

**Centro de Investigación Científica y de Educación  
Superior de Ensenada, Baja California**



---

**Programa de Posgrado en Ciencias  
en Ciencias de la Computación**

---

**Superficies interactivas para apoyar el juego no-estructurado  
de niños con autismo**

Tesis

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

Presenta:

**Deysi Helen Ortega Román**

Ensenada, Baja California, México  
2015

Tesis defendida por

**Deysi Helen Ortega Román**

y aprobada por el siguiente Comité

---

**Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa**  
Director de tesis

**Dra. Beatriz Cordero Esquivel**

**Dr. José Antonio García Macías**

**Dr. Ismael Edrein Espinosa Curiel**



---

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

---

**Dra. Rufina Hernández Martínez**  
Director de Estudios de Posgrado

Resumen de la tesis que presenta **Deysi Helen Ortega Román** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

## **Superficies interactivas para apoyar el juego no estructurado de niños con autismo**

Resumen aprobado por:

---

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa  
Director de tesis

Los niños con autismo encuentran difícil practicar el juego libre. El juego libre es importante para ayudar a los niños con autismo a desarrollar habilidades sociales, de comunicación, y expresión. El juego libre muchas veces incluye el uso de instrumentos musicales tradicionales que promueven el uso de la música para potenciar la iniciación de actividades de una manera libre y sin estructura. Las superficies interactivas ofrecen una experiencia natural y entretenida para potenciar el juego libre y apoyar a los niños con autismo en su interacción con la música. En esta tesis, hipotetizamos que una superficie interactiva apoyará de mejor manera a los niños con autismo durante las actividades de juego libre que involucran música en comparación a las prácticas actuales utilizando instrumentos musicales tradicionales.

Se diseñó, desarrolló, y evaluó la superficie interactiva *Música flexible*. *Música flexible* es una tela interactiva que permite a los niños con autismo tocar música mientras golpean la tela y arrastran elementos digitales que aparecen en la tela. *Música flexible* comprende de una interfaz de configuración en la que la maestra puede elegir el tipo de sonido de acuerdo al instrumento, las notas a tocar dentro de una escala dodecafónica, el escenario con el que va a jugar, una canción de una lista que ofrece el juego y la duración de cada nivel. *Música flexible* usa el sensor Kinect y la librería TSPS para detectar cuando el usuario le pega a la tela. Para diseñar *Música flexible* seguimos una metodología centrada en el usuario, que incluye el uso de métodos etnográficos y técnicas de diseño contextual rápido.

Para evaluar el impacto de la tela en relación al juego libre se realizó un estudio de usuario con 24 niños con autismo de distinta funcionalidad asistiendo a “Pasitos” Preescolar Especial, A. C. –una clínica-escuela localizada en Tijuana, Baja California donde 15 maestras-psicólogas atienden a cerca de 60 niños con autismo.

El estudio se realizó intra-sujetos y los participantes fueron expuestos a dos condiciones. En la primera condición los participantes utilizaron un piano tradicional durante sus sesiones de juego libre. Y en la segunda condición los participantes utilizaron *Música Flexible*. Los participantes fueron asignados de manera aleatoria a cada una de las condiciones. Como resultado, obtuvimos que los niños iniciaron más actividades y mantuvieron mayor tiempo la atención con *Música flexible* en comparación a la condición tradicional.

**Palabras clave: superficies interactivas, autismo**

Abstract of the thesis presented by **Deysi Helen Ortega Román** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Computer Science

## **Interactive surfaces to support the free play for children with autism**

Abstract approved by:

---

PhD. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa  
Thesis director

Children with autism found free play difficult. Free play is important for children with autism to help them develop social, communication, and expression skills. Free play often involves the use of musical instruments to help children improvise with music and voluntarily initiate interactions in a free and open-ended manner. Interactive surfaces offer a casual and natural collaborative and engaging experience adequate to promote free play for children with autism. In this dissertation, we hypothesize that an interactive surface will better support free play activities involving music in contrast to traditional practices using traditional musical instruments.

We present the design and development of BendableSound, a fabric-based IS that allows children play music when tapping and touching on digital elements appearing on top of the fabric. "Flexible Music" includes a configuration interface, in which the teacher can choose the type of sound according to the instrument, which notes to play within a twelve-tone scale, the scenario that will play, a song from a list that offers the game and the length of each level. BendableSound uses the Kinect sensor and the TSPS library to detect when users' tap or touch the fabric. To design BendableSound, we followed a user-centered design process involving interviewing, observation and design sessions with caregivers. We close discussing directions for future work.

To evaluate the impact of BendableSound we compared its use against the use of traditional musical instruments during free-play involving music-based activities. We conducted a within-subjects experiment where 24 children with autism used the system and traditional music-based activities.

Our results show children with autism were more willing to start free-play and were more time "on task" when using BendableSound against our control condition using traditional musical objects.

**Keywords: interactive surfaces, autism**

## Dedicatoria

---

*Al excelentísimo Apóstol de Jesucristo Naasón Joaquín García,  
Por su palabra que me impulsó a seguir adelante*

*A la memoria del Apóstol de Jesucristo Samuel Joaquín Flores.  
Por sus enseñanzas, amor y dedicación para mi superación.*

*A mis padres, hermanos y familia,  
Por su amor y apoyo incondicional que en todo tiempo he recibido,  
Dios les pague*

## Agradecimientos

---

*A Dios, por permitirme este logro y todo lo que representa. Por darme la salud y la capacidad para vencer los retos que se presentaron.*

*Al excelentísimo Apóstol de Jesucristo Naasón Joaquín García, por todo lo que me ha enseñado, porque me ha motivado desde el comienzo.*

*A mis padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida.*

*A mis hermanos a quienes amo y fueron también mi motivo para continuar.*

*A mi asesora, Dra. Mónica Tentori Espinosa por su dirección, enseñanzas, apoyo y paciencia durante mi estancia en CICESE.*

*A los miembros de mi comité: Dra. Beatriz Cordero Esquivel, Dr. José Antonio García Macías y Dr. Ismael Edrein Espinosa Curiel, por su tiempo, observaciones y sugerencias durante el desarrollo de este trabajo de tesis.*

*A mis compañeros Oscar y Linney por su apoyo y asistencia en el desarrollo de este trabajo, sin ustedes no hubiera sido posible. A mis maestros y compañeros del posgrado de Ciencias de la Computación. A mis amigos de la Casita 13-2013. Gracias*

*A las personas que en el transcurso de este trabajo pude conocer y aportaron mucho para la culminación de este proyecto, al Dr. Ernesto Rosas, a Ariel Molina, Nallely, Danny, Keila☺, Adriana, al personal de Pasitos, en especial a las psicólogas Mar, Juliana y Gaby.*

*A CICESE por esta oportunidad y al CONACYT por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios.*

## Tabla de Contenido

---

Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos .....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas .....	x

### Capítulo 1. Introducción

1.1 Autismo.....	1
1.2 Planteamiento del problema y preguntas de investigación.....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.4 Metodología.....	7
1.5 Organización de la tesis .....	9

### Capítulo 2. Trabajo relacionado

2.1 Pisos interactivos.....	10
2.2 Mesas interactivas.....	11
2.3 Muros interactivos .....	15
2.4 Interfaces musicales.....	19

### Capítulo 3. Diseño e implementación de *Música flexible*

3.1 Estudio contextual .....	21
3.2 Métodos de diseño .....	23
3.2.1 Sesiones de diseño .....	23
3.3 Diseño de tela interactiva <i>Música flexible</i> .....	29
3.3.1 Niveles.....	30
3.3.2 Estructura .....	31
3.3.3 Interfaz de configuración .....	31
3.3.4 Gestos.....	32
3.3.5 Escenario de uso.....	33
3.4 Implementación de <i>Música flexible</i> .....	34
3.4.1 Arquitectura del sistema.....	34
3.5 Conclusiones .....	35

## Capítulo 4. Evaluación de música flexible

4.1. Objetivos .....	37
4.2. Diseño del estudio.....	38
4.2.1 Reclutamiento y características de los participantes .....	38
4.2.2 Configuración del estudio de usuario .....	39
4.2.2 Procedimiento .....	41
4.3 Desarrollo del estudio de usuario .....	42
4.3.1 Prueba piloto .....	43
4.3.2 Colección de datos .....	43
4.4 Análisis de datos .....	44
4.4.1 Juego libre.....	44
4.4.2 Experiencia de uso.....	45
4.4.3 Pruebas estadísticas .....	46
4.5 Resultados.....	47
4.5.1 Juego libre.....	47
4.5.2 Experiencia de uso.....	51
4.6 Limitaciones.....	57
4.7 Conclusiones .....	57

## Capítulo 5. Conclusiones

5.1 Aportaciones.....	60
5.2 Limitaciones.....	61
5.3 Trabajo futuro .....	61

## Lista de referencias bibliográficas .....63

## Apéndice 1 .....68

## Apéndice 2 .....70

## Apéndice 3 .....72

## Apéndice 4 .....73

## Lista de figuras

---

	Página
Figura 1. Niños con autismo durante un día típico de clases en una clínica-escuela de educación especial .....	2
Figura 2. Metodología de investigación .....	7
Figura 3. Pantalla de bienvenida (izquierda), mapa interactivo (centro) del juego Hunting Relics, niños jugando Hunting Relics (derecha) .....	11
Figura 4. Noteput mesa musical interactiva para enseñanza de la notación clásica de música. ....	12
Figura 5. Collaborative Puzzle Game .....	14
Figura 6. Mesa interactiva Reactable, sobre ella se encuentran los llamados “pucks” o discos. ....	15
Figura 7. Captura del juego Paximadaki (abajo) y usuarios jugándolo (arriba). ....	16
Figura 8. Niños jugando con Body Paint .....	17
Figura 9. Firewall (izquierda). Membrane (derecha).....	17
Figura 10. MEDIATE .....	18
Figura 11. Sensory Paint .....	19
Figura 12. Usuario tocando "Clavilux 2000" (izquierda). Representación musical de Andante (derecha).....	20
Figura 13. Bosquejos de los prototipos propuestos: tela interactiva (izquierda), piso interactivo (centro) y mesa interactiva (derecha).....	24
Figura 14. Segunda sesión de diseño contextual.....	25
Figura 15. Niñas típicas jugando con el piso (izquierda) y la tela (derecha) en la tercera sesión de diseño participativo .....	26
Figura 16. Psicóloga y experto en HCI (izquierda) durante la cuarta sesión de diseño participativo. Anotaciones durante la sesión (derecha) .....	28
Figura 17. Bosquejos del maestro de música durante la quinta sesión de diseño participativo .....	29
Figura 18. Nivel 1 (izquierda), nivel 2 (centro) y nivel 3 (derecha) de la superficie interactiva .....	30

Figura 19. Pantalla de configuración .....	32
Figura 20. Diagrama de emplazamiento del sistema .....	34
Figura 21. Configuración de la tela interactiva .....	39
Figura 22. Niños con autismo jugando con <i>Música flexible</i> . Niño haciendo música borrando la capa de smog encima de la nebulosa durante el primer nivel de la tela interactiva (izquierda). Niño moviendo un cohete en el segundo nivel de <i>Música flexible</i> (derecha).....	40
Figura 23. Niño con autismo durante la sesión de juego libre en la configuración para la condición tradicional .....	41
Figura 24. Instancias de actividades voluntarias. En el eje y vemos el número de instancias. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad .....	47
Figura 25. Porcentaje del tiempo que recibieron ayuda. En el eje y vemos el porcentaje de tiempo que se recibió ayuda. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad .....	49
Figura 26. Tiempo de atención en la sesión. En el eje y el porcentaje de tiempo que estuvo atento. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad .....	51
Figura 27. Tiempo que los niños perdieron la atención durante la sesión. En el eje y, el porcentaje de tiempo que perdieron la atención. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad.....	52
Figura 28. Porcentaje de tiempo que tuvieron emociones negativas. En el eje y se encuentra el porcentaje de tiempo que tuvieron emociones negativas. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad.....	54
Figura 29. Porcentaje de tiempo que tuvieron emociones positivas. En el eje y se encuentra el porcentaje de tiempo que tuvieron emociones positivas. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad.....	55
Figura 30. Porcentaje de tiempo que los niños no mostraban ninguna emoción. En el eje y se encuentra el porcentaje de tiempo que no tuvieron emociones. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad .....	56

## Lista de tablas

---

	Página
Tabla 1. Resumen de los datos que se recolectaron durante el estudio contextual..	21
Tabla 2. Estructura de la tela interactiva .....	31
Tabla 3. Gestos de interacción sobre la tela .....	33
Tabla 4. Información demográfica de los participantes .....	38
Tabla 5. Orden de participantes durante la intervención .....	42
Tabla 6. Orden de participantes durante la prueba piloto.....	43
Tabla 7. Parte orientada a juego libre del esquema de codificación .....	45
Tabla 8. Parte orientada a experiencia de uso del esquema de codificación.....	46
Tabla 9. Resultados comparativos de la condición tradicional con piano y Música flexible con respecto al tipo de ayudas .....	49

# Capítulo 1. Introducción

---

## 1.1 Autismo

El autismo se considera la discapacidad intelectual que degenera más rápidamente la capacidad cognitiva de un individuo<sup>1</sup>. *“Las características esenciales del autismo son la presencia de un desarrollo marcadamente anormal o deficiente de la interacción y comunicación social, y un repertorio sumamente restringido de actividades e intereses”* (American Psychological Association (APA), 2002). La alteración se manifiesta antes de los 3 años de edad por retraso o funcionamiento atípico en por lo menos una de las siguientes áreas: interacción social, comportamientos repetitivos, y lenguaje. El autismo es un síndrome conductual distinto, ya que tiene un amplio rango de gravedad y es definido dimensionalmente, lo que significa que tiene fronteras difusas que normalmente coinciden con un extremo y profundo deterioro intelectual, y un serio funcionamiento cerebral defectuoso (Rapin and Tuchman, 2008)

Actualmente la prevalencia del autismo va en aumento a nivel mundial. En 2014 el Centro de Control de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) publicó un reporte donde encontró que en Estados Unidos 1 de cada 68 niños tenían autismo (Center for Disease Control and Prevention (CDC), 2014). En México, en el año 2010 se realizó un estudio de prevalencia y con base en ese estudio se estimó que 1 de cada 300 niños tenían autismo<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://www.psychiatry.org/patients-families/autism/what-is-autism-spectrum-disorder>

<sup>2</sup> <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/boletin/2015/sem12.pdf>



**Figura 1. Niños con autismo durante un día típico de clases en una clínica-escuela de educación especial**

El autismo es una condición que se manifiesta de manera diferente en cada persona, no hay dos personas diagnosticadas con autismo que sean exactamente iguales; sin embargo, se pueden clasificar de acuerdo a su nivel de funcionalidad. Dicho nivel de funcionalidad ayuda al establecimiento de programas de ayuda y terapias de tratamiento para el individuo con autismo (Figura 1). Los niveles o grados de funcionalidad están divididos en:

- **Baja funcionalidad:** El paciente padece un autismo severo, existe retraso mental, ausencia de lenguaje, acciones de comportamiento graves, movimientos atípicos y repetitivos, y es difícil interactuar con él. El paciente con autismo, frecuentemente esta inconsciente de lo que otros estén diciendo o haciendo.
- **Media funcionalidad:** El funcionamiento mental es normal o debajo de lo normal. Presenta dificultades para comunicarse, lenguaje repetitivo, limitado o escaso. El paciente tiene problemas de comportamiento, falta de atención y movimientos atípicos; y es socialmente distante, por lo que le es difícil interactuar con otras personas. En contraste, con los pacientes con autismo de baja funcionalidad, éstos pacientes están conscientes de las personas que están alrededor de ellos.
- **Alta funcionalidad:** Cuentan con inteligencia normal o arriba de lo normal, sus habilidades verbales son típicas; sin embargo, la interacción o comunicación con

otros representa un reto. Presenta pocos problemas de comportamiento y son socialmente atípicos. Se les dificulta ver las cosas desde el punto de vista de otra persona.

El autismo no solamente afecta comportamientos sociales y de lenguaje, sino muchos otros aspectos funcionales, incluyendo respuestas sensoriales, motrices y actividades de juego (Lord, Cook, Leventhal, and Amaral, 2000). Los niños con autismo tienen limitadas o nulas habilidades para participar en interacciones sociales, comunicarse y estar atraído por actividades imaginativas. Sus actividades e intereses son severamente limitados, y con frecuencia hay anomalías en su comportamiento de juego (Restall and Magill-Evans, 1994). Una característica definida del autismo es el juego inapropiado o simbólico; los niños con autismo tienen poco interés en los juguetes; y generalmente experimentan ausencia de juego simulado y si lo hay, éste es escaso y repetitivo (Rapin and Tuchman, 2008).

Las dificultades de los niños con autismo con el juego se intensifican cuando se enfrentan a la convivencia con otros niños típicos en juego libre o no estructurado. El juego libre o no estructurado es “voluntario, espontáneo, entretenido, placentero, de composición abierta, y algunas veces involucra colaboración y movimientos físicos” (Rosales, 2010). Estas características enseñan a los niños con autismo a definir metas y reglas cuando interactúan con otros. En una situación de juego no estructurado, “los mismos niños son quienes determinan qué actividades los mantendrá jugando, dónde y cómo. Ellos, no solo inician el juego sino que también, lo elaboran, se retiran o cambian las reglas en respuesta de sus propósitos y la manera en que el juego se desarrolla” (Yang, 2000). Por las características propias del juego libre, es difícil para los niños con autismo practicarlo, sin embargo, presenta oportunidades únicas de aprendizaje y socialización, además, fomenta la creatividad y potencia la imaginación, la destreza y la fortaleza física, cognitiva y emocional (Ginsburg, 2007).

Para ayudar a los niños con autismo a enfrentarse a situaciones no estructuradas con actividades de composición abierta, se han desarrollado algunas terapias que se mencionan a continuación:

**Pivotal Response Training (PRT):** Es un método que ha mostrado ser factible para apoyar a los individuos con autismo a establecer rutinas y a mejorar su comunicación social y con el entorno. La iniciación de actividades se considera una práctica esencial y un indicador de pronóstico para resultados favorables en el desarrollo de habilidades sociales. El método se ha probado con niños con autismo en condiciones naturalistas en el receso escolar, que implica juego no estructurado. Los resultados de un estudio en donde los niños con autismo asistieron a esta terapia indican un incremento en la iniciación e interacción social (Harper, Symon, and Frea, 2008).

**Floortime:** Es un programa integral para los bebés y niños con una variedad de problemas de desarrollo, incluyendo autismo. Floortime, es colaborativo por lo que los niños con autismo cooperan con sus padres o terapeutas. Consiste en actividades de piso, con poca estructura y que dejan al niño tomar la iniciativa del juego, por lo que, es él, el que decide a qué jugar (Greenspan and Wieder, 2009).

