “Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms,” in *Proceedings of CHI97*, pp. 234–241, NY: ACM, 1997.
- [8] Ullmer B, Ishii H (2001) Emerging frameworks for tangible user interfaces. In: Carroll JM (ed) *Human–computer interac- tion in the new millennium.* Addison-Wesley, New York, pp 579–601.
- [9] American, P. (1994). “Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*” (4th ed.). Washington, DC.
- [10] Miranda, P. "Autism, Augmentative Communication, and Assistive Technology: What Do We Really Know?" *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities* Vol. 16 No. 3 Fall 2001 141-151
- [11] Hayes G.R., Patterson D. J., Monibi M, and Kaufman S. J. 2008. Interactive and intelligent visual communication systems. In *Proceedings of the 7th international conference on Interaction design and children (IDC '08).* ACM, New York, NY, USA, 65-68.
- [12] Hayes G.R., and Karahalios K. G.. 2012. Theme issue on autism and technology. *Personal Ubiquitous Comput.* 16, 2 (February 2012), 115-116.
- [13] Resnick M, Martin F, Berg R, Borovoy R, Colella V, Kramer K, and Silverman B, “Digital manipulatives: New toys to think with,” in *Proceedings of CHI'98*, pp. 281–287, NY: ACM, 1998.
- [14] Kientz J.A,Boring S,Abowd G.D.,and Hayes G.R."Abaris: evaluating automated capture applied to structured autism interventions. In *Proceedings of the 7th international*

- conference on Ubiquitous Computing (UbiComp'05), Michael Beigl, Stephen Intille, Jun Rekimoto, and Hideyuki Tokuda (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 323-339.
- [15] Gilmore, T. (1999). The efficacy of the Tomatis Method for children with learning and communication disorders: A meta-analysis. *International Journal of Listening*, 13, 12-23.
- [16] McEachin J. J., Smith T, and Lovaas O.I., "Long-Term Outcome for Children With Autism Who Received Early Intensive Behavioral Treatment" *American Journal On Mental Retardation*, 1993, Vol 97, No 4, 359-372.
- [17] Williams, G., L.A. Pérez-González, and A. Muller, Using a combined blocking procedure to teach color discrimination to a child with autism. *Journal of applied behavior analysis*, 2005. 38(4): p. 555-558.
- [18] Quill K (1997) Instructional Considerations for Young Children with Autism: The Rationale for Visually Cued Instruction. *Journal of Autism and Developmental Disorders* 27 (6)
- [19] Pontual TF, Price S Informing design for tangible interaction: a case for children with learning difficulties. In: *In Proc. of ACM IDC10.*, 2010.
- [20] Cohen MD, Sloan DL (2008) *Visual Supports for People with Autism: A Guide for Parents and Professionals.*
- [21] Hirano S. H, Yeganyan M. T, Marcu G, Nguyen D.H, Boyd L.A, and Hayes G.R. 2010. 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 (CHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 1633-1642.
- [22] Escobedo L, Nguyen D. H, Boyd L, Hirano S, Rangel A, Garcia-Rosas D, Tentori M, and Hayes G. 2012. MOSOCO: a mobile assistive tool to support children with autism practicing social skills in real-life situations. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 2589-2598.
- [23] Billingham M, Kato H, and Poupyrev I, "The MagicBook—Moving seamlessly between reality and virtuality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp. 1–4, May/June 2001.
- [24] Zhou Z, Cheok A. D, Chan T, Pan J.H, and Li Y, "Interactive entertainment systems using tangible cubes," in *Proceedings of IE2004, Australian Workshop on Interactive Entertainment*, 2004.
- [25] Lee G.A, Nelles C, Billingham M, and Kim G.J, "Immersive authoring of tangible augmented reality applications," in *Proceedings of IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 172–181, IEEE Computer Society, 2004.
- [26] Kirk D.S, Sellen A, Taylor S, Villar N, and Izadi S, "Putting the physical into the digital: Issues in designing hybrid interactive surfaces," in *Proceedings of HCI 2009*, 2009.

