

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

## Ingeniería en Diseño Industrial PROYECTO DE GRADUACIÓN

PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE BACHILLERATO

*Diseño de un producto lúdico que motive al aprendizaje de la matemática  
para la nueva sala 'Matemática Divertida' del Museo de los Niños*

**Michelle Moreno Arverás**

---

Cartago  
1° semestre 2016

---

---

# Índice de contenidos

---

Índice de contenidos	1
Índice de tablas	2
Índice de ilustraciones	3
Resumen	6
Abstract	7
1. Introducción	8
2. Antecedentes	14
3. Marco Teórico	16
4. Marco Metodológico	67
5. Desarrollo de la investigación	72
6. Desarrollo y selección de concepto	81
7. Fundamentos pertinentes para el diseño	83
8. Definición del Concepto	91
9. Desarrollo de alternativas	92
10. Selección de la propuesta de diseño	99
11. Detalle de propuesta final	102
12. Planos	106
13. Aportes del proyecto	112
14. Conclusiones y recomendaciones	113
15. Anexos	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
16. Bibliografía	114

---

## Índice de tablas

---

Tabla 1. Promedio anual de visitas. Fuente: CCCC	68
Tabla 2. Resultados de encuesta aplicada en día de evento.	69
Tabla 3. Clasificación de juegos	80
Tabla 4. Suposiciones de diseño	82
Tabla 5. Comparación de tecnologías disponibles	85
Tabla 6. Comparación materiales para carcasa	86
Tabla 7. Medidas antropométricas cabeza	87
Tabla 8. Medidas antropométricas 5 y 6 años	88
Tabla 9. Medidas antropométricas 7 y 8 años	88
Tabla 10. Medidas antropométricas 10 y 12 años	89

---

## Índice de ilustraciones

---

Ilustración 1. Esquema de arroz verde de Munari _____	12
Ilustración 2. Pasillo principal del Museo de los Niños _____	14
Ilustración 3. Muestra de juguetes educativos convencionales _____	15
Ilustración 4. Fachada del Museo de los Niños _____	17
Ilustración 5. Conjunto de fotografías y slogan del Museo Participativo de Ciencias	18
Ilustración 6. Salón del Museo de las Matemáticas _____	19
Ilustración 7. Afiche Imaginary Uruguay 2015 _____	20
Ilustración 8. Fachada Museo de los Niños de Atlanta _____	21
Ilustración 9. Pasillo adyacente de Museo de los Niños de Miami _____	22
Ilustración 10. Fachada de Eureka!, Halifax _____	23
Ilustración 11. Seminario de diseño de exhibiciones, Uruguay 2014 _____	28
Ilustración 12. Clasificación de recorridos _____	33
Ilustración 13. Exhibición "Ghosts, Underpants and Stars", Tokyo 2014 _____	33
Ilustración 14. Punch'n'Cuddle, peluche y saco de boxeo _____	34
Ilustración 15. Guthals con la primera parte de su metodología _____	40
Ilustración 16. Juguete de estimulación lingüística _____	42
Ilustración 17. Juguete de estimulación lógico-matemática _____	42
Ilustración 18. Katamino, juguete de estimulación espacial _____	43
Ilustración 19. Twister, juego de estimulación física-kinestésica _____	44
Ilustración 20. Gloggomobil, juguete de estimulación musical _____	44
Ilustración 21. Huggtopus, juguete de estimulación intrapersonal _____	45
Ilustración 22. Títeres, ejemplo de juguete interpersonal _____	45
Ilustración 23. Dopamina como sustancia mensajera _____	46
Ilustración 24. Rally colegial Museo de los Niños _____	49
Ilustración 25. Antes y después de 20 minutos de ejercicio _____	52
Ilustración 26. Máquina arcade restaurada _____	55
Ilustración 27. Pac-Man, 1980 _____	57