**Musicoterapia de improvisación:** Es una forma de musicoterapia ampliamente usada en el tratamiento de niños con autismo, que dirige niveles fundamentales de autoexpresión espontánea, comunicación emocional y mantiene la participación del niño. Utiliza la música como un medio esencialmente emocional, relacional y motivacional (Kim, Wigram, and Gold, 2009).

De acuerdo a los trabajos citados anteriormente, se debe fomentar la práctica de juegos o actividades no estructuradas en niños con autismo, debido a que, el juego libre afecta de manera positiva aspectos sociales, de comunicación, de iniciación, entre otros. Sin embargo, no es tarea fácil atraer y mantener la atención de los niños con autismo, y apoyar la iniciación durante las actividades de composición abierta.

Durante el juego libre, frecuentemente se utilizan las actividades de música para promover interacciones sociales de niños con autismo y mantener su atención (Kern and Aldridge, 2006). Se ha considerado que una de las fortalezas de los niños con autismo son las habilidades musicales, como lo es la discriminación de tonos. Se ha observado que con la música y la musicoterapia los niños con autismo mejoran su interacción

social, el comportamiento (Quintin, Bhatara, Poissant, Fombonne, and Levitin, 2011) y comunicación emocional. La música es un medio fácil de asimilar que permite al niño con autismo auto expresarse, comunicarse, e interactuar con otras personas (Kim, Wigram, and Gold, 2008).

Varios trabajos en cómputo ubicuo han demostrado que las superficies interactivas apoyan a los niños típicos durante el juego libre, ya que promueven la creatividad (Ichino, Pon, Sharlin, Eagle, and Carpendale, 2014), apoyan las actividades de composición abierta (Ringland et al., 2014) y proporcionan la retroalimentación visual y auditiva que los niños necesitan para mantener su atención (Parés *et al.*, 2005); especialmente durante actividades basadas en música. Las superficies interactivas son superficies físicas dotadas con capacidades de cómputo (Borkowski, Letessier, and Crowley, 2005), que permiten a las personas manipular, mediante toques o gestos naturales, objetos virtuales desplegados en la superficies (Fikkert, Hakvoort, Van Der Vet, and Nijholt, 2009). Las superficies interactivas pueden usarse en los ámbitos educativos, profesionales, y recreativos.

Es por ello que las superficies interactivas representan una oportunidad para atraer y mantener la atención de los niños con autismo, mejorar sus habilidades motrices (Bartoli, Garzotto, Gelsomini, Oliveto, and Valoriani, 2014), cognitivas (Bartoli, Corradi, Milano, and Valoriani, 2013) y sociales (Mokashi, Park, and Abowd, 2013). Sin embargo, la mayoría de los trabajos en superficies interactivas han propuesto sistemas estructurados que proporcionan guía paso a paso y hasta donde se tiene conocimiento no se han desarrollado trabajos de composición abierta o no estructurada para apoyar a niños con autismo (Parés et al., 2005; Ringland et al., 2014). Además, los trabajos que han propuesto superficies interactivas para permitir la creación de música (Villafuerte, Markova, and Jorda, 2012) no han demostrado empíricamente los beneficios que ofrecen éstos al juego libre y a la iniciación de actividades.

## 1.2 Planteamiento del problema y preguntas de investigación

Debido a los retos que representa para un niño con autismo realizar actividades no estructuradas y los beneficios que han mostrado tener las superficies interactivas en diversos tratamientos para niños con autismo, la presente tesis explora el diseño y la experiencia de uso de una superficie interactiva para apoyar el juego no estructurado de niños con autismo.

Los niños con autismo presentan falta y pérdida de atención (Mundy and Newell, 2007), es por ello que entre los principales retos a enfrentar incluyen: atraer y mantener la atención del niño con autismo durante actividades de juego no estructurado, para estimularlo a iniciar actividades de forma voluntaria. Iniciar actividades de forma voluntaria es importante ya que es una de las características principales del juego libre (Rosales, 2010).

Dada la problemática anterior surgen las siguientes preguntas de investigación:

- [P1]. ¿Qué actividades de juego no estructurado se pueden apoyar a través de las superficies interactivas, utilizando elementos musicales?
- [P2]. ¿Qué características debe tener una superficie interactiva para apoyar el juego no estructurado?
- [P3]. ¿Cómo deben integrarse la música y las superficies interactivas con el fin de mejorar la experiencia de uso del juego no estructurado?

## 1.3 Objetivos

Basándonos en las características y oportunidades de las superficies interactivas, este trabajo se guía de acuerdo al siguiente objetivo general:

*Diseñar, implementar y evaluar una superficie interactiva, que apoye el juego no estructurado de niños con autismo.*

Con base en el objetivo general se establecieron los siguientes objetivos específicos:

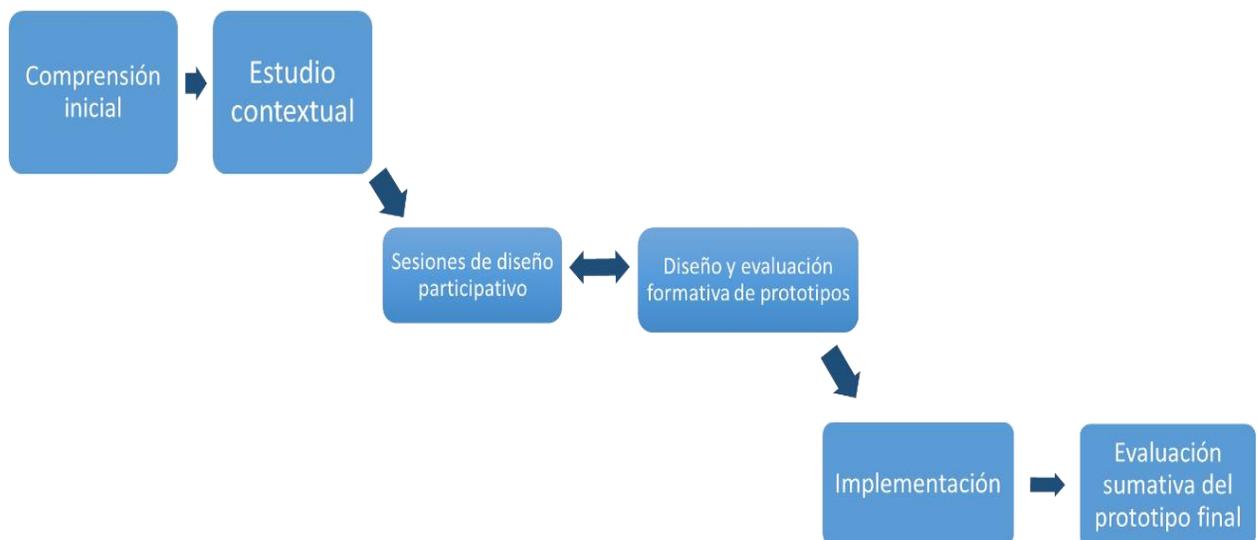
**[OE1].** Identificar las características de diseño que deberá tener la superficie interactiva para apoyar el juego no estructurado de niños con autismo.

**[OE2].** Diseñar e implementar una superficie interactiva que permita crear música y apoye el juego no estructurado de niños con autismo a través de la música.

**[OE3].** Evaluar el impacto de la superficie interactiva en comparación con el uso de instrumentos de música tradicionales que se utilizan típicamente en una sesión de juego no estructurado.

## 1.4 Metodología

Para el desarrollo de la superficie interactiva, se utilizó una metodología de diseño centrada en el usuario (Figura 2), inspirada en la Metodología de la guitarra (Martínez-García, Tentori, and Rodriguez, 2015), comúnmente utilizada en el diseño y evaluación de sistemas interactivos. Sin embargo, se hicieron adecuaciones de acuerdo a las necesidades del presente proyecto de tesis.



**Figura 2. Metodología de investigación**

Las etapas de la metodología a utilizar son:

**1. Comprensión inicial del problema.** La comprensión inicial del problema, es la primera etapa de la metodología que consiste en la revisión de literatura para conocer el estado del arte del problema que se desea atacar. La búsqueda se realiza en las principales conferencias y bibliotecas relacionadas con el área de investigación del problema (CHI<sup>3</sup>, IDC<sup>4</sup>, IEEE<sup>5</sup>, Ubicomp<sup>6</sup>).

**2. Estudio contextual.** Desarrollado para entender las actividades de juego no estructurado que realizan los niños con autismo, y los problemas que los niños y sus maestras enfrentan en actividades de composición abierta. En esta fase se analizaron videos y entrevistas obtenidos en el trabajo previo realizado en la clínica "Pasitos", una clínica-escuela que se especializa en el cuidado de niños con autismo. Este análisis se complementó con la observación de niños durante el recreo y participando en actividades no estructuradas. Se realizaron y analizaron entrevistas semiestructuradas hechas a psicólogos y un maestro de música.

**3. Sesiones de diseño participativo.** Con los resultados de la fase anterior, se hicieron sesiones de diseño participativo, donde participaron expertos en autismo, en diseño de sistemas interactivos, en música y en la interacción humano computadora. Estas sesiones se hicieron iterativamente para depurar el diseño sobre la superficie interactiva.

**4. Diseño y evaluación formativa de prototipos de baja fidelidad.** En esta fase se realizaron varios prototipos de baja fidelidad (e.g., prototipos en papel, dibujos), que a través de las sesiones de diseño se fueron mejorando y detallando para diseñar el prototipo final.

---

<sup>3</sup> CHI Computer-Human Interaction <https://chi2015.acm.org/>

<sup>4</sup> IDC Interaction Design and Children <http://idc2015boston.org/>

<sup>5</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

<sup>6</sup> ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing <http://ubicomp.org/>

**5. Implementación del prototipo.** En esta fase se desarrollaron los elementos digitales y se integraron los dispositivos de hardware del prototipo *Música flexible*, una tela interactiva que apoya el juego no estructurado de niños con autismo a través de la música. Este prototipo integra las observaciones y sugerencias que se realizaron durante las sesiones de diseño, y las características que se encontraron en la revisión de la literatura y el estudio contextual.

**6. Evaluación sumativa del prototipo final.** En esta fase se instaló la tela interactiva en la clínica “Pasitos”<sup>7</sup>, donde 24 niños con autismo utilizaron la superficie interactiva durante sesiones de juego libre con música. Para evaluar el impacto de la superficie interactiva propuesta, se comparó el uso de *Música flexible* con una sesión tradicional de composición abierta utilizando instrumentos musicales tradicionales.

## 1.5 Organización de la tesis

- Capítulo II. Se describe el estado del arte de las superficies interactivas aplicadas a juego libre para niños con autismo.
- Capítulo III. Se describe de manera breve cómo se llevó a cabo el estudio contextual para entender el juego libre en niños con autismo. También se explican los métodos utilizados para el diseño de la superficie interactiva *Música flexible*, por último se detalla su diseño final e implementación.
- Capítulo IV. Se explica el diseño del estudio de usuario de *Música flexible*, las actividades realizadas durante la evaluación, y se presentan los resultados.
- Capítulo V. Se presentan las conclusiones y las aportaciones que se lograron con este trabajo, así como las limitaciones y el trabajo futuro.

---

<sup>7</sup> “Pasitos” Preescolar Especial A.C. [www.pasitos.org](http://www.pasitos.org) es un clínica escuela donde cerca de 15 psicólogas-maestras atiendan a 60 niños de baja y media funcionalidad.

## Capítulo 2. Trabajo relacionado

---

En este capítulo se presenta el trabajo relacionado que se ha hecho sobre interfaces interactivas, las cuales se clasificaron en pisos, mesas, y paredes interactivas. Posteriormente, se describen los trabajos que apoyan a niños con autismo y aquellas superficies interactivas que se han desarrollado para fomentar el juego libre o no estructurado y la creación de música.

Para esta revisión de literatura se realizó una búsqueda de trabajos en la biblioteca ACM digital library<sup>8</sup>, Springer Link<sup>9</sup>, IEEE Xplore Digital Library<sup>10</sup> y Google académico<sup>11</sup>.

### 2.1 Pisos interactivos

Un piso interactivo se define como un sistema que permite proyectar en tiempo real imágenes interactivas en el piso, con múltiples usuarios interactuando al mismo tiempo, permitiendo una experiencia activa y compartida en grupo (Warming et al., 2014).

La literatura de pisos interactivos se ha enfocado a ambientes de entretenimiento, sociales y de colaboración (Grønbæk and Iversen, 2007) y a apoyar las habilidades motrices (Landry et al., 2013), la activación física (Cibrian, Martinez-Garcia, and Tentori, 2014) y la marcha y el equilibrio (Leo and Tan, 2010), entre otros objetivos.

Por ejemplo, *“Hunting Relics”* (Figura 3), es un juego sobre un piso interactivo enfocado a niños entre 4 a 6 años de edad. El juego consiste en que los niños deben ayudar a dos exploradores a encontrar las reliquias perdidas pasando por siete niveles disponibles en un mapa interactivo. En cada nivel los niños deben de practicar ejercicios de motricidad y coordinación ojo-pie (Cibrian et al., 2014). El juego fue diseñado para niños típicos, sin embargo, actualmente está siendo probado en niños

---

<sup>8</sup> Acm digital library <http://dl.acm.org/>

<sup>9</sup> Springer Link <http://link.springer.com/>

<sup>10</sup> IEEE Xplore Digital Library <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

<sup>11</sup> Google académico <https://scholar.google.com.mx/>

con autismo. Los resultados del uso de “*Hunting Relics*” en una escuela preescolar indican que los niños experimentaron la misma activación física utilizando “*Hunting Relics*” que interactuando con un circuito de entrenamiento físico tradicional.



**Figura 3.** Pantalla de bienvenida (izquierda), mapa interactivo (centro) del juego *Hunting Relics*, niños jugando *Hunting Relics* (derecha)

Recientemente varios proyectos han explorado el uso de pisos interactivos para diferentes objetivos, sin embargo, el trabajo de pisos interactivos en apoyo a niños con autismo es escaso. Generalmente los juegos que han sido estudiados en pisos interactivos son estructurados y proporcionan al usuario una guía paso a paso de las actividades a realizar. Debido a esto, la atención de los niños a largo plazo se pierde por la falta de flexibilidad y cambios de los objetivos.

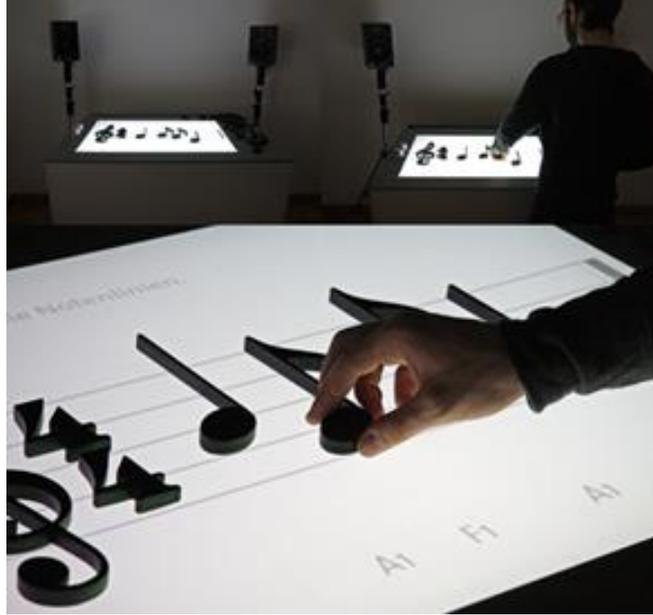
## 2.2 Mesas interactivas

Otro tipo de superficies interactivas que se han propuesto en la literatura son las mesas interactivas. Una mesa interactiva es una superficie grande que permite una interacción directa, multitáctil y multiusuario (Benko, Morris, Brush, and Wilson, 2009).

Las mesas interactivas hoy en día se pueden encontrar en diversos sitios, por ejemplo, restaurantes<sup>12</sup> (Margetis, Grammenos, Zabulis, and Stephanidis, 2013), exhibiciones en museos (Horn, Leong, and Block, 2012). Así mismo, se ha evaluado el impacto de este tipo de superficies interactivas en la colaboración (Goh, Shou, Tan, and Lum, 2012),

<sup>12</sup> <http://itrestaurant.net/>

aprendizaje a través del juego (Antle, Bevans, Tanenbaum, Seaborn, and Wang, 2011), apoyo del juego terapéutico (Pykhtina et al., 2012) y capacidad de las mesas para hacer música (Jordà, Geiger, Alonso, and Kaltenbrunner, 2007), entre otros.



**Figura 4. Noteput mesa musical interactiva para enseñanza de la notación clásica de música.**

En la creación de música en mesas interactivas hay algunos trabajos como SPELA<sup>13</sup> y Noteput<sup>14</sup> que carecen de una evaluación cuantitativa y cualitativa, además hasta el momento están enfocados para una población de un desarrollo neuronal típico. Por ejemplo, Noteput de Jonas Friedemann Heuer (ver Figura 4), es una mesa de música interactiva con notas tangibles que combina los sentidos del oído, la vista y el tacto, para hacer que el aprendizaje de la notación clásica de música sea más fácil e interesante para niños y alumnos. Todas las claves básicas, valores de las notas y alteraciones son elementos individuales elaborados con madera. Cada uno de estos elementos difiere en su forma y peso. En la mesa está dibujado un pentagrama donde se colocan las notas. Para activar “Noteput”, hay que colocar la clave de sol sobre la mesa y después ir colocando las notas en el pentagrama, tan pronto la nota es

<sup>13</sup> <http://www.moveplaycreate.com/spela/>

<sup>14</sup> <http://www.jonasheuer.de/index.php/noteput/>

colocada, empieza a sonar. La mesa tiene dos modos de uso: un modo estándar, donde puedes poner las notas en la mesa para jugar y experimentar, explorando la música resultante; y un modo de ejercicio, donde ejercicios y tutoriales que están ordenados por tipo y dificultad, tienen que ser dominados por el usuario. Además, los sonidos que ofrece pueden ser de un piano, guitarra, flauta, o vibráfono.

Varios trabajos han explorado cómo utilizar las mesas interactivas para apoyar las capacidades de niños con autismo. Por ejemplo, *Collaborative Puzzle Game* (Battocchi and Pianesi, 2009) es un juego inspirado en el juego de armar un rompecabezas—i.e., formar una imagen a partir de un número variable de piezas. Permite la socialización y colaboración de los niños con autismo, ya que los movimientos para poder armar el rompecabezas (e.g., tocar o arrastrar simultáneamente una pieza) se deben de hacer de forma colaborativa (Figura 5). Se realizaron dos estudios de usuario del juego sobre la superficie interactiva. El primer estudio se hizo con 70 niños con un desarrollo neuronal típico, y el segundo estudio con 16 niños con autismo. Se probó en condiciones de juego libre y colaboración forzada. Los resultados mostraron que en niños típicos, las dos condiciones generan diversión y enganche con el juego, sin embargo, en la etapa de colaboración forzada, se percibió que propició un incremento en el interés del juego. Los niños con autismo mostraron más movimientos en general y movimientos coordinados en la condición de colaboración forzada, sin embargo, ocurrieron la misma cantidad de movimientos funcionales en ambas condiciones. Mientras que, en la condición de colaboración forzada, los niños típicos incrementaron la cantidad de tiempo jugando activamente, los niños con autismo no se vieron afectados al cambiar de condición. Los investigadores suponen que esta diferencia es porque los niños con autismo tuvieron un ritmo más lento de juego, tomando pausas más largas entre movimientos. Ellos concluyeron que la *Collaborative Puzzle Game* tiene el potencial para ser usado en actividades de comportamientos colaborativos y desarrollo de habilidades sociales, cuando el objetivo principal es el desarrollo de la atención compartida para objetos, negociación e imitación de comportamientos.