- [27] Jordà S, Geiger G, Alonso M, and Kaltenbrunner M, "The reacTable: Exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces," in Proceedings of TEI '07, pp. 139–146, NY: ACM, 2007.
- [28] Greenberg S and Fitchett C, "Phidgets: Easy development of physical interfaces through physical widgets," in Proceedings of UIST'01, pp. 209–218, NY: ACM, 2001.
- [29] Fallman D, "Wear, point and tilt: Designing support for mobile service and maintenance in industrial settings," in Proceedings of DIS2002, pp. 293–302, NY: ACM, 2002.
- [30] Fishkin K. P, Gujar A, Harrison B. L, Moran T. P., and Want R, "Embodied user interfaces for really direct manipulation," *Communications of the ACM*, vol. 43, no. 9, pp. 75–80, 2000.
- [31] Ullmer B, Ishii H, and Jacob R, "Token+constraint systems for tangible interaction with digital information," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, vol. 12, no. 1, pp. 81–118, 2005.
- [32] Underkoffler J and Ishii H, "Urp: A luminous-tangible workbench for urban planning and design," in Proceedings of CHI '99, pp. 386–393, NY: ACM, 1999.
- [33] Aish R, "3D input for CAAD systems," *Computer Aided Design*, vol. 11, no. 2, pp. 66–70, 1979.
- [34] Frazer J and Frazer P, "Three-dimensional data input devices," in Proceedings of Computer Graphics in the Building Process, Washington: National Academy of Sciences, 1982.
- [35] Newton-Dunn H, Nakano H, and Gibson J, "Blockjam: A tangible interface for interactive music," in Proceedings of the 2003 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME-03), pp. 170–177, 2003.
- [36] Raffle H.S, Parkes A.J, and Ishii H, "Topobo: A constructive assembly system with kinetic memory," in Proceedings of the ACM CHI'04, pp. 647–654, NY: ACM, 2004.
- [37] Abrams R, "Adventures in tangible computing: The work of interaction designer 'Durrell Bishop' in context," Master's thesis, Royal College of Art, London, 1999.
- [38] Perlman R, Using Computer Technology to Provide a Creative Learning Environment for Preschool Children. MIT Logo Memo 24, 1976.
- [39] Djajadiningrat J. P, Matthews B, and Stienstra M, "Easy doesn't do it: Skill and expression in tangible aesthetics," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 11, no. 8, pp. 657–676, 2007.
- [40] Coelho M and Maes P, "Shutters: A permeable surface for environmental control and communication," in Proceedings of TEI '09, pp. 13–18, NY: ACM, 2009.
- [41] Banzi M, Getting Started with Arduino. O'Reilly, 2009.