**Figura 5. Collaborative Puzzle Game**

Similarmente, *Reactable* (véase Figura 6), ofrece una interfaz de usuario musical, que ayuda a los niños con autismo a la adquisición de habilidades de interacción social. El sistema es una mesa circular donde los usuarios pueden interactuar a través del contacto directo con la mesa y de unos objetos tipo “discos de hockey”. Al poner los discos en la superficie rotándolos y conectándolos entre sí, el usuario puede combinar diferentes elementos como sintetizadores, efectos, bucles<sup>15</sup> de muestra o elementos de control, con el fin de crear composiciones únicas y flexibles. En cuanto se pone el disco en la superficie de la *Reactable* se ilumina y comienza a interactuar con los discos vecinos de acuerdo a su posición y proximidad. Estas interacciones son visibles en la superficie de la mesa que funciona como una pantalla, dando retroalimentación visual y auditiva de lo que sucede en tiempo real (Jordà, 2010). Aunque en un principio *Reactable* no fue diseñada para niños con autismo, se hizo un estudio cualitativo donde participaron nueve niños con autismo que no hubieran tomado previamente terapias de juego o musicoterapia. Seis de ellos utilizaron *Reactable* una vez por día durante una semana, los tres restantes usaron *Reactable* un mes con una sesión por semana, las sesiones en ambos casos fueron de máximo treinta minutos. Se tomó la primera sesión sin *Reactable* como la línea base, la fase de intervención fueron tres sesiones guiadas

---

<sup>15</sup> Conjunto de instrucciones cuya ejecución se repite hasta que una determinada condición de salida se satisface.

por un terapeuta con la *Reactable*, y una última sesión sin la *Reactable*. Durante las sesiones cada niño trabajó con su terapeuta personal, en todos los casos los terapeutas habían trabajado con los niños suficiente tiempo para que los participantes se sintieran cómodos. Como resultado de este estudio exploratorio, se mostró un incremento de interacción social durante las sesiones, incluso en niños no verbales. Los datos recabados demuestran que el sonido se convierte en un invasor del espacio, que permite “romper el hielo” o el encierro de un niño con autismo, llamando su atención. Los resultados son alentadores para trabajos futuros musicales, principalmente con niños con autismo y música (Villafuerte et al., 2012). Este trabajo también indica que las mesas interactivas son adecuadas para hacer música y son especialmente apropiadas para niños con autismo. Sin embargo, no se ha estudiado cómo esta tecnología puede apoyar el juego libre y la iniciación de actividades.



**Figura 6. Mesa interactiva Reactable, sobre ella se encuentran los llamados “pucks” o discos.**

### **2.3 Muros interactivos**

Referente a las paredes interactivas, podemos encontrar que se han usado para publicitar productos o servicios (advergames). Por ejemplo, *Paximadaki* (Grammenos, Margetis, Koutlemanis, and Zabulis, 2012b) (véase Figura 7) es un advergame que envuelve actividad física para interactuar. El juego es proyectado en una superficie

grande y la cámara de profundidad del sensor Kinect es usada para detectar la posición de los jugadores. Los usuarios perciben sus cuerpos como sombras proyectadas en una pared. Dependiendo del número de jugadores puede haber una o dos canastas en las dos esquinas inferiores de la superficie. Comienza una lluvia de bizcochos y los jugadores deben usar sus sombras para poner los bizcochos en sus respectivas canastas, si no lo hacen, los bizcochos que caen se rompen en pedacitos. El juego termina cuando un número determinado de bizcochos ha caído (Grammenos, Margetis, Koutlemanis, and Zabulis, 2012a). Durante todo el trascurso del juego, la marca del anunciante está al fondo del juego.



**Figura 7. Captura del juego Paximadaki (abajo) y usuarios jugándolo (arriba).**

Como hemos visto, la mayoría de los trabajos son estructurados, sin embargo, muchas exhibiciones de arte han creado diferentes muros interactivos con actividades abiertas y no estructuradas en las que el visitante explora las distintas posibilidades de las

proyecciones interactivas. Por ejemplo, *Body Paint*<sup>16</sup> es una proyección interactiva donde el usuario “pinta” a través de los movimientos de su cuerpo en tiempo real (Figura 8). Al utilizar *Body Paint* el usuario tiene la libertad de moverse como quiera, sin restricciones.



**Figura 8. Niños jugando con Body Paint**

En estas exposiciones de arte algunos artistas han explorado el utilizar superficies deformables. Por ejemplo, *Membrane*<sup>17</sup> propuesta por MELT, y *Firewall*<sup>18</sup> de Aarón Sherwood (ver Figura 9), son telas elásticas interactivas donde el usuario puede tocar y recibir una retroalimentación musical y visual.



**Figura 9. Firewall (izquierda). Membrane (derecha)**

<sup>16</sup> <http://www.memo.tv/bodypaint/>

<sup>17</sup> <http://bymelt.com/portfolio/membrane-a-tactile-screen/>

<sup>18</sup> <http://aaron-sherwood.com/blog/?p=558>

No obstante, este tipo de exposiciones carecen de un estudio cualitativo y cuantitativo para evaluar el impacto de las acciones y comportamiento de los usuarios durante el juego. Además su diseño se encuentra orientado a apoyar a los individuos de desarrollo neuronal típico. Pero esto demuestra que las superficies deformables son adecuadas para permitir a los usuarios interactuar con música.

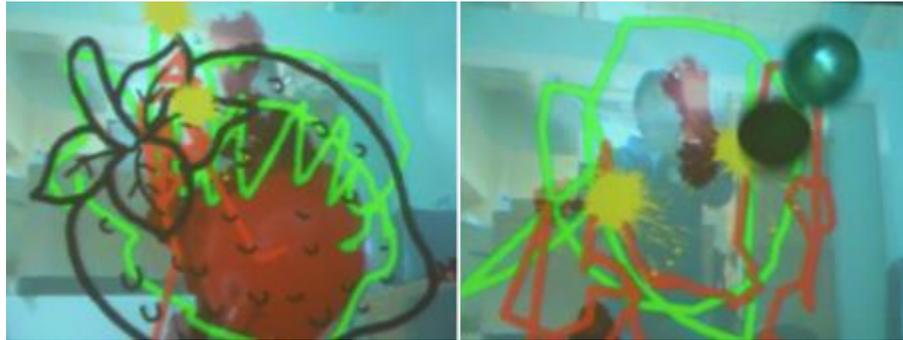
Entre los trabajos que desarrollaron paredes o muros interactivos que apoyen a niños con autismo, se encuentra *MEDIATE* (Parés et al., 2005) (ver Figura 10); éste es un ambiente interactivo que genera estímulos visuales, auditivos y vibro táctiles en tiempo real para niños con autismo de baja funcionalidad. El sistema consiste en una pantalla de mosaico con partículas cuadradas. El funcionamiento del ambiente es el siguiente: al principio todo está vacío a excepción de un color inicial en el ambiente, cuando el niño entra en sistema detecta su presencia y en las pantallas se presenta una cuadrícula de pequeñas partículas de mosaico. Cuando el usuario se acerca a la pantalla las partículas crecen y cuando el usuario se aleja, las partículas se encogen, así propicia el desplazamiento del usuario como un juego. Cuando el usuario toca la pantalla, el sistema genera una animación de color desde el punto donde se tocó hacia fuera. El usuario puede usar su silueta para crear formas y figuras. *MEDIATE* se probó con más de 90 niños en un estudio cualitativo y como resultado mostraron que ninguno de los niños se sintió inquieto o incómodo con el ambiente, además que ayudó en la expresividad de los niños.



**Figura 10. MEDIATE**

Otro ejemplo de ambientes que apoyan la parte sensorial de niños con autismo y cuenta con una composición abierta es *Sensory Paint* (Ringland et al., 2014) (Figura 11); es una superficie interactiva que proporciona retroalimentación visual y auditiva de los movimientos corporales de los niños con autismo. Este ambiente permite a los

usuarios pintar la superficie usando pelotas de distintos tamaños, colores y texturas. Los niños con autismo utilizan sus movimientos que en conjunto con audio interactivo cambian las imágenes que se muestran sobre un lienzo virtual (proyección). El uso de *Sensory Paint* fue evaluado con una muestra de cuatro niños con autismo, en las que el sistema fue integrado a las sesiones de terapia sensorial. Los resultados indicaron que el uso de *Sensory Paint* ayuda a que los niños equilibren su atención entre su propio cuerpo y los estímulos sensoriales, fortalece las terapias sensoriales existentes y promueve la socialización.



**Figura 11. Sensory Paint**

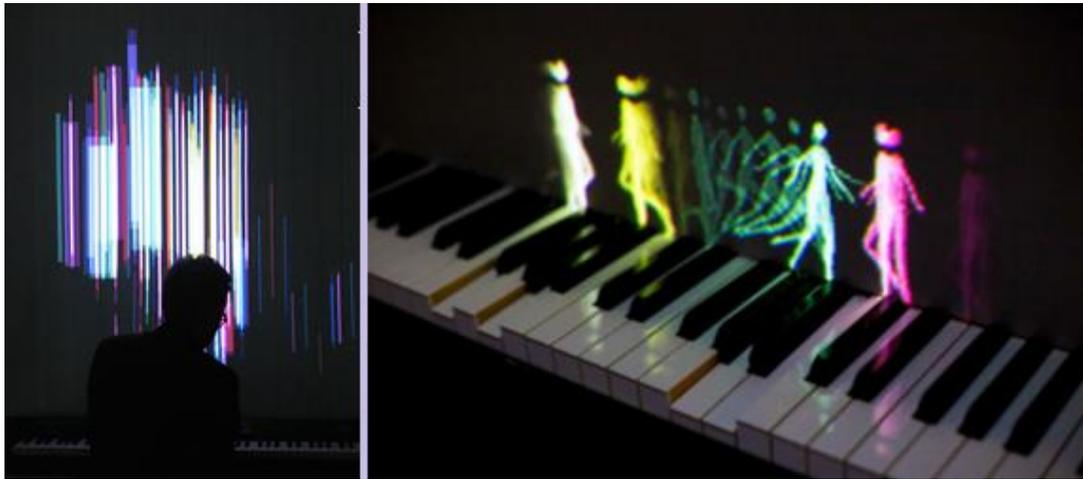
De acuerdo al trabajo revisado, las paredes interactivas son apropiadas para aspectos sensoriales en niños con autismo y apoyan actividades de formato abierto o no estructurada. Sin embargo, todavía no se han explorado cómo las superficies interactivas pueden apoyar al juego no estructurado de niños con autismo, mediante actividades de composición abierta.

## 2.4 Interfaces musicales

Con respecto a la música, se han hecho distintas interfaces musicales. Por ejemplo, *GuitarHero*<sup>19</sup> es un juego donde se tiene un dispositivo en forma de guitarra que se utiliza para controlar el juego, tocando y haciendo música con ella. Las notas de colores que aparecen en la pantalla corresponden a cada uno de los botones. Conforme van apareciendo las notas de colores en la pantalla, el usuario debe tocarlas en la guitarra,

<sup>19</sup> <https://www.guitarhero.com/mx/>

si el usuario toca los botones de la guitarra equivocados es penalizado. Semejante a ese modelo, encontramos *P.I.A.N.O.* (Weing et al., 2013), que apoya el aprendizaje de tocar el piano y funciona de la siguiente manera: una representación alternativa de una composición musical se proyecta directamente sobre el piano y guía al estudiante a la tecla que debe tocar, si el usuario toca una tecla equivocada, la tecla se ilumina de rojo evidenciando el error.



**Figura 12. Usuario tocando "Clavilux 2000" (izquierda). Representación musical de Andante (derecha)**

También se ha tratado de visualizar la música de distintas formas, por ejemplo, "*Clavilux 2000*"<sup>20</sup> (Figura 12. Izquierda), es un instrumento interactivo para visualizar la música. Consiste en un piano conectado a una computadora y un proyector. Cada vez que una tecla se presiona, un elemento visual aparece sobre la pared proyectada, como si saliera del piano. Estos elementos están caracterizados en su color y forma de acuerdo a la nota que se toca. *Andante* (Xiao, Tome, and Ishii, 2014) (Figura 12. Derecha), es una representación de la música como unos caracteres animados que van caminando a lo largo del piano que parece como si ellos presionaran las teclas en cada paso. *Andante* fomenta un entendimiento de la música originado en el cuerpo, aprovechando el caminar como uno de los ritmos humanos más fundamentales.

---

<sup>20</sup> <http://www.jonasheuer.de/index.php/clavilux-2000/>

## Capítulo 3. Diseño e implementación de *Música flexible*

En este capítulo se describe el proceso de diseño e implementación de *Música flexible*, una tela interactiva que apoya el juego no estructurado de niños con autismo. Primero se muestran los resultados de un estudio contextual que se realizó para entender los problemas que se generan en las sesiones de juego no estructurado de niños con autismo. Posteriormente se muestran los resultados, obteniendo un conjunto de consideraciones para realizar el diseño del prototipo. Y finalmente, se describe el prototipo y los detalles técnicos de su implementación.

### 3.1 Estudio contextual

Siguiendo una metodología de diseño centrada en el usuario, por un periodo de dos meses, se realizó un estudio contextual<sup>21</sup> donde se entrevistaron a varios expertos en el cuidado de niños con autismo. La Tabla 1 describe los roles, las actividades con su duración. Además, se observaron a cuatro grupos de niños con autismo de entre 2 y 9 años de edad durante sus actividades de juego libre en la clínica “Pasitos”.

**Tabla 1. Resumen de los datos que se recolectaron durante el estudio contextual**

Roles	Actividad	Duración (Hrs.)
Grupos de alumnos de “Pasitos” Preescolar Especial, A. C. con edades entre 2-9 años	Observación directa no participativa	15:00:00
Psicólogo	1 Entrevista semiestructurada	00:25:06
Músico	2 Entrevistas semiestructuradas	01:22:15
Padre de familia	1 Entrevista semiestructurada	01:10:02
Maestras - psicólogas del grupo de trabajo en “Pasitos” Preescolar Especial, A. C. En estudios anteriores	16 Entrevistas semiestructuradas	07:20:12
	<b>Total de horas:</b>	<b>25:15:35</b>

<sup>21</sup> **Estudio contextual:** es un estudio cualitativo que se realiza en sitio con los usuarios finales del sistema para encontrar los requerimientos del sistema, considerando el contexto de uso y las características de los usuarios potenciales.

De los resultados obtenidos con las observaciones se identificaron diversos tipos de juegos de composición abierta que se practican en “*Pasitos*” dentro o fuera del salón de clases. De todos los juegos que se identificaron se seleccionó la interacción con objetos musicales ya que fue el mejor aceptado por los niños con autismo.

En las entrevistas al Psicólogo (Apéndice 1) se discutieron tópicos como el juego libre, el uso de la música y sus beneficios en niños con autismo, y las herramientas tecnológicas actuales que utilizan para tratar a niños con autismo. Cuando se entrevistó al músico (Apéndice 2), se obtuvieron las características de la clase de música para niños con capacidades diferentes, especialmente a niños con autismo, por ejemplo, la duración e instrumentos que se utilizan durante las sesiones de música de composición abierta. En la entrevista al padre de familia, se trataron los efectos de la música en los niños con autismo. Y finalmente, en las entrevistas a maestras y psicólogas, se obtuvo información relacionada al programa que hacen para los niños con autismo, de las actividades que realizan con los niños y cómo se lleva el control de su seguimiento clínico.

Después de la recolección de datos, se realizó un análisis cualitativo de las entrevistas mediante el uso de las técnicas de teoría fundamentada<sup>22</sup>, como lo es la codificación axial y abierta. Durante la codificación abierta se analizó párrafo por párrafo cada entrevista con el objetivo de encontrar categorías (sustantivo) de citas que representaran un aspecto importante para el diseño. Una vez analizadas las entrevistas se realizó la codificación axial, que consiste en agrupar las categorías similares y buscar una nueva categoría que las incluyera o representara de mejor manera. Con estas categorías se creó el diagrama de afinidad (Apéndice 3) que sirvió para crear escenarios iniciales y narrativas de los procesos actuales de actividades de composición abierta que potencialmente pudieran apoyarse con superficies interactivas.

---

<sup>22</sup> **Teoría fundamentada:** metodología para generar teoría a partir de datos sistemáticamente capturados y analizados (Corbin and Strauss, 2014).

## 3.2 Métodos de diseño

### 3.2.1 Sesiones de diseño

Se realizaron 5 sesiones de diseño, 3 de ellas participativas, para diseñar prototipos de superficies interactivas. El equipo de diseño multidisciplinario incluyó tres expertos en interacción humano computadora (IHC), dos estudiantes de IHC, una psicóloga de “Pasitos”, un diseñador, un maestro de música, un experto en superficies interactivas y dos niñas típicas. Estos expertos se reunieron en sub-grupos durante varias sesiones de diseño descritas a continuación.

#### 3.2.1.1 Primera sesión de diseño contextual

En esta sesión participaron una estudiante y una experta en IHC. El objetivo de esta sesión fue encontrar las características de la música que se pueden apoyar con una tela interactiva. Las características musicales que se tomaron en cuenta fueron los tonos (grave-agudo), la velocidad (rápido-lento) y la dificultad de los tonos y ritmos. Se trataron temas como la estructura de la música a través de la partitura y cómo representarla mediante elementos digitales. También se analizaron los tipos de instrumentos que se utilizan en actividades de juego libre incluyendo instrumentos de cuerda, de viento, y de percusión. Teniendo toda esa información se realizó una lluvia de ideas para proponer prototipos potenciales que apoyen a los niños con autismo a interactuar con elementos musicales durante el juego libre. De esta lluvia de ideas se obtuvieron tres prototipos descritos a continuación:

- **Tela interactiva:** El primer prototipo (Figura 13. Izquierda) propone utilizar una tela para captar la atención de los niños con autismo proyectando ambientes para la estimulación sensorial y permitiendo el uso de instrumentos de cuerda, como el arpa, la guitarra, el violín, entre otros. El funcionamiento básico es que el usuario descubra los instrumentos y los agarre para tocar en la superficie de manera libre. Cuando se elige el instrumento, la proyección de elementos cambia de acuerdo a los gestos del usuario. Por ejemplo, un jardín interactivo que va

cambiando conforme se toca, ya sea que salen flores o animalitos. Los tonos se acomodaron en el eje X de grave a agudo de izquierda a derecha. Este prototipo estaba pensado para utilizarse de manera colectiva por 2 usuarios.