- [42] Brave S and Dahley A, “inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication,” in *Extended Abstracts of CHI '97*, pp. 363–364, NY: ACM, 1997.
- [43] Ballagas R, Memon F, Reiners R, and Borchers J, “iStuff mobile: Rapidly prototyping new mobile phone interfaces for ubiquitous computing,” in *Proceedings of CHI '07*, pp. 1107–1116, NY: ACM, 2007.
- [44] Blackwell A, Edge D, Dubuc L. M, Rode J. A, Stringer M, and Toye E. F., “Using solid diagrams for tangible interface prototyping,” *IEEE Pervasive Computing*, pp. 18–21, October–December 2005.
- [45] Antle A. N, Motamedi N, Tanenbaum K, and Xie Z. L, “The EventTable technique: Distributed fiducial markers,” in *Proceedings of TEI '09*, pp. 307–313, NY: ACM, 2009.
- [46] Antle A. N, “The CTI framework: Informing the design of tangible systems for children,” in *Proceedings of TEI '07*, pp. 195–202, NY: ACM, 2007.
- [47] O'Malley C and Stanton Fraser D, “Literature review in learning with tangible technologies,” NESTA futurelab report 12, Bristol, 2004.
- [48] Goldin-Meadow S, *Hearing Gesture: How Our Hands Help Us Think*. Harvard University Press, 2003.
- [49] Keywon, C., Shilman, Michael, Merrill, Chris and Ishii, H. *OnObject: gestural play with tagged everyday objects*. In *Proc. Symposium on User Interface Software and Technology of the ACM* (2010).
- [50] Resnick M, Martin F, Berg R, Borovoy R, Colella V, Kramer K, and B. Silverman, “Digital manipulatives: New toys to think with,” in *Proceedings of CHI'98*, pp. 281–287, NY: ACM, 1998.
- [51] Zuckerman O, Arida S, and Resnick M, “Extending tangible interfaces for education: Digital montessori-inspired manipulatives,” in *Proceedings of CHI '05*, pp. 859–868, NY: ACM, 2005.
- [52] Kirsh D and Maglio P, “On distinguishing epistemic from pragmatic actions,” *Cognitive Science*, vol. 18, no. 4, pp. 513–549, 1994.
- [53] Kim M. J. and Maher M. L., “The impact of tangible user interfaces on designers' spatial cognition,” *Human-Computer Interaction*, vol. 23, no. 2, 2008.
- [54] Jacob R. J. K, Ishii H, Pangaro G, and Patten J, “A tangible interface for organizing information using a grid,” in *Proceedings of CHI '02*, pp. 339–346, NY: ACM, 2002.
- [55] Patten J and Ishii H, “A comparison of spatial organization strategies in graphical and tangible user interfaces,” in *Proceedings of Designing Augmented Reality Environments, DARE '00*, pp. 41–50, NY: ACM, 2000.

- [56] Horn M. S, Solovey E. T, and Jacob R. J. K., “Tangible programming for informal science learning: Making TUIs work for Museums,” in Proceedings of 7th International Conference on Interaction Design and Children IDC’08, pp. 194–201, NY: ACM, 2008.
- [57] Dourish P, *Where the Action Is. The Foundations of Embodied Interaction*. MIT Press, 2001.
- [58] Holmquist L. E, Redström J, and Ljungstrand P, “Token-based access to digital information,” in Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, (H. Gellersen, ed.), pp. 234–245, Lecture Notes In Computer Science, vol. 1707, London: Springer-Verlag, 1999.
- [59] Want R, Fishkin K, Gujar A, and Harrison B, “Bridging physical and virtual worlds with electronic tags,” in Proceedings of CHI99, pp. 370–377, NY: ACM, 1999.
- [60] van den Hoven E and Eggen B, “Tangible computing in everyday life: Extending current frameworks for tangible user interfaces with personal objects,” in Proceedings of EUSAI 2004, pp. 230–242, Springer, LNCS 3295, 2004
- [61] Mugellini E, Rubegni E, Gerardi S, and Khaled O. A, “Using personal objects as tangible interfaces for memory recollection and sharing,” in Proceedings of TEI’07, pp. 231–238, NY: ACM, 2007.
- [62] Martinussen E. S and Arnall T, “Designing with RFID,” in Proceedings of TEI 2009, pp. 343–350, NY: ACM, 2009.
- [63] Virnes M, Sutinen E, and Karna-Lin E, “How childrens individual needs challenge the design of educational robotics,” in Proceedings of IDC 2008, pp. 274–281, NY: ACM, 2008.
- [64] Farr, W., Yuill, N., Raffle, H., Collaborative benefits of a tangible interface for autistic children, in CHI 2009.2009, acm: boston, ma, usa.
- [65] Dsouza A, Barretto M, Raman V. *Uncommon Sense : Interactive Sensory toys that encourage Social Interaction among children with Autism*.
- [66] Hinske S, Langheinrich M, and Lampe M. 2008. Towards guidelines for designing augmented toy environments. In Proceedings of the 7th ACM conference on Designing interactive systems (DIS ’08). ACM, New York, NY, USA, 78-87.
- [67] Pontual Falcão T and Price S. 2012. Tangibles for students with intellectual disabilities. In *Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children (IDC '12)*. ACM, New York, NY, USA, 371-374.
- [68] Holtzblatt K, Burns Wendell J, and Wood S "Rapid Contextual Design: A how-to guide to key techniques for user-centered design "December 28th, 2004. Morgan Kaufmann Publishers; ISBN: 0123540518