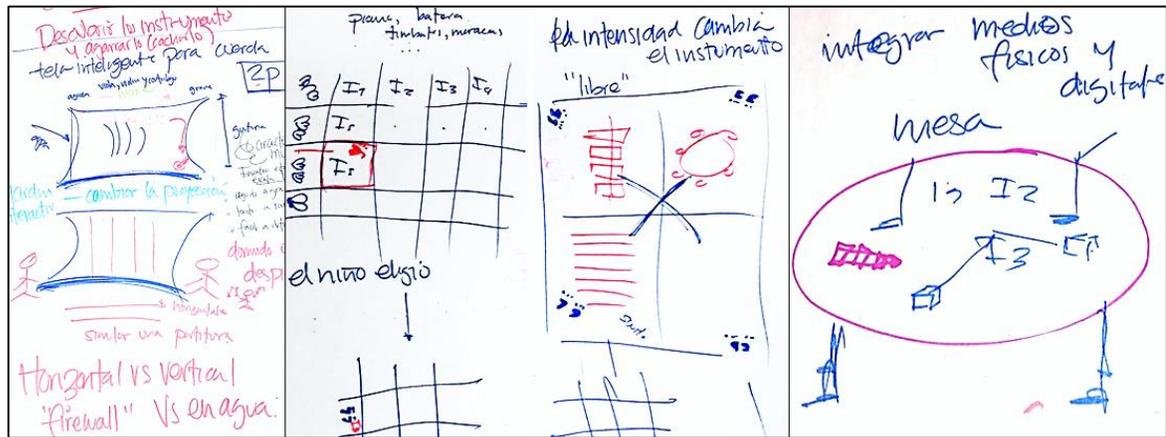


Figura 13. Bosquejos de los prototipos propuestos: tela interactiva (izquierda), piso interactivo (centro) y mesa interactiva (derecha)

- Piso interactivo:** El segundo prototipo (Figura 13. Centro) propone utilizar un piso interactivo para utilizar instrumentos de percusión como la batería, tambores. En este prototipo se proyecta en el piso una matriz de instrumentos; donde para cada fila hay un par de piecitos correspondientes al número de usuarios, máximo 4 y en cada columna se encuentran los instrumentos disponibles. Los usuarios pueden elegir qué instrumento tocar cuando se paran sobre el instrumento dentro de la matriz. Una vez que cada usuario elige un instrumento, los niños colaboran para crear música y pueden caminar de un instrumento a otro. En este prototipo hay un fuerte enfoque a la colaboración por el tipo de interacción que se puede presentar. En una fase de imitación todos los niños utilizan el mismo instrumento y se promueve la imitación de sonidos entre individuos y la imitación de ritmos.
- Mesa interactiva:** La tercera propuesta (Figura 13. Derecha) corresponde a una mesa interactiva que integra medios físicos y digitales. La dinámica del juego es parecida a la del piso interactivo, sin embargo, pueden usarse elementos físicos

como cubos, juguetes, e instrumentos musicales para interactuar con el juego. En este prototipo, los usuarios se sientan alrededor de la mesa que es redonda y empiezan a mover los elementos que se encuentran encima de la mesa con el fin de crear música.

### 3.2.1.2 Segunda sesión de diseño contextual

En la segunda sesión de diseño participaron un diseñador gráfico, un experto en superficies interactivas, un músico, dos expertos de IHC y un estudiante de IHC (Figura 14).



**Figura 14. Segunda sesión de diseño contextual**

En esta sesión, con base en los resultados de la sesión anterior, se explicaron los tres prototipos anteriores, se analizaron las ventajas y desventajas de cada prototipo. Además se especificaron las actividades e interacciones para cada uno de los prototipos, el tipo de canciones, los tonos, los instrumentos, el tiempo y la simulación de la partitura dentro del juego. Además se propuso una historia asociada al juego que incluye el utilizar una orquesta encantada donde los instrumentos necesitan ser tocados para liberarlos del encanto. El personaje asociado al instrumento va cambiando conforme la expresividad con que se toca cada instrumento cambia –por ejemplo, las figuras se hacen gordas o delgadas para representar el uso de tonos graves y agudos respectivamente.

En el transcurso de la sesión, se desechó la visión de la mesa interactiva porque era el diseño que menos se ajustaba a las necesidades que se querían cubrir de acuerdo a los participantes. Entonces, con las mejoras en las especificaciones del funcionamiento de la tela y el piso interactivo, los expertos votaron por el diseño de su preferencia tomando en consideración la problemática planteada de juego libre, y las necesidades y características de la población objetivo. La mayoría de los expertos (66%, 4/6) eligieron la tela interactiva como la más apropiada y potencialmente más atractiva.

### 3.2.1.3 Tercera sesión de diseño contextual

La tercera sesión de diseño participativo contó con la participación de dos niñas típicas, dos expertos en IHC y dos estudiantes en IHC.



**Figura 15. Niñas típicas jugando con el piso (izquierda) y la tela (derecha) en la tercera sesión de diseño participativo**

En la primera etapa de la sesión, las niñas jugaron con una tela interactiva, y con un piso interactivo, creando música y moviendo diferentes elementos digitales disponibles mediante una proyección. Ambas superficies interactivas se instalaron utilizando la técnica de Mago de Oz<sup>23</sup>, siendo manualmente controladas por un investigador utilizando una tableta.

---

<sup>23</sup> En la técnica de Mago de Oz se simula el funcionamiento y comportamiento de un prototipo. Una persona opera las acciones para que se vea la respuesta del prototipo como si actuara de manera independiente. (Preece, Rogers, and Sharp, 2002)

En la condición de uso de la tela interactiva, las niñas jugaron dos niveles de un juego. El primero, mostraba de manera aleatoria luces que saltaban de un lugar a otro siguiendo ritmos musicales. Las niñas tenían que tocar esos elementos y arrastrarlos para descubrir los ritmos musicales. En el segundo nivel, se proyectaba un piano tradicional con luces cayendo en diferentes teclas indicando el ritmo a seguir para tocar una canción. Las niñas debían cachar las luces para que la canción se escuchara. Las luces desaparecían al tocarlas.

En la segunda parte de la sesión, las niñas jugaron con un piano proyectado sobre un piso interactivo. El juego consistía en que el piano se alumbraba para indicarles a las niñas donde debían pisar para ir tocando una canción.

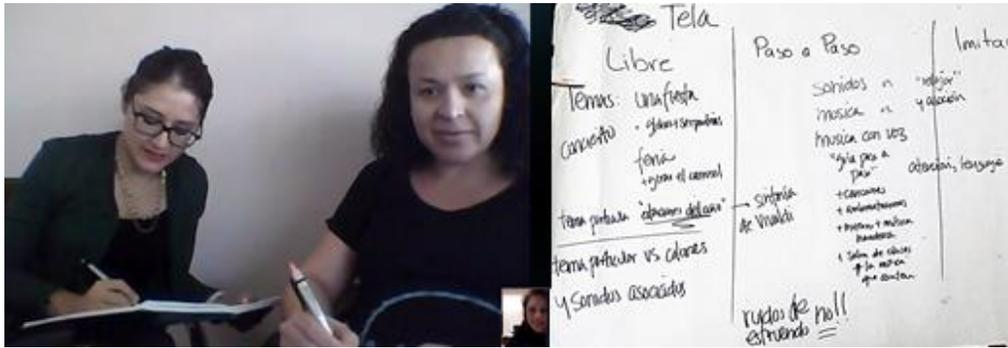
Una vez que las niñas jugaron con las superficies interactivas, se les pidió comentar su percepción sobre ambas superficies, qué les gustó más, qué le faltó, qué no les gustó; y qué le pondrían o le quitarían. Además se les pidió que plasmaran nuevas ideas de juegos potenciales que les gustaría incluir en las superficies interactivas.

Finalmente, se les preguntó que condición les gustaba más y de tener acceso a la tecnología, con cuál les gustaría jugar. Ambas niñas (100%) prefirieron la tela interactiva.

Como resultado de esta sesión se obtuvieron las ideas de las niñas para la tela y el piso, y un video de la sesión para analizar la interacción de las niñas sobre las distintas superficies.

#### **3.2.1.4 Sesión de diseño participativo con psicóloga**

La sesión de diseño participativo contó con la participación de una psicóloga de “Pasitos”, tres expertos en IHC y una estudiante en IHC. La psicóloga y una de las expertas en IHC estuvieron vía Skype para la sesión (Figura 16).



**Figura 16. Psicóloga y experto en HCI (izquierda) durante la cuarta sesión de diseño participativo. Anotaciones durante la sesión (derecha)**

En esta sesión se presentaron los dos prototipos de la tela y el piso interactivo con las que se había decidido trabajar. Se mostraron los resultados de la sesión anterior con las niñas y las posibles historias e ideas que pudieran salir con respecto al juego.

En esta sesión se realizó la última votación y todos los expertos (100%) eligieron la tela interactiva. Considerando el resultado de las votaciones anteriores se eligió como prototipo final la tela interactiva. El resto de la sesión, se dedicó para especificar más detalle de la interacción con la tela. Como resultado de la sesión, se definieron tres niveles que la tela debería de tener: libre, paso a paso, e imitación. En el nivel libre el niño debe tener la libertad de tocar en cualquier parte de la tela para crear ritmos musicales, sin restricciones y de manera libre. En el nivel paso a paso, se pretende que haya elementos que sugieran al niño en que área de la tela pegarle y realicen diferentes sonidos al tocarse. En la parte de imitación debe aparecer un personaje/asistente que guíe al niño a los elementos que debe de tocar y se penalizará al niño si no le pega al elemento que le mostró el asistente.

Respecto a la música, quedó una pregunta abierta de cuál es exactamente el enfoque con el que se trabajaría, si se debía incluir únicamente sonidos instrumentales, sonidos de la naturaleza o canciones. Tampoco se especificó la complejidad de los elementos musicales si incluir melodías sencillas como “estrellita” o con arreglos musicales complejos como “las cuatro estaciones” de Vivaldi. También se vieron restricciones de cómo evitar sonidos estruendosos y eliminar la historia en el juego por el nivel de cognición en la población de niños con autismo con la que trabajaremos.

### 3.2.1.5 Quinta sesión de diseño participativo

En la quinta sesión de diseño, estuvieron incluidos una estudiante en IHC y un maestro de música. Partiendo de los resultados anteriores se trabajó sobre la estructura de la música, la posición de las notas y las características de la música que podían integrarse en la tela.

Como resultado de la sesión se definió la escala musical y el orden de las notas. Se eligió una escala dodecafónica: 7 notas musicales con 5 semitonos. Las notas se acomodarían desde la más aguda en la parte superior de la tela hasta la más grave en la parte inferior de la tela (Figura 17).

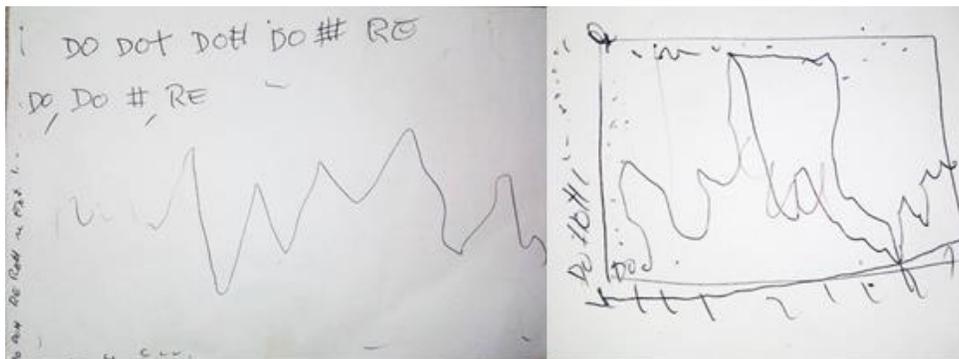


Figura 17. Bosquejos del maestro de música durante la quinta sesión de diseño participativo

### 3.3 Diseño de tela interactiva *Música flexible*

Finalmente, se diseñó *Música flexible*, que es una tela interactiva que permite a los niños con autismo crear música cuando golpean, arrastran, o tocan los elementos digitales que aparecen en la tela.

La tela es una matriz digital con las notas musicales ordenadas de forma descendente en el “eje y” desde la nota más aguda en la parte superior de la tela; hasta, la nota más grave en la parte inferior de la tela. Esta técnica tiene una doble función; primero, una escala dodecafónica permite controlar un número pequeño y finito de notas para ayudar

a los niños con autismo a aceptar gradualmente diferentes sonidos; segundo, con la escala dodecafónica se pueden construir composiciones armónicas y un conjunto de sonidos incluso si los usuarios tienen conocimiento limitado de música. Cada vez que el usuario toque, arrastre, o le pegue a un elemento digital, o a la tela, se reproducirá el sonido de acuerdo a la posición del toque.

### 3.3.1 Niveles

*Música flexible* cuenta con tres niveles (Figura 18), que se explican a continuación:

- **Nivel 1.** *No estructurado sin ayuda (Figura 18. Izquierda):* en este nivel los niños deben borrar una enorme capa de niebla oscura golpeando, tocando, rasgando o agarrando la tela para descubrir sonidos y un fondo de animación de una nebulosa del espacio.



Figura 18. Nivel 1 (izquierda), nivel 2 (centro) y nivel 3 (derecha) de la superficie interactiva

- **Nivel 2.** *No estructurado con ayuda (Figura 18. Centro):* en este nivel, los niños deben buscar en el escenario elementos escondidos, como naves espaciales o estrellas. Al tocarlos o moverlos estos elementos reproducirán sonidos.
- **Nivel 1.** *Semiestructurado (Figura 18. Derecha):* en el tercer y último nivel aparece un asistente que ayudará al niño a tocar una canción. Aparece un elemento del escenario en la superficie, el asistente le muestra al niño cuál elemento debe tocar y el niño debe imitar al astronauta para que logre reproducir la canción. Si el usuario toca en una parte que no correspondía no hay penalización, simplemente no se oirá de forma armónica.

### 3.3.2 Estructura

Al hacer el diseño para la tela interactiva, se buscó que pudiera replicarse en distintos escenarios debido a que los niños se aburren con facilidad cuando ven la misma estimulación visual. Por ello se definieron tres escenarios: universo, fondo del mar y nieve (Tabla 2). Dependiendo del escenario que se elija, los elementos, el asistente, y la estructura para la música, cambian.

**Tabla 2. Estructura de la tela interactiva**

Escenario	Universo	Fondo del mar	Nieve
Condición de inicio	Oscuridad, Universo	Mar sin nada (agua)	Neblina con nieve abajo
Ayuda/Asistente	Astronauta	Buzo	Muñeco de nieve
Elementos escondidos	Elementos del espacio E.j. Planetas estrellas, asteroides, etc.	Elementos del mar, E.j. Caballito de mar, pez payaso, peces, Estrellas de mar, etc.	Copos de nieve
Estructura para la música	Nebulosas de colores	Burbujas de colores	“Ráfagas de nieve” de colores

### 3.3.3 Interfaz de configuración

La maestra también puede personalizar las características de la tela de manera manual, para respetar el perfil sensorial e intereses de cada niño (Figura 19). La maestra puede configurar los siguientes elementos:

- Instrumentos. Puede cambiar el tipo de sonidos y los instrumentos a tocar.
- Escala dodecafónica. Puede desactivar las notas que no desee sean reproducidas en caso de que los niños tengan alguna reacción negativa al sonido.
- Escenarios. Puede elegir con cual escenario el niño va a jugar.
- Canciones. Puede elegir qué canción va a tocar en el último nivel.
- Niveles. Puede elegir qué niveles va a jugar el usuario y cuánto va a tardar en cada nivel.

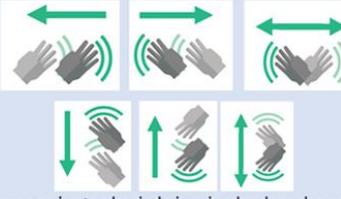


Figura 19. Pantalla de configuración

### 3.3.4 Gestos

Como resultado del análisis del video de las dos niñas interactuando con la tela (ver sección 3.2.1.3), se obtuvieron los gestos de interacción a incluir en la tela (ver Tabla 1). Dependiendo de la manera en que el usuario interactúa con la tela se elegirá de manera automática el tipo de instrumento, los sonidos musicales y el tipo de animación que cada gesto realizará sobre la tela. Se tomó en consideración las características del gesto para seleccionar el instrumento musical que mejor asemeja la manera real al tocar un instrumento, por ejemplo, si rasgas la tela, ésta sonará como una guitarra.

Tabla 3. Gestos de interacción sobre la tela

Efecto	Gesto	Variaciones	Instrumento
Rebote	TAP	 <p>Puño y Palma completa</p>	Tambor / Piano / Marimba
Arrastre	Drag		Guitarra / Arpa
Seguimiento	Rasgar	 <p>Dos manos juntas hacia la izquierda, derecha y hacia ambos lados al mismo tiempo.</p>	Guitarra / Arpa / Piano
Creación - Desaparecer /Generar	Pinza		Arpa, Guitarra

### 3.3.5 Escenario de uso

Para ejemplificar como se utiliza la tela interactiva en la práctica se presenta un escenario de uso:

La maestra Mariana entra al cuarto de juegos con Raúl, un niño con autismo de baja funcionalidad con problemas severos de atención y desorden sensorial. Cuando entra al salón la maestra abre el juego *Música flexible* y empieza a configurar el juego para Raúl. Mariana elige el piano como instrumento, también el rango de notas que va a tocar hoy Raúl y decide que jugará los primeros dos niveles de Música Flexible por dos minutos cada uno.