- [69] Bondy, A., & Frost, L. (1994). The picture exchange communication system. *Focus on Autistic Behavior*, 9, 1–19.
- [70] Rachman, S (1997). "The evolution of cognitive behaviour therapy". In Clark, D, Fairburn, CG & Gelder, MG. *Science and practice of cognitive behaviour therapy*.
- [71] Fowler M., 2004. *UML distilled*. Tercera edición. Addison Wesley, Boston, 175 pp.
- [72] Holtzblatt K, Burns Wendell J, Shelley Wood (2004) *Rapid Contextual Design*, Elsevier
- [73] Davis, F.D. and Venkatesh V. Measuring User Acceptance of Emerging Information Technologies: An Assessment of Possible Method Biases. in 28th Hawaii Int'l Conf. System Sciences. 1995: IEEE CS Press.
- [74] Boyd, L., C. McReynolds, and K. Chanin, *A Story-Based Intervention Package for Social Skills*, N.O.C.S.E.L.P. Area, Editor. 2010: Fullerton, CA, USA. p. 190.
- [75] Kazdin A, (1982). *Single-Case Research Designs*. New York: Oxford University Press.
- [76] Resnick M, "Behavior construction kits," *Communications of the ACM*, vol. 36, no. 7, pp. 64–71, July 1993.
- [77] Vyas D, Cristina M. Chisalita, and Gerrit C. van der Veer. 2006. Affordance in interaction. In *Proceedings of the 13th European conference on Cognitive ergonomics: trust and control in complex socio-technical systems (ECCE '06)*.
- [78] Montessori, M. (1949). *Childhood Education*. Henry regency Company, Illinois.

APENDICE A

PROTOCOLO DE ENTREVISTA



[TECNOLOGIA INNOVADORA EN APOYO A TERAPIAS EN NIÑOS CON AUTISMO]

Protocolo de Entrevista: Maestras de Pasitos

Preámbulo (objetivos y aseguramiento de confidencialidad):

Hola buenos días mi nombre es Catalina Ibarra, soy estudiante de Maestría de la UABC campus Ensenada facultad de Ciencias. El objetivo de esta investigación es el desarrollo de tecnología innovadora para apoyar a las terapias que imparte a los niños con autismo. Su apoyo y retroalimentación es muy importante para nosotros ya que no nos especializamos en los temas clínicos referentes al autismo. 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 evaluarla usted, yo simplemente quiero conocer las terapias y los problemas a los que se enfrentan ustedes y los niños, y como es que los enfrentan.

La entrevista nos tomará alrededor de 30 minutos aproximadamente.

Inicio

1. ¿Me podría dar su nombre?

Terapias

1. ¿Me podría decir que tipo de terapias utilizas? (preguntar por comunicación, cognición)
2. ¿Me podría dar un ejemplo de un sesión típica de terapia? (prueba para cada una de las terapias)
3. ¿Qué esperas de cada una de las terapias?
4. ¿Requiere de algún apoyo extra para la realización de las terapias?(Como son?, me las puedes mostrar)
5. ¿Cuáles son los problemas a los que se enfrenta al desempeñar cada una de las terapias? (Prueba): Ejemplos
6. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar esos problemas? (Prueba): Ejemplos

Monitoreo

1. ¿Qué monitoreas en una terapia?
2. ¿Cuál es el objetivo de monitorear esta información?
3. ¿Me podría dar un ejemplo de un escenario típico cuando registra información?
4. ¿Cómo la monitoreas? (monitoreas otro tipo de cosas durante la terapia: inquieto, frustrado por la terapia)
5. ¿Cada cuanto tiempo lo monitoreas?
6. ¿Para qué lo monitoreas?
7. ¿Cuáles son los problemas a los que se enfrenta al monitorear a los niños durante las terapias? (Prueba): Ejemplo?



8. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar esos problemas?
(Prueba): Ejemplos?
9. Que más le gustaría monitorear durante las terapias?

Registro

1. ¿Qué tipo de información registras (monitoreo) de las terapias?
2. ¿Dónde los registras?
3. Cuál es el objetivo de registrar esta información? (especificar casos)
4. De qué manera organiza la información cuando la almacena?
5. Me podría dar un ejemplo de un escenario típico cuando registra información?
6. ¿Cuáles son los problemas a los que se enfrenta al llevar el registro de cada una de las terapias? (Prueba): Ejemplo?
7. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar esos problemas?
(Prueba): Ejemplos?
8. Tienes alguna forma en particular de registrar los datos de las terapias?

Colaboración

1. ¿Compartes la información?
2. ¿Con quién la compartes? (prueba información que comparten con los familiares y porque)
3. ¿Cuál es el objetivo de compartir esta información?
4. ¿Por qué la compartes?
5. ¿Cómo manejas la privacidad de la información que compartes?
6. Te gustaría compartir esta información (para otros escenarios: facebook, pagina web)

Premios/Recompensas

1. ¿Qué tipo de mecanismo de premio /recompensa maneja en las terapias?
2. ¿Me podría dar un ejemplo de un escenario típico cuando entrega un premio/recompensa?
3. ¿Cómo determinan el premio?(como saben que premio darle)
4. ¿El niño tiene consciencia del premio por el que está trabajando?(en base al esfuerzo realizado) Por que?
5. ¿Cuándo se manejan los premios?
6. ¿Cómo involucras a los padres en las terapias? (preguntar por los premios)

Pecs

1. ¿Para qué sirve Pecs? (mencionar alguna de cognición)



2. ¿Existen diferentes tipos? (quiero saber si utilizan artefactos diferentes)
3. ¿Cuál es el Objetivo de utilizar pecs?
4. ¿Quiénes utilizan pecs?, bueno ya me dijiste quien los utilizan, pero por ejemplo, en Cognición??
5. Me podrías dar un ejemplo de un escenario típico cuando utilizan los PECS?
6. ¿Dónde lo utilizan?
7. ¿Cada cuanto utilizan pecs?(cuando utilizan la de cognición)

8. ¿Cuál es el seguimiento que se le da en casa a pecs?
9. ¿Cuáles son los problemas a los que se enfrenta al usar pecs?
(Prueba). Ejemplos?

10. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar esos problemas?
(Prueba). Ejemplos?

Artefactos

1. ¿Qué tipo de material utilizan durante la terapia del niño (terapias de lenguaje, cognición)?
2. ¿Cómo lo utilizan? Ejemplos(lenguaje, cognición)
3. ¿Quiénes lo utilizan?
4. ¿Cuál es el objetivo de cada material?
5. ¿Se desarrollan actividades con material fuera de clases? , fuera del salón, que se lleven material a su casa?
6. ¿Existe seguimiento de este material en casa?
7. ¿Cuáles son los problemas a los que se enfrenta al utilizar el material? Ejemplos

8. ¿Cuáles son las estrategias que utiliza para enfrentar esos problemas? Ejemplos

De cierre

1. ¿Me podría mencionar alguna sugerencia de algo que le gustaría que hubiera en Pasitos para mejorar el desarrollo de las terapias de lenguaje? (material, cursos, personal)

Comentarios finales del entrevistado. Le agradezco su tiempo y atención, me gustaría saber si después de realizar un análisis de la entrevista ¿me permite regresar para, de ser necesario, aclarar algunas dudas?

APENDICE B

ELECCION DE TECNOLOGIA A IMPLEMENTAR

Al momento de comenzar con la implementación de un objeto aumentado, debe considerarse que la aplicación es física, es decir, el producto es tangible. Hace varios años debido al principio del cómputo ubicuo que señala que es común interactuar por medio de objetos físicos de la vida cotidiana, la Universidad de Calgary decide crear el proyecto Phidgets (Greenberg y Fitchett, 2001), el cual tiene como objetivo crear una caja de herramientas con dispositivos físicos para desarrollar interfaces de usuario.