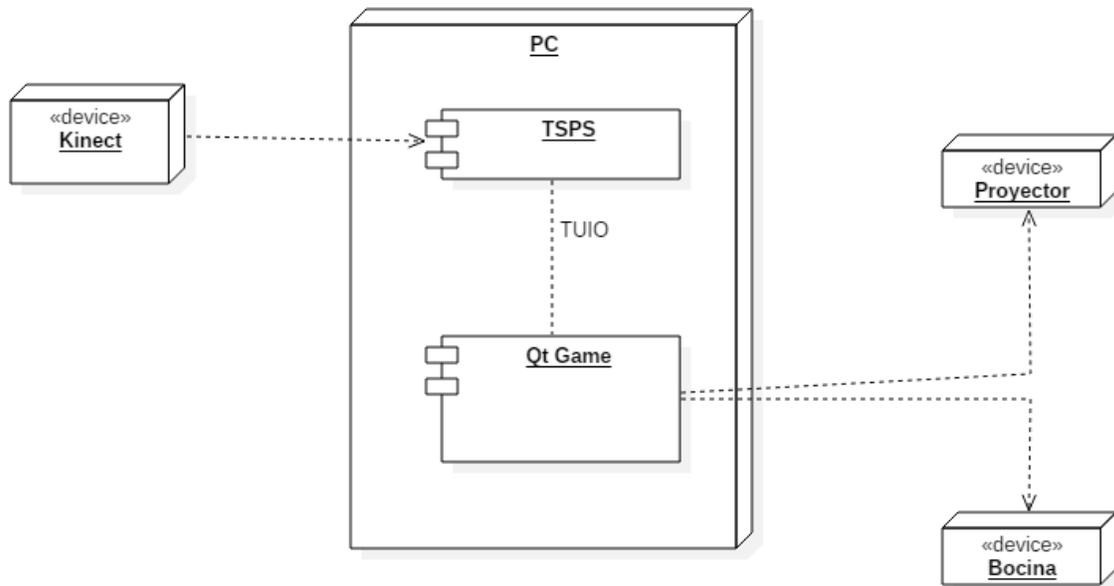
Cuando Raúl entra al cuarto se acerca a la tela y la toca con recelo. Al tocarla, la tela se ilumina en la parte donde Raúl tocó y se escucha la nota que se ubica en esa área. La expresión facial de Raúl cambia a una sonrisa. Sin que Mariana intervenga, Raúl empieza interactuar con la tela utilizando todo su cuerpo, como su cabeza, sus brazos,

la cara, la espalda y ve que en cada parte se va borrando la nebulosa. Los colores del espacio le llaman la atención y, como si quisiera ver de cerca choca su cara contra la tela y empieza a moverse al ritmo de la música. Después de dos minutos, empiezan a aparecer elementos que Raúl golpea y los mueve al ritmo de la música. Raúl sonríe.

### 3.4 Implementación de *Música flexible*

#### 3.4.1 Arquitectura del sistema

*Música flexible* se implementó en el lenguaje QML<sup>24</sup> utilizando la librería TSPS<sup>25</sup>. El hardware que se utilizó fue un proyector NEC de corto alcance, un sensor Microsoft Kinect V1 modelo 1473 y una PC DELL E2414H de 64 bits con Windows 8.1, procesador Intel i7, 1TB de disco duro y 12 GB de memoria RAM (ver Figura 20). Se utiliza un proyector para visualizar el juego y una bocina para reproducir los sonidos.



**Figura 20. Diagrama de emplazamiento del sistema**

<sup>24</sup> QML es un lenguaje basado en JavaScript creado para diseñar aplicaciones enfocadas a la interfaz de usuario. <http://www.qt.io/ide/>

<sup>25</sup> TSPS, por sus siglas en inglés, Toolkit for Sensing People in Spaces. Es una herramienta de código abierto para crear aplicaciones interactivas. TSPS encapsula algoritmos de visión por computadora en una interfaz simple y fácil de usar, por lo que es transparente para el usuario. <http://www.tspcs.cc/>

La posición donde el usuario toca la tela se infiere por el sensor Kinect, mediante la captura de datos de la cámara de profundidad. El sensor Kinect que está conectado a la computadora, envía los datos a la PC ejecutando la librería TSPS. TSPS envía los datos al cliente *Música flexible* (el juego en QML) a través del protocolo TUIO. Una vez que el sistema cliente *Música flexible* recibe los datos que se leyeron del Kinect, este sistema manda llamar la visualización adecuada. Todas las visualizaciones se realizaron en QML y para la visualización del fondo se utilizaron unos Shaders<sup>26</sup>. Un Shader<sup>27</sup> es un programa definido por el usuario diseñado para ejecutarse en una determinada etapa de un procesador de gráficos. Por el tiempo con el que se contó para realizar este proyecto, no se implementaron todos los temas de los escenarios, ni la detección de todos los gestos que son parte del diseño.

### 3.5 Conclusiones

En este capítulo se describe el proceso de diseño de *Música flexible*, así como la integración de las ideas de diseño obtenidas en las sesiones. El diseño toma en consideración los resultados del estudio contextual y las opiniones de un equipo multidisciplinario con la participación de usuarios finales.

Debido al limitado tiempo que se tuvo para realizar el proyecto, no se implementaron todas las características del diseño final, como trabajo futuro se sugiere implementar todos los escenarios que se diseñaron.

También se propone agregar diferentes sonidos de instrumentos musicales para proporcionar mayor variedad a los usuarios. Sin embargo, esto requiere de mayor exploración con los expertos en música para identificar la mejor manera de representar las características de estos instrumentos en la tela.

---

<sup>26</sup> <https://www.shadertoy.com/> En la web hay una gran cantidad de Shaders disponibles que se pueden reutilizar.

<sup>27</sup> <https://www.opengl.org/wiki/Shader>

La parte de los gestos de interacción con sus respectivos efectos también requiere un poco más de investigación, principalmente por los retos técnicos que implica la detección de los mismos. También como trabajo futuro se pueden comparar los gestos encontrados con las niñas típicas en la sesión de diseño participativo de este estudio, con los gestos que se encuentren en la interacción de los niños con autismo en la evaluación del prototipo actual.

## Capítulo 4. Evaluación de música flexible

---

En este capítulo se muestra el proceso de evaluación de *Música flexible* en comparación con la condición tradicional con piano. La evaluación involucró en comparar el uso de Música Flexible con su contraparte tradicional utilizando instrumentos musicales tradicionales para investigar la experiencia de uso de Música Flexible y su potencial impacto en la práctica diaria.

En la primera parte del capítulo se describe la metodología a seguir para la evaluación de *Música flexible*. A continuación, se definen los objetivos de la evaluación, el diseño de la evaluación y el desarrollo del estudio de usuario. Posteriormente, se muestra el análisis de datos, así como los resultados. Finalmente, se muestran las limitaciones y conclusiones de la evaluación.

### 4.1. Objetivos

El objetivo general es evaluar la experiencia de uso y la capacidad de la tela interactiva *Música flexible* de apoyar el juego no-estructurado en comparación con la condición tradicional utilizando un piano típico. Los objetivos específicos incluyen:

- Determinar si *Música flexible* promueve de mejor manera la iniciación durante el juego libre en comparación con el uso de un piano típico; midiendo, la cantidad de actividades voluntarias y la cantidad de ayudas que el usuario recibió por la psicóloga en ambas condiciones (juego no-estructurado).
- Determinar si los niños con autismo mantienen de mejor manera su atención y expresan mayores emociones positivas utilizando *Música flexible* que con la condición tradicional utilizando el piano típico (experiencia de uso).

## 4.2. Diseño del estudio

### 4.2.1 Reclutamiento y características de los participantes

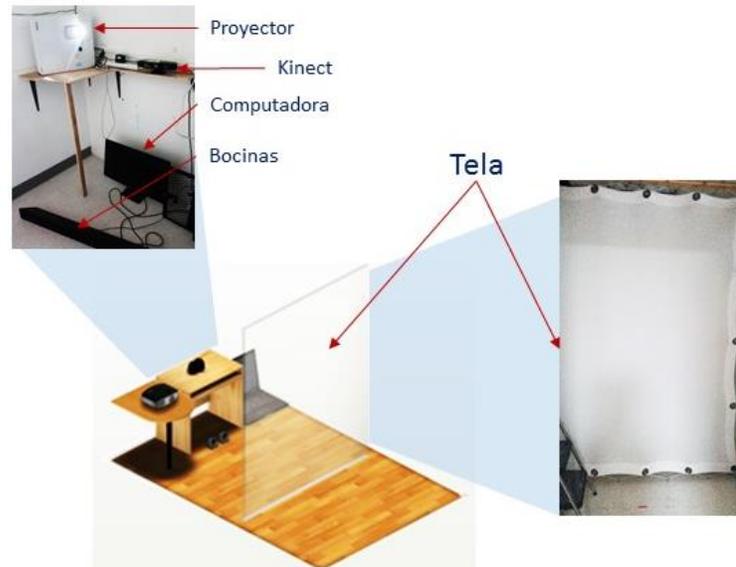
Para la evaluación de *Música flexible* se contó con la participación de 24 niños de distinta funcionalidad con edades entre los 3 y 11 años de edad, además de una psicóloga que apoyaba a los participantes en las sesiones (Tabla 4). Los niños que participaron en este estudio de usuario tienen problemas cognitivos, algunos de ellos son no verbales, no seguían instrucciones, tenían temor a lo desconocido y son hipersensibles a los sonidos, entre otras características.

**Tabla 4. Información demográfica de los participantes**

Cantidad de niños	Funcionalidad	Edad
7	Baja	5 a 11 años
11	Media	3 a 11 años
6	Alta	4 a 9 años

## 4.2.2 Configuración del estudio de usuario

### 4.2.1.1 Instalación de la tela interactiva



**Figura 21. Configuración de la tela interactiva**

Para la instalación de *Música flexible* en “Pasitos” se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Tela spándex<sup>28</sup> con medidas de 2.3m x 1.5m
- ✓ Sensor Microsoft Kinect V1, modelo 1473
- ✓ Proyector de corto alcance NEC
- ✓ Bocinas
- ✓ Computadora DELL E2414H de 64 bits con Windows 8.1, procesador Intel i7, 1TB de disco duro y 12 GB de memoria RAM.
- ✓ Sistema de video vigilancia de 2 cámaras conectadas a la nube

Los materiales se instalaron en un cuarto de juegos de 3m de largo x 1.85m de ancho. La tela se colocó en un marco rodeado de argollas con medidas de 1.83m de ancho x 2.50m de largo; y un área de proyección resultante de 4.575m<sup>2</sup>. Detrás de la tela y a

<sup>28</sup> Tela sintética usada para hacer ropa elástica.

una distancia de 1.78m con una altura de 98cm del suelo, se colocó el sensor Kinect y un proyector profesional NEC de corto alcance (ver Figura 21). El sensor Kinect, el proyector de corto alcance y las bocinas se conectaron a una computadora de escritorio disponible también detrás de la tela. Frente a la tela, se colocó una repisa con un teclado y un ratón conectados a la computadora de escritorio vía *Bluetooth* para que la psicóloga manipulara la computadora y ejecutará el juego. También se instalaron dos cámaras de vigilancia una instalada en la parte superior del cuarto de tecnología para grabar los movimientos del usuario sobre la tela y una en la parte lateral para poder observar el rostro del niño durante el desarrollo de la sesión (Figura 22).



**Figura 22. Niños con autismo jugando con *Música flexible*. Niño haciendo música borrando la capa de smog encima de la nebulosa durante el primer nivel de la tela interactiva (izquierda). Niño moviendo un cohete en el segundo nivel de *Música flexible* (derecha).**

#### **4.2.1.2 Configuración de la condición tradicional de juego libre**

Para la condición tradicional de juego libre con instrumentos, se utilizó un cuarto de terapias de “Pasitos” con medidas de 1.83m de ancho x 2.13m de largo. Para asemejar la configuración de este cuarto a la del cuarto de tecnología, se quitaron los estímulos visuales ubicados en las paredes y las sillas. Dentro de este cuarto se colocó un piano típico y se le proporcionó a la psicóloga una lámpara láser para generar estímulos visuales con las luces. Se instaló una cámara Flip HD montada sobre un tripié frente a

la mesa donde estaba colocado el piano, de manera que pudiera observarse el rostro del usuario y la forma en que el usuario interactuaba con el piano (Figura 23).



**Figura 23. Niño con autismo durante la sesión de juego libre en la configuración para la condición tradicional**

La configuración requirió de lo siguiente:

- ✓ 1 Mesa
- ✓ 1 Piano
- ✓ Luces
- ✓ Cámara
- ✓ 1 Tripié

#### **4.2.2 Procedimiento**

Se siguió un paradigma de diseño experimental “intra-sujetos”, que consiste en exponer a la misma muestra a dos condiciones diferentes. Cada participante realizó una sesión por 5 minutos en las siguientes dos condiciones:

- El niño juega libremente con la tela interactiva utilizando *Música Flexible* (condición tela-interactiva) y,

- El niño utiliza un piano de juguete típico (condición piano).

La mitad de los participantes pasó primero en la condición de tela interactiva y después con la condición de piano. La intervención de los demás participantes fue de manera inversa (ver Tabla 5). Los niños jugaron con el primer y segundo nivel disponibles en Música Flexible, con una duración de 2.5 minutos cada nivel. En la condición de piano, los niños jugaron de manera libre los 2.5 minutos del primer nivel y en el segundo nivel de también 2.5 minutos, se le proporcionaron unas luces y el láser a la psicóloga para simular los elementos del juego que se movían aleatoriamente. Las ayudas se dieron de acuerdo a una jerarquía; primero, ayuda verbal; segundo, ayuda de modelado; tercero, ayuda física. Por ejemplo, si el niño se distraía del juego con el piano o la tela interactiva, la psicóloga primero le daba ayuda verbal y si el niño seguía sin poner atención a la tarea, la psicóloga le daba ayuda de modelado y como último recurso ayuda física. Si el niño retomaba su concentración, la psicóloga no proporcionaba ayudas y dejaba que el niño interactuara libremente con la tela o el piano, según sea el caso.

**Tabla 5. Orden de participación durante la intervención**

	<b>Primera sesión</b>	<b>Segunda sesión</b>
<b>Tela interactiva</b>	Grupo A (12 niños)	Grupo B (12 niños)
<b>Piano</b>	Grupo B (12 niños)	Grupo A (12 niños)

### **4.3 Desarrollo del estudio de usuario**

El estudio de usuario se realizó durante 7 días, en 2 etapas, en la primera etapa se realizó la prueba piloto y en la segunda etapa la intervención.

### 4.3.1 Prueba piloto

La prueba piloto duró un día laboral completo (5 horas) y participaron 4 niños con autismo de distinto nivel de funcionalidad (ver Tabla 6).

**Tabla 6. Orden de participación durante la prueba piloto**

<b>Prueba piloto</b>		
<b>Participante</b>	<b>Primera condición</b>	<b>Segunda condición</b>
<b>N1</b>	Música Flexible	Tradicional
<b>N2</b>	Tradicional	Música Flexible
<b>N3</b>	Música Flexible	Tradicional
<b>N4</b>	Tradicional	Música Flexible

Esta prueba piloto ayudó a evaluar el desempeño del prototipo en condiciones reales, determinar los tiempos de ejecución y probar los tiempos e instrumentos de captura. Una vez concluida la prueba piloto, se corrigieron los errores que se encontraron y se procedió a preparar la intervención.

### 4.3.2 Colección de datos

En ambas condiciones, se grabó el sonido además de tomar fotografías. En total se obtuvieron 240 minutos de grabación, que más adelante se analizaron. Para complementar la observación se realizaron 6 entrevistas a la psicóloga, una al finalizar cada día de intervención y una entrevista al final de toda la evaluación (apéndice 4). Los tópicos que se trataron en la entrevista incluyeron juego libre, uso y adopción, atención.

## 4.4 Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizaron técnicas cuantitativas de análisis secuencial<sup>29</sup> (Bakeman and Gottman, 1997) para la codificación de los 240 minutos de video que se obtuvieron de las cámaras de video vigilancia disponibles en “Pasitos”.

### 4.4.1 Juego libre

Se definieron dos categorías relacionadas con iniciación voluntaria para proporcionar evidencia de juego libre (Tabla 7). La primera categoría, iniciación se refiere a los eventos en los que el participante iniciaría una interacción sin ayuda y de manera espontánea. La segunda categoría Ayudas, define el tipo de ayudas proporcionadas por las psicólogas. La codificación de ayudas e iniciación está basada en otros esquemas de codificación disponibles en la literatura (Kim et al., 2009; Zalapa Cardiel, 2014).

Para la codificación de videos se involucraron tres observadores, que tuvieron un entrenamiento de 30 minutos. Los tres observadores codificaron la misma sesión de video de un niño de manera independiente de acuerdo a los eventos que ocurrieron.

---

<sup>29</sup> **Análisis secuencial:** método que mide la ocurrencia de un comportamiento.

Tabla 7. Parte orientada a juego libre del esquema de codificación

Category	Code	Target behavior	Definition	Type of measure
Iniciation / Iniciación	IE	Initiation of engagement Iniciación de "engagement"	Se refiere a un evento donde el niño espontáneamente inicia una interacción con el juego o realiza un cambio en la actividad que está haciendo (ej. Le pegaba con las manos, ahora con el pie, cambio de extremidad para interactuar con la tela)	Frecuencia
Ayuda: El nivel de ayuda que el niño necesita durante el juego. Prompting: The level of prompting the child needs when playing the game	V	Verbal / Verbal	Se refiere cuando la psicóloga da ayuda al niño de manera verbal (ej. "toca la tela")	Frecuencia
	Ph	Physical / Física	Cuando la psicóloga agarra al niño y le muestra cómo hacer la actividad.	Frecuencia
	G	Gestural / Gestual	Cuando la psicóloga realiza gestos para indicarle al niño qué hacer.	Frecuencia
	M	Modeling / Modelado	Cuando la psicóloga hizo actividades que después fueron imitadas por el niño.	Frecuencia
	N	None / Ninguna	Cuando el terapeuta/psicóloga no incita al niño realizar ninguna interacción.	Frecuencia

Con el objetivo de medir el nivel de acuerdo entre los codificadores (IOA, por sus siglas en inglés Inter-Observer Agreement) y debido a que fueron tres codificadores se sacó el índice Kappa de Fleiss por cada categoría y los resultados fueron los siguientes: Iniciación de "Engagement", kappa = 0.72081417; Verbal, kappa = 0.881372141; Física, kappa = 0.948925886; Gestual, kappa = 1; Modelado, kappa = 0.96045738; Ninguna kappa = 0.963202291. Con los resultados obtenidos del índice Kappa de Fleiss, se demuestra que existe un acuerdo entre la codificación de los observadores.

#### 4.4.2 Experiencia de uso

La codificación de experiencia de uso está basada en otros esquemas de codificación disponibles en la literatura (Zalapa Cardiel, 2014), con las categorías de Atención ("OnTask" que es el tiempo que el niño puso atención y "offTask" cuando el niño perdió la atención o interés en la tarea que está realizando) y emociones (negativas, positivas y ninguna emoción) (ver Tabla 8).

**Tabla 8. Esquema de codificación, parte orientada a experiencia de uso.**

Category	Code	Target behavior	Definition	Type of measure
Atención / Attention:	onT	onTask / En la tarea	Si el niño está poniendo atención a la actividad.	Tiempo
	ofT	offTask / Fuera de la tarea	Cuando el niño pierde la atención o el interés en la tarea que está realizando.	Tiempo
Emociones: Las emociones que el niño expresa durante el juego. Emotions: The emotions the child exhibit while playing the game	Neg	Negative / Negativa	Cuando el niño está triste (llora), enojado (seño fruncido) o presenta emociones similares a estas.	Tiempo/ Frecuencia
	Pos	Positive / Positivas	Cuando el niño está contento (hay sonrisas, risas, etc.), alegre, o presenta emociones similares a estas.	Tiempo/ Frecuencia
	None	None / Ninguna	No está expresando ninguna emoción o no la podemos identificar/no se ve en el video.	Tiempo/ Frecuencia

Con el objetivo de medir el nivel de acuerdo entre los observadores en esta categoría también se utilizó el índice Kappa de Fleiss, el cual se sacó para cada categoría de la experiencia de uso, obteniendo los siguientes resultados: en atención, onTask, kappa=0.714231145; offTask, kappa=0.702649085; en emociones, Negativa, kappa=0.786272923; Positiva, kappa=1; Ninguna, kappa=0.901833271. Estos valores indican que existe un acuerdo entre observadores.

#### 4.4.3 Pruebas estadísticas

Para calcular la significancia estadística de los datos, primeramente se analizó la distribución de nuestros datos utilizando la prueba de normalidad de Shapiro Wilk (Shapiro and Wilk, 1965), el resultado fue que los datos son no paramétricos. Dado que nuestros datos son no paramétricos, se utilizó la prueba Signed Rank de Wilcoxon (Wilcoxon, 1945) comparando los datos recabados de los 24 niños de la sesión de piano contra los datos de la sesión con la tela interactiva.

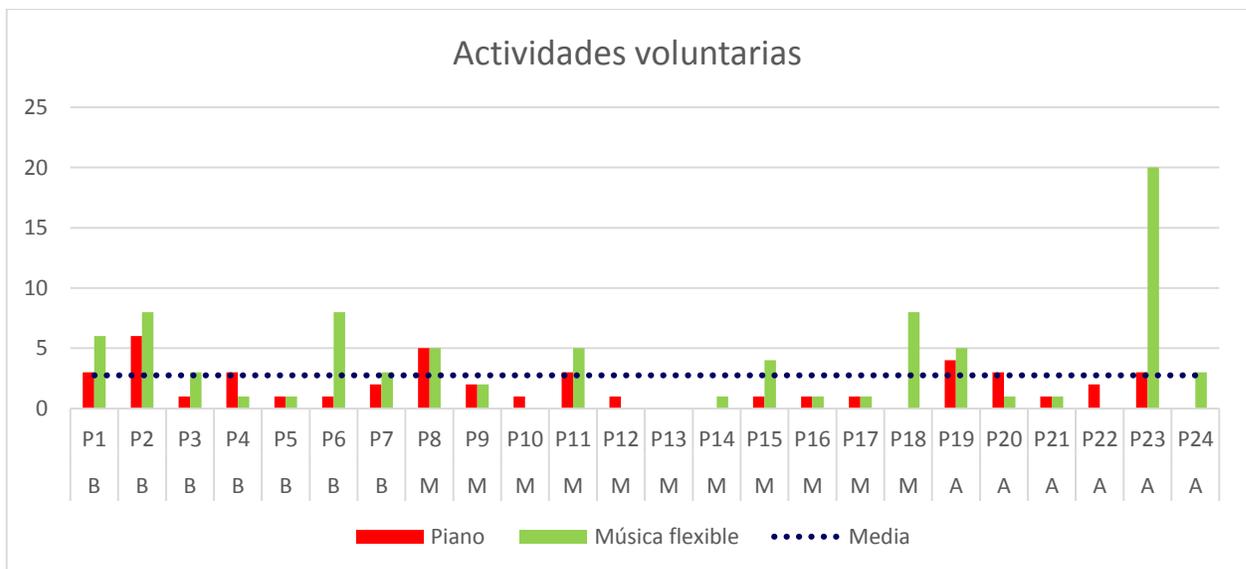
## 4.5 Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante la evaluación de *Música flexible* en términos de juego libre y experiencia de uso en cada una de sus categorías.

### 4.5.1 Juego libre

#### 4.5.1.1 Actividades voluntarias

En la siguiente gráfica (Figura 24) se muestran las veces (eje y) en las que el usuario inicia espontáneamente una interacción con el juego o realiza un cambio en la actividad que está haciendo (ej. le pegaba con las manos, luego con el pie, cambio de extremidad para interactuar con la tela), tanto en la condición tradicional usando piano como con el juego de *Música flexible*. Se encontró que con *Música flexible* los usuarios iniciaban en promedio 1.75 veces más que en la condición tradicional con el piano.



**Figura 24. Instancias de actividades voluntarias.** En el eje y vemos el número de instancias. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad

Al aplicar la prueba *t de Wilcoxon* ( $p=0.01659$ ) para un  $\alpha=0.05$ , se encontró diferencia significativa entre las instancias de actividades voluntarias con *Música flexible* y la condición tradicional con piano.

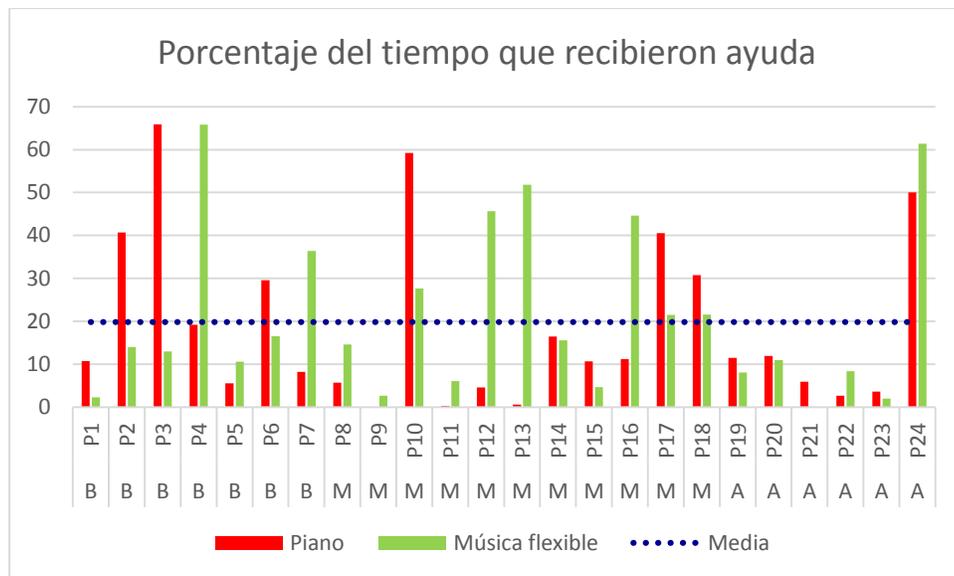
Nuestros resultados indican que la tela propició un mayor número de iniciación de actividades. Estas actividades fueron voluntarias porque la psicóloga no intervino para que realizaran las actividades que se contabilizaron en la codificación. Algunas de las razones a las que atribuimos este resultado es que con las características propias de la tela, los niños podían explorar nuevas formas de interacción. Asimismo, los gráficos y colores que se mostraban como respuesta a los gestos del niño sobre la tela, le permitían al niño experimentar diversos movimientos y formas de expresión.

*“El que no hubiera instrucciones hizo que ellos tuvieran la iniciativa de hacer algo en la tela, no se les daba ningún tipo de instrucción, o sea, simplemente que iban a jugar, cuando llegan ellos luego, luego iban a tocar la tela, entonces creo que es parte del asunto del juego libre”* (Psicóloga)

*“...si miraba que muchos o sea, pues llegaban y con libertad tocaban y tocaban donde ellos querían y hacían lo que ellos querían con la tela, la agarraban, la pellizcaban era muy libre para ella...”* (Psicóloga)

#### **4.5.1.2 Ayuda**

En la siguiente gráfica (Figura 25) se muestra el porcentaje del tiempo que recibieron ayuda. En promedio se encontró que con *Música flexible* se recibieron 2.5% más tiempo de ayuda que con la condición tradicional del piano.



**Figura 25. Porcentaje del tiempo que recibieron ayuda. En el eje y vemos el porcentaje de tiempo que se recibió ayuda. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad**

Aplicando la prueba *t de Wilcoxon* ( $p=0.44433$ ), para un  $\alpha=0.05$ , no se encontró diferencia significativa para el porcentaje total de tiempo que recibieron ayuda en ambas condiciones. De esta gráfica se pudiera inferir que el juego no contaba con instrucciones verbales que modelaran las ayudas que las maestras ofrecen típicamente durante el juego libre, y por eso las maestras necesitaron ofrecer múltiples ayudas.

**Tabla 9. Resultados comparativos de la condición tradicional con piano y *Música flexible* con respecto al tipo de ayudas**

		Verbal	Física	Gestual	Modelado
<b>Valor de <math>p</math> con <math>\alpha=0.05</math></b>		0.09012	0.4562	Datos insuficientes	0.5
<b>Piano</b>	Promedio	8.311563	8.017487	0.0534	7.1904963
	Desviación estándar	8.715106	14.57039		7.0851934
<b><i>Música flexible</i></b>	Promedio	13.72427	7.410182	0	7.1846836
	Desviación estándar	14.74271	9.573774		6.9584915

Analizando las ayudas por tipo, encontramos que en promedio los niños recibieron 5.41% más tiempo de ayuda verbal en *Música flexible* que en la condición tradicional con el piano. Recibieron 0.6% más tiempo de ayuda física en la condición tradicional con piano en comparación con *Música flexible*; y 0.005% más tiempo de ayudas de modelado que con *Música flexible*. En ninguno de los casos hubo diferencia significativa aplicando la prueba *t de Wilcoxon* (*ayuda verbal*,  $p=0.09012$ ; *ayuda física*  $p=0.4562$ ; *ayuda gestual* = Datos insuficientes; *ayuda de modelado* = 0.5; para un  $\alpha=0.05$ ).

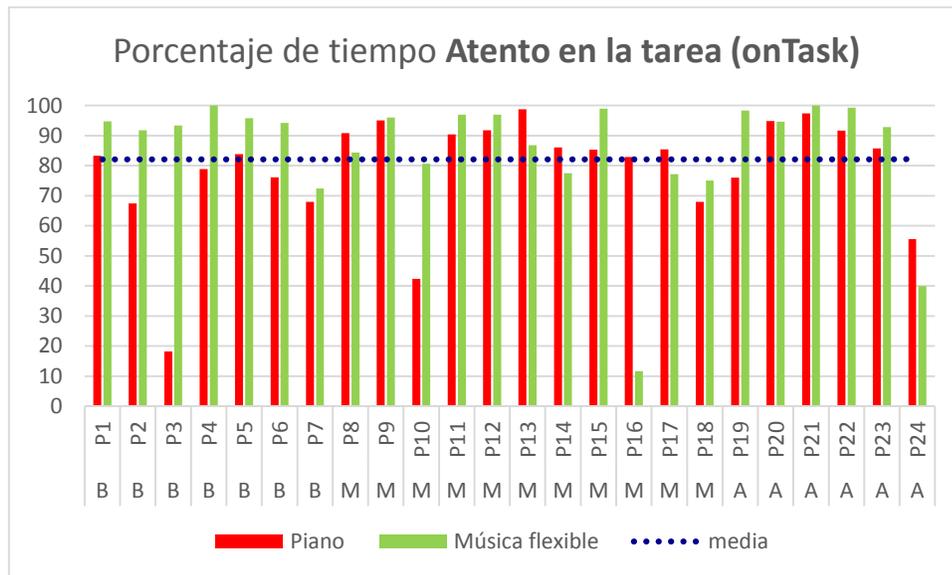
Estos resultados los atribuimos a que las ayudas son mecanismos generales que utilizan las psicólogas y maestras de “Pasitos” cuando los niños se distraen o no quieren hacer las actividades asignadas. Al no haber una diferencia significativa, se entiende que ambas condiciones están en una equivalencia. Sin embargo, viendo los promedios de ayuda verbal podemos ver oportunidades de mejora en el prototipo como incorporar alguna característica de sonido, por ejemplo, alguna instrucción verbal que llame la atención del niño cuando se deje de detectar el toque sobre la tela por determinado tiempo. A pesar de que no hubo diferencia significativa, la psicóloga percibió que tenía que darles un mayor número de ayudas a los niños con el piano.

*“si tocaban las dos cosas, creo que no hubo niños que luego luego tocaran el piano, pero en este grupo en específico si se tenía que dar como ayudas para que tocaran tanto el piano como la tela, pero sin embargo en la tela si era menor que en el piano, en el piano tenía que estar muy seguido diciéndoles: toca el piano y así”* (Psicóloga).

## 4.5.2 Experiencia de uso

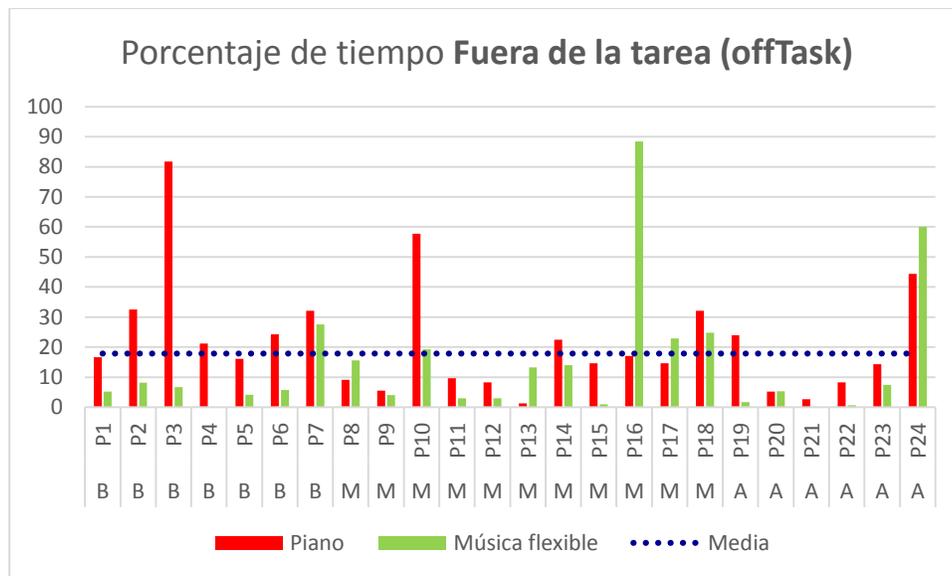
### 4.5.2.1 Atención

En la siguiente gráfica (ver Figura 26) se muestra el porcentaje del tiempo que cada niño estuvo atento durante la sesión con *Música flexible* vs la condición tradicional con piano.



**Figura 26. Tiempo de atención en la sesión. En el eje y el porcentaje de tiempo que estuvo atento. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad**

Los resultados indican que en promedio los niños pusieron 6.5% de tiempo más atención con *Música flexible* en comparación con la condición tradicional con piano. Al aplicar la prueba *T de Wilcoxon* ( $p=0.03144$ ), con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ), hubo una diferencia significativa entre las dos condiciones.



**Figura 27. Tiempo que los niños perdieron la atención durante la sesión. En el eje y, el porcentaje de tiempo que perdieron la atención. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad**

Para el parámetro “offTask”, la gráfica (ver Figura 27) muestra el porcentaje de tiempo que los niños perdieron la atención en ambas condiciones. Los resultados indican que los niños estuvieron 7.2% más de tiempo fuera de la tarea utilizando el piano en comparación con la tela interactiva ( $p=0.03144$ ).

Con los resultados obtenidos del tiempo en que pusieron atención y el tiempo que perdieron la atención podemos concluir que las decisiones de diseño para la superficie interactiva, como el escenario, los elementos brillantes, la colocación de las notas musicales, así como las características propias de la tela permitieron que el niño estuviera atento por más tiempo durante la sesión con la tela interactiva que con el piano. Un punto importante para que el niño no perdiera la atención con la tela interactiva fue la respuesta de la misma, que funcionara cuando el niño la tocaba. Por ejemplo, durante la prueba piloto el prototipo no funcionó bien y el niño perdió la atención porque el prototipo no respondía, lo que quiere decir que en la intervención, el buen funcionamiento del prototipo fue importante para obtener estos resultados.

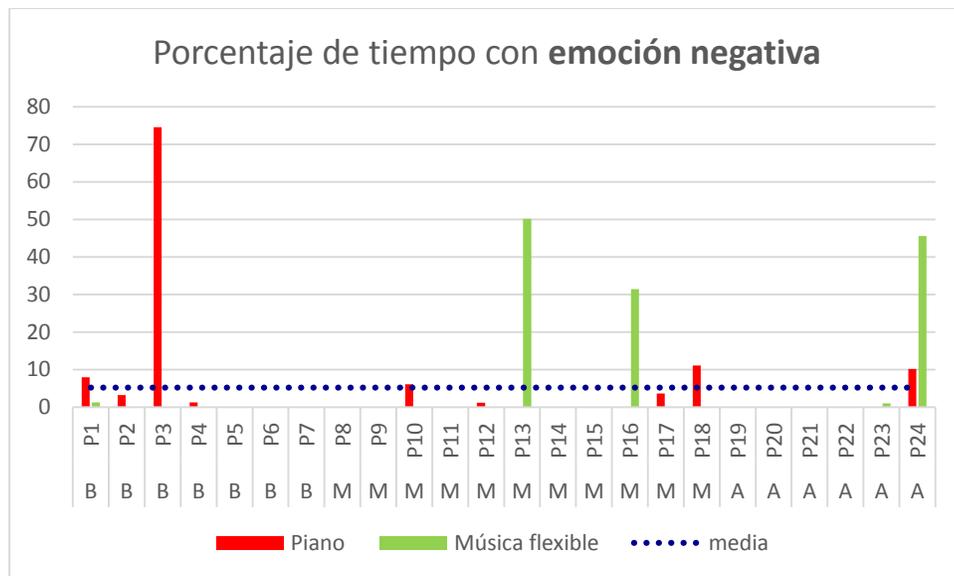
*“Inclusive un niño (de baja funcionalidad, no verbal) que se tiraba en la tradicional y todo, en la tela no hubo ningún problema al contrario estaba súper interactuando con la tela” (Psicóloga).*

*“En la tela se aburrían menos, no aburrían, era como algo por descubrir, en la tradicional los que ya sabían decía pues ya termine o ya toque todas las teclas y en la tela no, era como, no había comentarios de “ya terminé” (en los niños verbales), ellos seguían tocando aunque ya estuviera todo iluminado” (Psicóloga)*

*“entonces tocaban la tela de la manera que ellos querían y la tela funcionaba” (Psicóloga)*

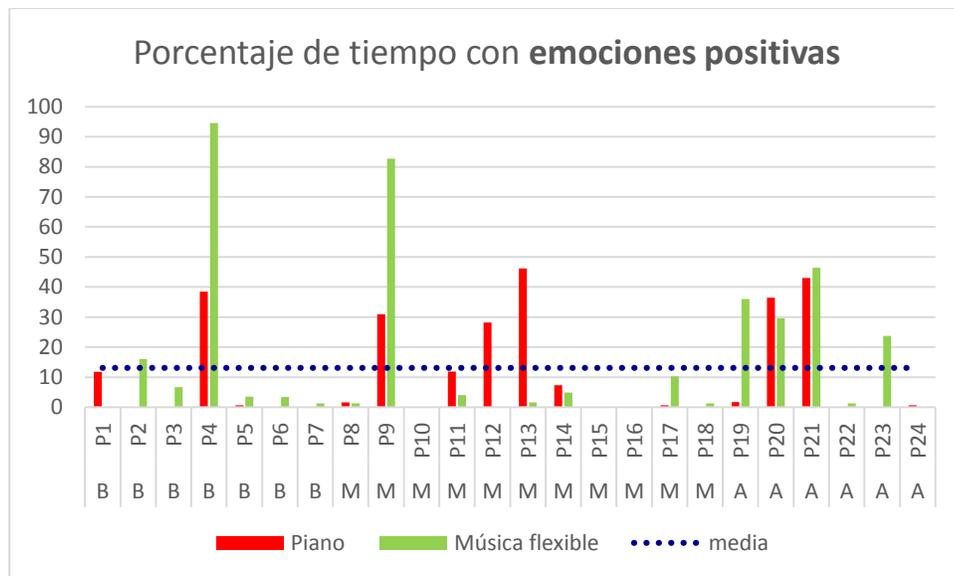
#### **4.5.2.2 Emociones**

En la siguiente gráfica (Figura 28), se muestran el porcentaje de tiempo que expresaron emociones negativas en ambas condiciones. Podemos observar que son más niños que expresaron emociones negativas en la condición tradicional con el piano (9 participantes) vs en la condición de *Música flexible* (5 participantes), sin embargo, en promedio se registró un 0.4% más de tiempo de emociones negativas en *Música flexible* en comparación con la condición tradicional con el piano. No obstante, al aplicar la prueba t de Wilcoxon ( $p= 0.26435$ ), con un  $\alpha=0.05$ , no se encontró diferencia significativa entre ambas condiciones.