El propósito de estos dispositivos es ser lo suficientemente simples para que los desarrolladores puedan concentrarse en el uso, modificación y recombinación de dispositivos dentro de interfaces físicas de usuario, en lugar de la construcción e implementación de dispositivos de bajo nivel, lo que requiere de mayor cantidad de tiempo. La definición formal es:

“un Phidget es una representación física y/o implementación de un widget. Al igual que los widgets, que son como una caja de herramientas y cuando se requiere alguno de ellos (un cuadro de texto, un botón o una ventana), se toma de allí y es utilizado extendiendo sus funcionalidades sin preocuparnos de cómo está construido. Representando una manera fácil y económica para sensar y controlar objetos desde una PC”

Los phidgets(Figura 37) eliminan mucha de la complejidad de programación y proporcionan una API fácil de utilizar y con apoyo de una amplia variedad de lenguajes de programación. Las aplicaciones pueden ser desarrolladas rápidamente en Visual Basic, VBA (Microsoft Access y Excel) Java, Delphi, .Net, C y C++. Y pueden ser utilizados en los sistemas operativos MAC OS X, Linux y Windows. Al no requerir conocimientos de hardware, microprocesadores, USB o protocolos de comunicación, logran ser fáciles de programar y usar.



Figura 37.Conjunto de phidgets, servo motores, lectores RFID, botones, etiquetas RFID

El utilizar phidgets para el desarrollo de interfaces de usuario físicas proporciona algunas desventajas, por ejemplo el estar atado a una PC o el no existir phidgets para todos los tipos de aplicaciones imaginables. Pero en general las ventajas son suficientes como para utilizarlos y entre ellas tenemos las siguientes de acuerdo al tipo de usuario:

- Para los Programadores:
 - No se necesita ingeniería inversa debido a que los protocolos de comunicación con los phidgets están disponibles.
 - Existen varios proyectos de código abierto disponibles.
- Para los investigadores:
 - Pueden crearse nuevas interfaces físicas de usuario tan fácil como con widgets.
 - Se pueden enfocar a la investigación y estudio, dejando de lado las placas, las tablas de prototipado, la soldadura y la depuración del hardware.
 - El hardware económico y disponible hace que los resultados se puedan reproducir fácilmente.

APENDICE C

CUESTIONARIO TAM

Actividad 2. Comentarios finales y cuestionario

Instrucciones: Por favor conteste el cuestionario marcando con una \checkmark la respuesta que considere apropiada. Si lo considera necesario puede seleccionar más de una opción. Recuerde que no hay respuestas correctas ni incorrectas.

Nombre: _____ Edad: _____

Profesión: _____ Cargo: _____

1. ¿Percibe usted que los escenarios presentados son realistas?:

Sistema Tablero T3

Escenario 1: Discriminación de colores Si No

Si su respuesta es **NO**, que es lo que usted modificaría, agregaría o quitaría al escenario para hacerlo más realista y apropiado para su uso

2. Si tuviera acceso a la tecnología y al sistema, lo usaría

Completamente Desacuerdo Ligeramente Neutral Ligeramente De acuerdo Completamente
en desacuerdo desacuerdo de acuerdo de acuerdo de acuerdo

3. Usando el sistema me ayudará a desempeñar mejor mi trabajo

Completamente Desacuerdo Ligeramente Neutral Ligeramente De acuerdo Completamente
en desacuerdo desacuerdo de acuerdo de acuerdo de acuerdo

4. Usando el sistema me ayudará a mejorar mi efectividad en mi trabajo

Completamente Desacuerdo Ligeramente Neutral Ligeramente De acuerdo Completamente
en desacuerdo desacuerdo de acuerdo de acuerdo de acuerdo