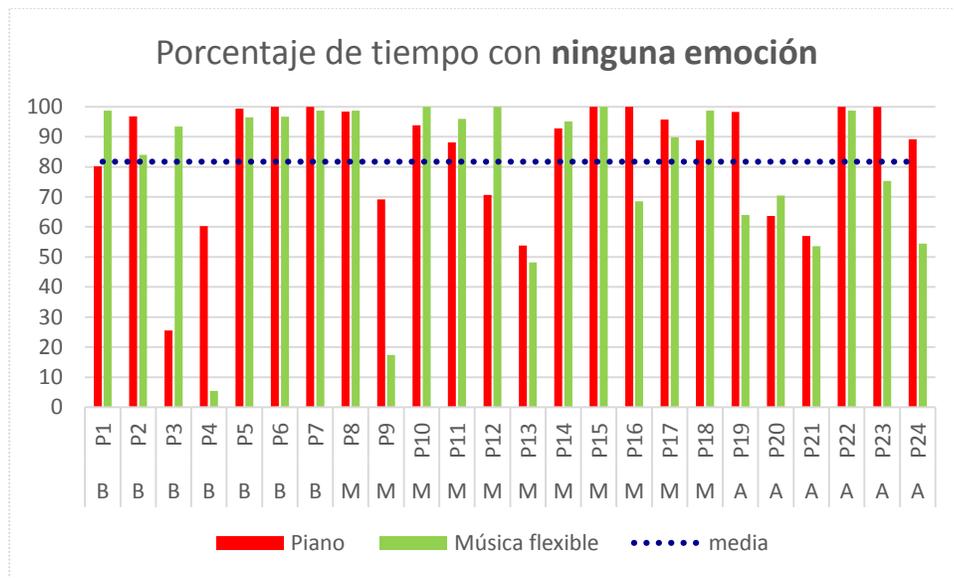
**Figura 28.** Porcentaje de tiempo que tuvieron emociones negativas. En el eje y se encuentra el porcentaje de tiempo que tuvieron emociones negativas. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad.

En lo que respecta a las emociones positivas, se puede observar en la siguiente gráfica (ver Figura 29) que 18 participantes expresaron emociones positivas con *Música flexible* vs 11 con la condición tradicional, también hay un 4.5% más de tiempo que se presentan expresiones positivas con *Música flexible* comparado con la condición tradicional. Sin embargo, al aplicar la prueba *t de Wilcoxon* ( $p= 0.12302$ ), con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ), no se encontró diferencia significativa entre ambas condiciones.



**Figura 29.** Porcentaje de tiempo que tuvieron emociones positivas. En el eje y se encuentra el porcentaje de tiempo que tuvieron emociones positivas. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad.

Los resultados del porcentaje de tiempo que los niños no presentaban ninguna emoción, se presentan a través de la siguiente gráfica (Figura 30). En promedio, en la condición tradicional con piano no expresaron emociones 4.9% más que con *Música flexible* debido a que como lo muestran las gráficas anteriores (Figura 10 y Figura 11), con *Música flexible* se expresaron más emociones (negativas y positivas). Sin embargo, tampoco en los resultados de este parámetro se encontró diferencia significativa aplicando la prueba *t de Wilcoxon* ( $p= 0.16602$ ), con un  $\alpha=0.05$ .



**Figura 30. Porcentaje de tiempo que los niños no mostraban ninguna emoción. En el eje y se encuentra el porcentaje de tiempo que no tuvieron emociones. En el eje x los participantes, donde, P(n): es el número de participante, B: Baja funcionalidad, M: Media funcionalidad, A: Alta funcionalidad**

Esto indica que los niños con autismo no expresan muchas emociones, algo característico del desorden (Losh and Capps, 2006). No obstante, algunos de los niños de alta funcionalidad sí pudieron expresar algunas expresiones de agrado respecto a la tela. Sin embargo, en los comentarios cualitativos la psicóloga expresó que la tela era del agrado de los niños, ya que ellos mantenían la atención en la tarea y se mostraban emocionados (Figura 27 y Figura 28). La psicóloga percibió más emociones positivas en los niños cuando interactuaban con la tela que con el piano, sin embargo, no se encontró suficiente evidencia en los datos recabados.

*“...en el piano no mire que se rieran... y en la tela si vi expresiones y se reían y así se emocionaban” (Psicóloga)*

*“La tela fue lo que más les agrado, los que podrían hablar o los que hablaban, los más funcionales” (Psicóloga)*

*“Los comentarios que ellos hacían en relación a la tela ‘wow’ e incluso una niña dijo hasta ‘gracias’, no sé, por el juego y las estrellas y todo lo que salía de la tela, fue lo que más les agrado.” (Psicóloga)*

#### **4.6 Limitaciones**

Debido a las fechas en las que se realizó la evaluación, parte de la muestra planeada en hacer la evaluación no asistió a clases, por lo que la muestra disminuyó de 30 a 24.

Cabe señalar que exponer a los niños con autismo a condiciones nuevas puede causar ciertos temores, dudas, ansiedad que pudo afectar en los resultados, por lo que una intervención a largo plazo ayudaría a aminorar esos efectos.

#### **4.7 Conclusiones**

Analizando los resultados obtenidos se puede concluir que la tela interactiva supera la cantidad de iniciaciones voluntarias y mejora la atención de los niños en la terapia en comparación a la condición tradicional utilizando el piano. En relación a independencia es necesario trabajar en imitar las ayudas que las maestras ofrecen a los niños para un mejor desarrollo del prototipo, por ejemplo, implementar ayudas visuales o auditivas. En cuanto a las emociones no hubo diferencia entre las condiciones, esto lo atribuimos a características propias del autismo.

## Capítulo 5. Conclusiones

---

En la presente tesis se describe el proceso de diseño, implementación y evaluación de *Música flexible*, una tela interactiva que permite crear música cuando golpean, arrastran, o tocan los elementos digitales que aparecen en ella. Las actividades que los niños pueden realizar con la tela interactiva son de composición abierta por lo que apoya el juego no estructurado de niños con autismo.

Para entender cómo se desarrolla el juego no estructurado de niños con autismo se realizó un estudio contextual, en el que se analizaron entrevistas hechas a psicólogos de “Pasitos” y a un maestro de música. Como resultado de ese análisis se obtuvieron consideraciones de diseño, que se utilizaron como guía para diseñar la tela interactiva de acuerdo a las necesidades de los niños con autismo.

A partir de esos resultados se hicieron cinco sesiones de diseño para proponer prototipos de superficies interactivas que potencialmente apoyarán el juego no estructurado de niños con autismo. Tres de las sesiones de diseño fueron participativas y se contó con expertos en interacción humano computadora (IHC), estudiantes de IHC, una psicóloga de “Pasitos”, un maestro de música y dos niñas típicas. Como resultado de estas sesiones se obtuvo de manera iterativa el diseño final de *Música flexible*

*Música flexible* tiene una interfaz de configuración en la que la maestra puede elegir el tipo de sonido de acuerdo al instrumento, las notas a tocar dentro de una escala dodecafónica, el escenario con el que va a jugar, una canción de una lista que ofrece el juego y la duración de cada nivel. *Música flexible* funciona en una tela interactiva de la siguiente manera: el sensor Kinect y un proyector de corto alcance están conectados a una PC. El sensor Kinect determina dónde está siendo presionada la tela. La PC ejecuta el juego implementado en QML que utiliza la librería TSPS para obtener los datos capturados por el sensor Kinect, estos datos son enviados por medio del protocolo TUIO al juego. Mientras que el juego es proyectado en la tela con los efectos correspondientes de acuerdo a la interacción del usuario con la tela.

Finalmente, se hizo la evaluación de *Música flexible* en “Pasitos”, donde participaron 24 niños con autismo de distinta funcionalidad con edades entre 3 y 11 años de edad, además de una psicóloga en las sesiones de cada participante.

Este procedimiento de evaluación se hizo con el paradigma de diseño experimental “intra-sujetos”. Se expuso a los niños a dos condiciones, la primera mitad de los niños realizaron una sesión tradicional de juego libre con un piano y la otra mitad, con la tela interactiva; posteriormente, se intercambiaron las actividades. Para recabar datos, se video grabaron todas las sesiones.

El análisis de datos se realizó utilizando técnicas cuantitativas de análisis secuencial. Por medio de esta técnica se evaluó el impacto de *Música flexible* en cuanto a juego libre (iniciación y ayudas) y experiencia de uso (atención y emociones).

Los resultados indican que *Música flexible*, es una superficie interactiva que les permite a los niños con autismo mejorar la iniciación de actividades. Los resultados en relación a la cantidad de ayudas que la terapeuta ofreció a los niños con autismo durante el uso de la tela indican que se necesita de la intervención del terapeuta para la realización de distintas actividades dentro del juego libre. Sin embargo, se requiere realizar una intervención a más largo plazo para evaluar si el apoyo de la psicóloga disminuye conforme el niño se familiariza con la tecnología. Cabe señalar que la exposición de los niños con autismo a una nueva tecnología, nuevas personas y espacios diferentes representa una situación complicada de manejar por ellos; por lo que el efecto de “novedad” pudo haber impactado en los resultados en relación a la cantidad de ayudas recibidas por la terapeuta, ya que muchas de estas ayudas se realizaron para apoyar al niño a sentirse cómodo en el nuevo ambiente –de hecho algunos de los niños no querían entrar al cuarto de juegos porque tenían miedo a una condición desconocida.

Con respecto a la experiencia de uso, los resultados indican que los niños con autismo pusieron más atención utilizando *Música flexible* que en la condición tradicional. Este resultado lo atribuimos a características y propiedades que ofrece la tela en conjunto con los estímulos visuales y auditivos que se diseñaron. En cuanto a las emociones,

ambas condiciones fueron equivalentes; lo que indica que la tela es equivalente a la condición tradicional en este aspecto.

Es importante destacar que la psicóloga que asistió a los niños durante la intervención percibió una mejor experiencia en los niños con *Música flexible* que con la condición tradicional con el piano.

La evidencia empírica que tenemos demuestra que la tela interactiva diseñada apoya el juego no estructurado mejorando la iniciación voluntaria de los niños con autismo, y su atención a la terapia en comparación a la condición tradicional utilizando un piano.

## 5.1 Aportaciones

Las principales aportaciones de esta tesis son las siguientes:

- Una tela interactiva que imita las sesiones de composición abierta utilizando instrumentos musicales para permitirle a los niños crear música.
- Una base de datos que contiene material audio-visual que documenta el proceso de actividades de composición abierta y juego libre de niños con autismo.
- Evidencia empírica del uso de la tela, donde se comparó contra sesiones tradicionales de composición abierta.
- Instalación de la tela interactiva *Música flexible* para su uso a largo plazo en la clínica “Pasitos” localizada en Tijuana, Baja California.
- Un poster aceptado al 17va conferencia internacional ASSETS 2015, por sus siglas en ingles International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, Lisboa, Portugal, 26 al 28 de Octubre del 2015

## 5.2 Limitaciones

Aunque muchas decisiones fueron acertadas, se tuvieron limitaciones en distintos aspectos en el desarrollo de la tesis, entre los que destacan los siguientes:

- Población: La muestra con la que se contó en el estudio de evaluación fue limitada a 24 niños y a las condiciones muy particulares de “Pasitos”. A pesar de superar la muestra típica de un estudio cualitativo, es únicamente suficiente para un estudio cuantitativo.
- El prototipo actual de la tela tiene algunos problemas de precisión al detectar los elementos de toque. Por razones de tiempo, se buscó la tecnología disponible; sin embargo, es necesario buscar otras alternativas, donde el rastreo sea más exacto y realizar un estudio con un prototipo más robusto.
- Las notas musicales de los instrumentos se descargaron de repositorios libres, por lo que la calidad del sonido es de mediana calidad.

## 5.3 Trabajo futuro

Para futuras intervenciones se sugiere realizar un estudio incluyendo a niños autismo con y sin contacto con la música, como se realizó en esta tesis, ya que esto nos permitió tener una visualización real de la población. Sin embargo, se sugiere que al hacer el análisis se agrupen los resultados de acuerdo a las características de los participantes, por ejemplo, de acuerdo a su contacto previo con la música, el perfil sensorial de cada participante y su nivel de funcionalidad. De esa manera se podrán ver las características del grupo de la población que se ve más beneficiado con la tela interactiva.

Aunque *Música flexible* fue evaluado para ver los beneficios respecto a juego libre, se encontraron indicios de que puede ser útil en el tratamiento de la parte sensorial en niños con autismo, así como en la motricidad y socialización. Esto a raíz de observaciones de la psicóloga que estuvo a cargo de los niños durante las sesiones, así

como de algunas otras psicólogas que trabajan en “Pasitos”. Sin embargo, se requiere de hacer otra evaluación y adecuaciones al diseño del juego para mejorar aspectos enfocados a la socialización, motricidad y la parte sensorial de niños con autismo.

Para el seguimiento de los gestos de usuario se utilizó el sensor Kinect y la librería TSPS, sin embargo, hay una alternativa para hacer incrustar sensores en textiles y permitir el rastreo directo desde la tela. Por cuestiones de tiempo, no se probó esta opción en este proyecto, pero actualmente, este tipo de tecnología está siendo probada y utilizada en la industria textil de moda<sup>30</sup>.

En cuanto a los sonidos musicales, se recomienda trabajar de la mano con músicos para obtener audios de mayor calidad y mayor número de instrumentos, quizás realizar composiciones de música específicas para la tela.

---

<sup>30</sup> <https://www.google.com/atap/project-jacquard/>

## Lista de referencias bibliográficas

- American Psychological Association (APA). (2002). *DSM-IV-TR Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. American Psychiatric Association, Washington, D.C.
- Antle, A. N., Bevans, A., Tanenbaum, J., Seaborn, K., and Wang, S. (2011). Futura : Design for Collaborative Learning and Game Play on a Multi-touch Digital Tabletop. *Proceedings of the Fifth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 93–100. <http://doi.org/10.1145/1935701.1935721>
- Bakeman, R., and Gottman, J. M. (1997). *Observing Interaction: An Introduction to Sequential Analysis*. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=CMj2SmcijhEC&pgis=1>
- Bartoli, L., Corradi, C., Garzotto, F., and Valoriani, M. (2013). Exploring motion-based touchless games for autistic children's learning. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13* (pp. 102–111). <http://doi.org/10.1145/2485760.2485774>
- Bartoli, L., Garzotto, F., Gelsomini, M., Oliveto, L., and Valoriani, M. (2014). Designing and evaluating touchless playful interaction for ASD children. In *Proceedings of the 2014 conference on Interaction design and children - IDC '14* (pp. 17–26). <http://doi.org/10.1145/2593968.2593976>
- Battocchi, A., Pianesi, F., Tomasini, D., Zancanaro, M., Esposito, G., Venuti, P., ... Weiss, P. L. (2009). Collaborative Puzzle Game. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces - ITS '09* (p. 197). <http://doi.org/10.1145/1731903.1731940>
- Benko, H., Morris, M. R., Brush, a J. B., and Wilson, A. D. (2009). Insights on Interactive Tabletops: A Survey of Researchers and Developers. *Research Microsoft. Com*, (March), 8.
- Borkowski, S., Letessier, J., and Crowley, J. L. (2005). Spatial Control of Interactive Surfaces in an Augmented Environment. *Ifip International Federation For Information Processing*, (c), 228–244. [http://doi.org/10.1007/11431879\\_15](http://doi.org/10.1007/11431879_15)
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). (2014). Community Report on Autism. *The Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network*. Retrieved from [http://www.cdc.gov/ncbddd/autism/states/comm\\_report\\_autism\\_2014.pdf](http://www.cdc.gov/ncbddd/autism/states/comm_report_autism_2014.pdf)
- Cibrian, F. L., Martinez-Garcia, A. I., and Tentori, M. (2014). Hunting relics. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication - UbiComp '14 Adjunct* (pp. 223–226). <http://doi.org/10.1145/2638728.2638773>

- Corbin, J., and Strauss, A. (2014). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* (Vol. 2014). Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=MaKWBQAAQBAJ&pgis=1>
- Fikkert, W., Hakvoort, M., Van Der Vet, P., and Nijholt, A. (2009). Experiences with interactive multi-touch tables. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment (INTETAIN'09)* (Vol. 9, pp. 193–200). [http://doi.org/10.1007/978-3-642-02315-6\\_19](http://doi.org/10.1007/978-3-642-02315-6_19)
- Ginsburg, K. R. (2007). The Importance of Play in Promoting Healthy Child Development and Maintaining Strong Parent-Child Bond : Focus on Children in Poverty abstract. *PEDIATRICS*, 129(1), 182–191. <http://doi.org/10.1542/peds.2006-2697>
- Goh, W.-B., Shou, W., Tan, J., and Lum, G. T. J. (2012). Interaction design patterns for multi-touch tabletop collaborative games. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference extended abstracts on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts - CHI EA '12* (p. 141). New York, New York, USA: ACM Press. <http://doi.org/10.1145/2212776.2212792>
- Grammenos, D., Margetis, G., Koutlemanis, P., and Zabulis, X. (2012a). 53.090 virtual rusks = 510 real smiles using a fun exergame installation for advertising traditional food products. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 7624 LNCS, pp. 214–229). [http://doi.org/10.1007/978-3-642-34292-9\\_15](http://doi.org/10.1007/978-3-642-34292-9_15)
- Grammenos, D., Margetis, G., Koutlemanis, P., and Zabulis, X. (2012b). Paximadaki, the game. In *Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference on - MindTrek '12* (p. 287). <http://doi.org/10.1145/2393132.2393195>
- Greenspan, S. I., and Wieder, S. (2009). *Engaging Autism: Using the Floortime Approach to Help Children Relate, Communicate, and Think*. Da Capo Press. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=6MkBAwAAQBAJ&pgis=1>
- Grønbaek, K., Iversen, O. S., Kortbek, K. J., Nielsen, K. R., and Aagaard, L. (2007). IGameFloor. In *Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology - ACE '07* (p. 64). <http://doi.org/10.1145/1255047.1255061>
- Harper, C. B., Symon, J. B. G., and Frea, W. D. (2008). Recess is time-in: Using peers to improve social skills of children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(5), 815–826. <http://doi.org/10.1007/s10803-007-0449-2>
- Horn, M., Atrash Leong, Z., Block, F., Diamond, J., Evans, E. M., Phillips, B., and Shen, C. (2012). Of BATs and APEs. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '12* (p. 2059). <http://doi.org/10.1145/2207676.2208355>