5. Usando el sistema facilitará mi trabajo

Completamente Desacuerdo Ligeramente Neutral Ligeramente De acuerdo Completamente
en desacuerdo desacuerdo de acuerdo de acuerdo de acuerdo

15. Usando el sistema los niños desempeñarían mejor la actividad

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

16. Usando el sistema los niños aprenderán a ejecutar actividades

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

17. Usando el sistema los niños consolidarán más rápido que como actualmente se hace la ejecución de actividades

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

18. El sistema es útil para los niños

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

19. Aprender a usar el sistema a los niños les será fácil

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

20. Considero que el sistema es de fácil uso para los niños

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

21. A los niños les interesaría utilizar el sistema

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

22. El sistema es atractivo para los niños

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

23. Considero que la utilización del sistema es factible para los niños

[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Completamente en desacuerdo	Desacuerdo	Ligeramente desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

APENDICE D

FORMA DE CONSENTIMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA, ENSENADA

CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR COMO SUJETO DE INVESTIGACION

Documento de consentimiento para maestros/equipo

Se le solicita su apoyo para participar en el estudio de investigación denominado "Objetos aumentados en apoyo a las terapias de niños con autismo". La participación en este estudio es completamente voluntaria. Por favor lea la siguiente información y siéntase libre de preguntar cualquier cosa que no entienda antes de decidir si desea participar. Los investigadores citados a continuación responderán sus preguntas.

EQUIPO DE INVESTIGACION

Investigador líder:

Mónica Tentori
Facultad de Ciencias, UABC
mtentori@uabc.mx

Investigadores:

Catalina Ibarra Enriquez
Estudiante de Maestría en Facultad de Ciencias, UABC Ensenada
Catalina.ibarra@uabc.edu.mx
Marina Alvelais A.
Profesionalización, Investigación y Desarrollo, Pasitos
mispasitos@yahoo.com.mx

PROPOSITO DEL ESTUDIO

El propósito del estudio de investigación es explorar el uso de objetos aumentados en niños con autismo como apoyo durante las terapias.

TEMAS

Requerimientos

Usted es elegible para participar en el estudio si usted es un profesor o parte del equipo organizador/ejecutor de terapias/sesiones con estudiantes que han sido diagnosticados con el Desorden Autista.

PROCEDIMIENTOS

Como parte del estudio, antes de introducir el uso de cualquier dispositivo computacional en alguna comunidad, es de suma importancia conocerla, entender sus problemas, habilidades y estrategias utilizadas al desempeñar las terapias con su entorno: padres, compañeros y maestros, y seleccionar la más adecuada que les brinde el apoyo que necesitan.

Durante los primeros tres meses de la investigación usted será observado durante las sesiones con los niños con el objetivo de que el equipo de investigación analice y entienda las habilidades y problemas de interacción social que enfrenta esta comunidad autista. Usted no será interrumpido durante las clases normales en Pasitos. Ni sus clases ni actividades cambiarán. La información recopilada acerca de las sesiones y de las personas que participan en ellas será estrictamente confidencial, únicamente se utilizará para publicaciones referentes a este estudio, protegiendo en todo momento su identidad. Posterior a este estudio y evaluación se modelarán escenarios de uso de la tecnología, se desarrollará la tecnología y finalmente se evaluará en un escenario concreto donde se observe si el uso de la misma beneficia durante la práctica de las terapias.

Todos los estudiantes de Pasitos con un diagnóstico del Desorden Autista como está definido por el *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM) V* están invitados a participar en el estudio.

Usted deberá notificar a los investigadores si cree que usted puede participar en el estudio. Nosotros le describiremos el estudio, permitiéndole hacer las preguntas que crea necesarias.

Durante los tres meses mencionados anteriormente el equipo de investigación visitará Pasitos y observará pasivamente las actividades en el salón de clases, las terapias, interacciones y comportamientos. Observaremos como se lleva a cabo la interacción social de los niños con autismo tanto con sus maestros como con sus compañeros, dentro y fuera del salón.

RIESGOS E INCOMODIDADES

Debido a que el estudio se trata de recopilación y análisis de información, existe la posibilidad de una violación de la confidencialidad, sin embargo se tomarán medidas para proteger su privacidad e identidad.

BENEFICIOS

Beneficios de la Investigación

Los beneficios potenciales para usted si participa en este estudio incluyen un apoyo a las terapias que usted implementa, le permitirá enfocarse en fortalecer el apoyo a otras de las discapacidades que presentan los niños con autismo. Además la presente investigación

representa un beneficio formal para Pasitos, ya que se capacitará al personal en nuevas técnicas para ofrecer terapias de niños con autismo.

Beneficios a Otros y a la Sociedad

Esperamos que lo que aprendamos aquí ayudará a los investigadores a crear tecnología especializada de apoyo a las terapias de niños con autismo. Esta tecnología tiene el potencial para mejorar la calidad de vida de esta comunidad autista y además a su familia y a sus maestros.

TERMINACION DEL ESTUDIO Y CONSECUENCIAS

Usted es libre de dejar el estudio en cualquier momento. **Si usted decide dejar el estudio deberá avisar al equipo de investigación** inmediatamente.

CONFIDENCIALIDAD

Identificación de los datos

Nos gustaría audio grabar las entrevistas que le realicemos. Si usted está de acuerdo en que se audio graben, dichas grabaciones serán manejadas por el equipo de investigación en estricto orden confidencial. Únicamente el equipo de investigación tendrá acceso a ellos. Nosotros transcribiéremos los audio grabaciones eliminando su nombre y cualquier información que revele su identidad. Si usted así lo desea puede participar en el estudio y no ser audio grabado durante las entrevistas. Si usted no está de acuerdo en que se realicen los audio grabaciones, nosotros tomaremos notas de las entrevistas. Durante las sesiones se realizarán video grabaciones y se tomarán algunas fotos. Las grabaciones tendrán un uso estricto confidencial, y únicamente con su permiso explícito posiblemente serán compartidas en un futuro con investigadores en esta área.

Acceso a Datos

Para proteger su seguridad y bienestar el equipo de investigación y el de Pasitos son los únicos que tienen la autorización de acceso a los datos, según los términos de confidencialidad mencionados. Cualquier información derivada de este proyecto de investigación que muestre su identidad no será voluntariamente revelada por estos dos equipos (que tendrán acceso a los datos) sin su consentimiento explícito. Publicaciones y/o presentaciones que resulten de esta investigación no incluirán información que revele su identidad.

Retención de los datos

El equipo de investigación mantendrá los datos que resulten de la investigación. Otros investigadores pueden tener acceso a los datos para futuras investigaciones.

Permiso para compartir datos con la audiencia en esta área

Pensando en los beneficios a la comunidad autista, el equipo de investigación probablemente en un futuro le gustaría compartir algunas fotos y/o videos captados durante el estudio con la audiencia de investigadores en esta área. Por favor indique a continuación si da su permiso para compartir las fotos y videos. Sí No

_____ Sus iniciales

SI USTED TIENE ALGUNA PREGUNTA

Si tiene comentarios, dudas, preocupaciones con respecto a la forma en la que se llevará a cabo la investigación por favor contacte al equipo de investigación listado al inicio del presente documento.

ACUERDO DE PARTICIPACION VOLUNTARIA

Usted no debería firmar este documento a menos que lo haya leído. **La participación en este estudio es voluntaria.** Usted puede negarse a contestar cualquier pregunta o suspender su participación en cualquier momento sin sanciones ni pérdida de beneficios a los que tiene derecho. Su decisión no afectará su relación futura con la UABC o con Pasitos. Su firma indica que usted ha leído la información en este documento de consentimiento y ha tenido la oportunidad de hacer cualquier pregunta que tenga sobre el estudio.

Estoy de acuerdo en participar en el estudio

Firma

Fecha

Nombre

Firma del Investigador

Fecha

Nombre del Investigador