- Ichino, J., Pon, A., Sharlin, E., Eagle, D., and Carpendale, S. (2014). Vuzik. In *Proceedings of the 26th Australian Computer-Human Interaction Conference on Designing Futures the Future of Design - OzCHI '14* (pp. 240–249). New York, New York, USA: ACM Press. <http://doi.org/10.1145/2686612.2686649>
- Jordà, S. (2010). The reactable. In *Proceedings of the 28th of the international conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '10* (p. 2989). New York, New York, USA: ACM Press. <http://doi.org/10.1145/1753846.1753903>
- Jordà, S., Kaltenbrunner, M., Geiger, G., and Bencina, R. (2007). The reactTable: Exploring the Synergy between Live Music Performance and Tabletop Tangible Interfaces. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction - TEI '07* (pp. 139–146). <http://doi.org/10.1145/1226969.1226998>
- Kern, P., and Aldridge, D. (2006). Using Embedded Music Therapy Interventions to Support Outdoor Play of Young Children with Autism in an Inclusive Community-Based Child Care Program. *Journal of Music Therapy*, 43(4), 270–294. <http://doi.org/10.1093/jmt/43.4.270>
- Kim, J., Wigram, T., and Gold, C. (2008). The Effects of Improvisational Music Therapy on Joint Attention Behaviors in Autistic Children: A Randomized Controlled Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(9), 1758–1766. <http://doi.org/10.1007/s10803-008-0566-6>
- Kim, J., Wigram, T., and Gold, C. (2009). Emotional, motivational and interpersonal responsiveness of children with autism in improvisational music therapy. *Autism*, 13(4), 389–409. <http://doi.org/10.1177/1362361309105660>
- Landry, P., Minsky, J., Castañer, M., Camerino, O., Rodriguez-Arregui, R., Ormo, E., and Pares, N. (2013). Design strategy to stimulate a diversity of motor skills for an exergame addressed to children. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13* (pp. 84–91). <http://doi.org/10.1145/2485760.2485781>
- Leo, K. H., and Tan, B. Y. (2010). User-tracking mobile floor projection virtual reality game system for paediatric gait & dynamic balance training. *Proceedings of the 4th International Convention on Rehabilitation Engineering Assistive Technology - iCREATE '10*, 25:1–25:4. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1926058.1926083>
- Lord, C., Cook, E. H., Leventhal, B. L., and Amaral, D. G. (2000). Autism Spectrum Disorders. *Neuron*, 28(2), 355–363. [http://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)00115-X](http://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)00115-X)
- Losh, M., and Capps, L. (2006). Understanding of emotional experience in autism: Insights from the personal accounts of high-functioning children with autism. *Developmental Psychology*, 42(5), 809–818. <http://doi.org/10.1037/0012-1649.42.5.809>

- Margetis, G., Grammenos, D., and Zabulis, X. (2013). iEat: An Interactive Table for Restaurant Customers' Experience Enhancement The iEat Table. *Communications in Computer and Information Science*, 374(PART II), 666–670. [http://doi.org/10.1007/978-3-642-39476-8\\_134](http://doi.org/10.1007/978-3-642-39476-8_134)
- Martínez-García, A. I., Tentori, M., and Rodríguez, M. (2015). Aplicaciones Interactivas para Salud. In J. Muñoz Arteaga, J. M. González-Calleros, and A. Sánchez Huitrón (Eds.), *En la Interacción Humano-Computadora en México*. Pearson.
- Mokashi, S., Yarosh, S., and Abowd, G. D. (2013). Exploration of videochat for children with autism. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13* (pp. 320–323). <http://doi.org/10.1145/2485760.2485839>
- Mundy, P., and Newell, L. (2007). Attention, Joint Attention, and Social Cognition. *Current Directions in Psychological Science*, 16(5), 269–274. <http://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00518.x>
- Parés, N., Carreras, A., Durany, J., Ferrer, J., Freixa, P., Gómez, D., ... Sanjurjo, À. (2005). Promotion of creative activity in children with severe autism through visuals in an interactive multisensory environment. In *Proc. of IDC '05* (pp. 110–116). <http://doi.org/10.1145/1109540.1109555>
- Preece, J., Rogers, Y., and Sharp, H. (2002). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons.
- Pykhtina, O., Balaam, M., Wood, G., Pattison, S., Kharrufa, A., and Olivier, P. (2012). Magic land. *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference on - DIS '12*, 136. <http://doi.org/10.1145/2212776.2223814>
- Quintin, E.-M., Bhatara, A., Poissant, H., Fombonne, E., and Levitin, D. J. (2011). Emotion perception in music in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(9), 1240–1255. <http://doi.org/10.1007/s10803-010-1146-0>
- Rapin, I., and Tuchman, R. F. (2008). Autism: Definition, Neurobiology, Screening, Diagnosis. *Pediatric Clinics of North America*, 55(5), 1129–1146. <http://doi.org/10.1016/j.pcl.2008.07.005>
- Restall, G., and Magill-Evans, J. (1994). Play and Preschool Children With Autism. *American Journal of Occupational Therapy*, 48(2), 113–120. <http://doi.org/10.5014/ajot.48.2.113>
- Ringland, K. E., Zalapa, R., Neal, M., Escobedo, L., Tentori, M., and Hayes, G. R. (2014). SensoryPaint: a multimodal sensory intervention for children with neurodevelopmental disorders. *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, 873–884. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2632065>

- Rosales, A. (2010). Collective creation of games using free play technologies. In *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '10* (p. 335). New York, New York, USA: ACM Press. <http://doi.org/10.1145/1810543.1810607>
- Shapiro, S. S., and Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591–611. <http://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Villafuerte, L., Markova, M., and Jorda, S. (2012). Acquisition of social abilities through musical tangible user interface. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference extended abstracts on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts - CHI EA '12* (p. 745). <http://doi.org/10.1145/2212776.2212847>
- Warming, C., Witt, M., Klubien, J., Gislason, T., Fiss, J., and Fog, H. S. (2014). Information Mediation in a Virtual Reality Environment.
- Weing, M., Röhlig, A., Rogers, K., Gugenheimer, J., Schaub, F., Könings, B., ... Weber, M. (2013). P.I.A.N.O. In *Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication - UbiComp '13 Adjunct* (pp. 75–78). <http://doi.org/10.1145/2494091.2494113>
- Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3001968>
- Xiao, X., Tome, B., and Ishii, H. (2014). Andante: Walking Figures on the Piano Keyboard to Visualize Musical Motion. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression -NIME'14* (pp. 629–632).
- Yang, O. S. (2000). Guiding Children's Verbal Plan and Evaluation During Free Play: An Application of Vygotsky's Genetic Epistemology to the Early Childhood Classroom. *Early Childhood Education Journal*, 28(1), 3–10. <http://doi.org/10.1023/A:1009587218204>
- Zalapa Cardiel, C. R. (2014). *Cómputo tangible en apoyo en las terapias sensoriales para niños con autismo*. Tesis de Maestría.CICESE, BC.p.112.

# Apéndice 1

## Protocolo de entrevista a psicólogo

Preámbulo (objetivos y aseguramiento de confidencialidad):

Hola buenos días mi nombre es Deysi Helen Ortega Román, soy estudiante de maestría del CICESE en Ciencias de la computación. El objetivo de esta investigación es el desarrollo de tecnología innovadora que permita entender las características de las terapias de piso para desarrollo infantil temprano en niños con autismo. El equipo de investigación que encabeza este estudio se especializa en temas referentes a computación y al desarrollo de tecnología de acuerdo al estudio de las necesidades de una comunidad. Su apoyo y retroalimentación es muy importante para nosotros ya que no nos especializamos en los temas referentes a interacción social. La presente entrevista tiene intereses estrictos de investigación y la información recopilada de entrevistas y grabaciones serán de uso confidencial. Es importante mencionar que NO es objetivo de la entrevista evaluarlo a usted, yo simplemente quiero conocer la percepción que tiene en cuanto a algunas herramientas tecnológicas que hoy se proporcionan y el uso que puede dársele.

La entrevista nos tomará alrededor de 40 minutos aproximadamente.

### Inicio

1. ¿Me podría dar su nombre?
2. ¿Cuál es su cargo en \_\_\_\_\_?
3. ¿Cuánto tiempo lleva desempeñando ese cargo?
4. ¿En qué consisten las actividades que realiza?
5. ¿Cómo es un día típico en \_\_\_\_\_ para usted?
6. ¿Cuáles son los principales problemas a los que se enfrenta al tratar a niños con autismo?

### Experiencia

7. ¿Podría decirme cuáles son las terapias que realiza a niños con autismo?
8. De las terapias mencionadas, ¿podría decirme qué aspectos/habilidades mejora (motriz, social, cognitivo)? *Enfocarse en las terapias que coinciden en los beneficios con floortime.*
9. De las terapias mencionadas, ¿podría explicarme las actividades que se realizan en cada una de ellas? *En caso de que en una terapia no se haya dado un ejemplo. Pedirlo.*
10. Prueba. De las terapias mencionadas, ¿las actividades realizadas son iguales para cada niño?
  - a. Caso NO
  - b. ¿Cómo decide qué actividades corresponden a cada niño?/¿Que toma en consideración al hacer estas actividades? *(Me podría dar un ejemplo)*
11. De las terapias mencionadas, ¿Cuánto tiempo lleva realizando cada una de ellas?
12. ¿Cuáles son los problemas a los que se enfrenta en la realización de estas terapias? Me refiero a las terapias que mencionó antes.
13. De estos problemas en las terapias, ¿cuáles son las estrategias que utiliza para superarlos?
  - a. Prueba. ¿El tiempo de la terapia es el mismo para todos los pacientes?
    - i. Caso Sí, ¿Cuánto dura la terapia?
    - ii. Ambos Casos ¿En qué se basa para determinar el tiempo de duración?
14. ¿Cada cuánto tiempo se recomienda tomar la terapia?
15. ¿A qué edad deben comenzar a tomarse las terapias?

- a. Prueba. Aparte del terapeuta y el niño, ¿Hay más personas que interactúan directamente durante cada terapia?
  - i. Caso SI
  - ii. ¿Quiénes son?
- 16. ¿Por qué es importante que estas personas estén durante la terapia?
- 17. ¿Qué actividades realizan estas personas durante la terapia?

#### **Floortime activities para niños con autismo**

- 18. Podría decirme ¿en qué consisten las terapias de Floortime?
- 19. ¿A quiénes ayuda las terapias de Floortime?
- 20. ¿Cuánto tiempo dura aproximadamente?
- 21. ¿Qué toma en cuenta para decidir el tiempo que durará la sesión?
- 22. ¿Con qué frecuencia debe hacerse las terapias de Floortime?
- 23. ¿A qué edad se deben de realizar las terapias de Floortime?
- 24. Podría decirme ¿qué habilidades se desarrollan durante esta terapia?
  - a. Caso Motrices ¿Qué actividades Motrices se realizan en la terapia?
  - b. Caso Sociales ¿Cuáles son las actividades Sociales se realizan en la terapia?
  - c. Caso Cognitivas ¿Qué actividades Cognitivas se realizan en la terapia?
- 25. Prueba. Aparte del terapeuta y el niño, ¿Hay más personas que interactúan directamente durante cada terapia?
  - a. Caso SI
  - b. ¿Quiénes son?
  - c. ¿Por qué es importante que estas personas estén durante la terapia?
  - d. ¿Qué actividades realizan estas personas durante la terapia?
- 26. Prueba. ¿El tiempo de la terapia es el mismo para todos los pacientes?
  - a. Caso Sí, ¿Cuánto dura la terapia?
  - b. Ambos casos, ¿en qué se basa para determinar el tiempo de duración?
- 27. Prueba. Las actividades que se realizan durante las terapias, ¿son iguales para cada paciente?
  - a. Caso No, ¿Cómo decide qué ejercicios corresponden a cada niño?/¿Qué toma en consideración al hacer estas actividades? (Me podría dar un ejemplo)

#### **Herramientas (Tecnología, Mobile app, juegos, elementos)**

- 28. ¿Necesitas de alguna herramienta para la realización de las terapias?
- 29. ¿Qué tipo de tecnología usa para realizar estas terapias?
  - a. Prueba ¿Conoce juegos que ayuden a la terapia?
  - b. Caso SI, ¿Cuáles?

#### **De cierre**

- 30. ¿Me podría mencionar alguna sugerencia de algo que le gustaría que tuviera un juego para ayudar a estas actividades?
- 31. ¿Desea agregar algo más? 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?

## Apéndice 2

### Protocolo de entrevista a especialista en música

Preámbulo (objetivos y aseguramiento de confidencialidad):

Buenos días mi nombre es Deysi Helen Ortega Román, soy estudiante de maestría del CICESE en Ciencias de la Computación. El objetivo de esta investigación es el desarrollo de tecnología innovadora para apoyar a niños con autismo en el juego libre a través de la música. El equipo de investigación que encabeza este estudio, se especializa en temas referentes a computación y al desarrollo de tecnología de acuerdo al estudio de las necesidades de una comunidad. Su apoyo y retroalimentación es muy importante para nosotros ya que no nos especializamos en los temas referentes a autismo y música. La presente entrevista tiene intereses estrictos de investigación y la información recopilada de entrevistas y grabaciones serán de uso confidencial. Es importante mencionar que NO es objetivo de la entrevista evaluarlo a usted, simplemente quiero conocer la percepción que tiene en cuanto a algunas herramientas tecnológicas que hoy se proporcionan y el uso que puede dársele.

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

¿Me podría decir su nombre completo y a qué se dedica?

Como el tema que trataremos es autismo y música

#### Sesiones de clase o terapia con música:

1. ¿Ha trabajado sesiones de juego libre en niños con autismo?
2. ¿En qué áreas de habilidades beneficia a los niños el juego libre?
3. ¿En qué consisten las sesiones de juego libre?
  - a. Me podría dar un ejemplo por favor
4. Durante estas sesiones ¿con quién interactúa el niño?
5. En una sesión de juego libre ¿cómo el terapeuta sabe en qué momento intervenir?
6. Son sesiones en grupo o individuales.
  - a. ¿Quiénes intervienen?
  - b. Cuales con los tipos de interacción que se pueden esperar de los niños con autismo.
7. ¿Cuánto duran las sesiones de juego libre?

#### Música:

8. ¿Cuál es el tipo de interacción que tienen con la música los niños con autismo?
9. ¿Cuáles son los instrumentos que generalmente les tocan o música que escuchan?
10. ¿Tienen problemas al escuchar diferentes tipos de música?
11. Antes de exponerlos a distintos sonidos musicales hacen algún tipo de “calibración” o ¿Cómo miden hasta que sonido puede tolerar?
12. ¿Les dan de tocar instrumentos musicales?

#### Incentivos

13. ¿Que motiva al niño a seguir jugando libremente o con instrumentos?
14. ¿Qué tipo de incentivos manejan para tener al niño entretenido tanto en el juego libre como en las sesiones de música?
15. ¿Cómo el terapeuta o psicólogo interviene para ayudar al niño o incentivarlo a realizar diferentes actividades?

**Herramientas**

16. ¿Qué herramientas utiliza cuando hay lapsos de juego libre?
17. ¿Por qué esas herramientas?
18. ¿Conoce alguna herramienta que incite al juego libre?
19. ¿Conoce herramientas tecnológicas que a través de la música ayude al juego libre?

**Cierre**

20. ¿Le gustaría darme alguna sugerencia de algo que le gustaría para apoyar el juego libre con música?

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?

## Apéndice 3

---

### Diagrama de afinidad



## Apéndice 4

---

### Protocolo de entrevista a psicóloga en la intervención

Preámbulo (objetivos y aseguramiento de confidencialidad):

Buenos días mi nombre es Deysi Helen Ortega Román, soy estudiante de maestría del CICESE en Ciencias de la Computación. El objetivo de esta investigación es el desarrollo de tecnología innovadora para apoyar a niños con autismo en el juego libre a través de la música. El equipo de investigación que encabeza este estudio, se especializa en temas referentes a computación y al desarrollo de tecnología de acuerdo al estudio de las necesidades de una comunidad. Su apoyo y retroalimentación es muy importante para nosotros ya que no nos especializamos en los temas referentes a autismo y música. La presente entrevista tiene intereses estrictos de investigación y la información recopilada de entrevistas y grabaciones serán de uso confidencial. Es importante mencionar que NO es objetivo de la entrevista evaluarlo a usted, simplemente quiero conocer la percepción que tiene en cuanto a algunas herramientas tecnológicas que hoy se proporcionan y el uso que puede dársele.

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

La entrevista es sobre lo que observó durante las sesiones de intervención en el estudio de usuario.

#### Uso y adopción

1. ¿Qué semejanzas y diferencias encontró en el uso del sistema en comparación con el uso de instrumentos?
2. ¿Cuál piensa que le agradó más? Prueba: ejemplos
3. ¿Qué piensa que le agrada o desagrada al niño del sistema?
4. ¿Qué le gusta o desagrada del sistema?
5. ¿A qué problemas se enfrentó usted o el niño cuando utilizan el sistema? Prueba: ejemplos
6. ¿Cómo resolvió estos problemas? Prueba: ejemplos
7. ¿Qué le gustaría cambiar del sistema? Prueba: ejemplos

#### Eficacia

8. ¿Qué etapa del sistema considera que le gustó más al niño? ¿Por qué? Prueba: ejemplos
9. ¿Qué etapa del uso de instrumentos considera que le gustó más al niño? ¿Por qué? Prueba: ejemplos
10. ¿Considera que el sistema beneficia el juego libre en comparación con el uso de instrumentos?
11. ¿Qué área sensorial piensa que impactó el sistema? Prueba: ejemplos
12. ¿Qué área motor piensa que impactó el sistema? Prueba: ejemplos
13. ¿Qué área sensomotora piensa que impactó el sistema? Prueba: ejemplos
14. ¿Qué otras áreas piensa que impactó el sistema? Prueba: ejemplos

#### Motivación, enganchamiento y proactividad

15. ¿Cuál es la actitud del niño durante las terapias utilizando el sistema en comparación con el uso de instrumentos musicales?
16. ¿Qué tanto difiere esta actitud?
17. ¿Qué tantas recompensas necesita darle al niño cuando utiliza el sistema en comparación con el uso de instrumentos musicales?