---

Ilustración 28. Pulsador o botón arcade	58
Ilustración 29. Trackball	59
Ilustración 30. Joystick	60
Ilustración 31. Sensor de fuerza para DDR	61
Ilustración 32. Diagrama de sensor de fuerza	62
Ilustración 33. Proyección de suelo interactiva	63
Ilustración 34. Efecto Rear Projection	64
Ilustración 35. Efecto Pepper's Ghost	65
Ilustración 36. Análisis semántica arcade	72
Ilustración 37. Análisis de cromática lúdica	74
Ilustración 38. Análisis Topológico	75
Ilustración 39. Ejemplos de juegos matemáticos tradicionales	77
Ilustración 40. Ejemplos de juegos tipo puzzle	78
Ilustración 41. Ejemplos de redemption machines	79
Ilustración 42. Justificación semántica	83
Ilustración 43. Justificación cromática	84
Ilustración 44. Guía de medidas a utilizar	87
Ilustración 45. Medidas de la sala	90
Ilustración 46. Doña rellena	91
Ilustración 47. Propuesta. Panel de luces	93
Ilustración 48. Propuesta. Basket	93
Ilustración 49. Propuesta. Shuffleboard	94
Ilustración 50. Propuesta. Feeding time	94
Ilustración 51. Propuesta. Tablero de luces	95
Ilustración 52. Propuesta. Pared de luces	95
Ilustración 53. Propuesta. Boliche	96
Ilustración 54. Propuesta. Whack-a-mole	96
Ilustración 55. Propuesta. Interfaz gráfica de minijuegos	98
Ilustración 56. Evolución de interfaz física del producto	99

---

Ilustración 57. Usuario en contexto propuesta antes de revisión _____	100
Ilustración 58. Usuario en contexto propuesta después de revisión _____	101
Ilustración 59. Propuesta final _____	102
Ilustración 60. Detalle de tablero _____	102
Ilustración 61. Detalle de altavoz _____	103
Ilustración 62. Detalle luminaria _____	103
Ilustración 63. Distribución de tablero _____	104
Ilustración 64. Detalle de instrucciones de tablero _____	104
Ilustración 65. Vista de juego en pantalla _____	105
Ilustración 66. Vistas de los planos. Página 1 a la 11 _____	111

---

## Resumen

---

El modelo pedagógico matemático nacional para los ciclos básicos en matemáticas, y cómo se ha abordado esta temática, ha generado barreras en el aprendizaje. Esto provoca que las matemáticas resulten estigmatizadas a la hora de ser enfrentadas y se les rehúye.

En el Museo existe una carencia de espacios con este tipo de temática; presenta salas didácticas interactivas que devuelven únicamente información textual o de experiencias, nunca ambas, y se quiere contemplar cómo implementar esta estrategia al sistema educativo del país.

Se pretende el diseño de un sistema que estimule a través de la diversión el aprecio por las matemáticas fuera de los tradicionales métodos de enseñanza. Se acude a referentes lúdicos como base, donde el aprendizaje no sea forzoso o tedioso, sino una experiencia divertida; métodos de enseñanza no tradicionales, paradigma de la educación, análisis de diseño exhibiciones, implementación de material audiovisual, se habla del miedo o estigma que se tiene ante las matemáticas y se abarcan temas como deporte, juego y el beneficio que se obtiene de ellos en conjunto.

El sistema a desarrollar introducirá actividad física, ejercicio lógico-matemático y la representación de un reto, con el objetivo de generar un espacio estimulante para el aprendizaje de la matemática de manera más intuitiva.

---

## Abstract

---

The national mathematical pedagogical model for the basic cycles in mathematics, and how it has addressed this issue has generated learning barriers. This causes math to result stigmatized when they have to be faced.

In the museum there is a lack of spaces with this type of subject; It presents interactive teaching rooms that return only textual information or experiences, never both, and we want to see how to implement this strategy to the country's education system.

The design of this system it's intended to encourage through fun learning of mathematics outside traditional teaching methods. It goes to playful reference base, where learning is not forced or tedious, but a fun experience; Nontraditional methods of teaching, education paradigm, exhibition design analysis, design and implementation of audiovisual material, it speaks of the fear or stigma the majority has to mathematics and subjects such as sport, play and benefit you get from them are covered in set.

The system to be developed will introduce physical activity, exercise and logical-mathematical representation of a challenge, with the aim of creating a stimulating learning of mathematics in a more intuitively way.

---

# 1. Introducción

---

## 1.1. Definición del problema

Se detecta una dificultad de encontrar un espacio de diversión que fomente el amor por la matemática. En el Museo existe una carencia de espacios con este tipo de temática; presenta salas interactivas que devuelven únicamente información textual o de experiencias, nunca ambas.

## 1.2. Justificación

Diseño y desarrollo de un sistema para fomentar Una cultura de aprendizaje en le matemática con una visión más positiva, combinado con la actividad física y demás factores que aporten un grado de 'diversión', mediante el diseño de producto, diseño gráfico, programación básica, antropometría y generación de conceptos, con miras a una posible implementación del producto al sistema educativo del país.

## 1.3. Objetivo General

Promover y rescatar el entusiasmo por el aprendizaje de la matemática mediante un sistema que implique actividad física, precisión y cálculo matemático para la nueva sala “Matemática Divertida” mediante el diseño de un producto lúdico.

## 1.4. Objetivos específicos

- Ampliar el marco referencial del Museo de los Niños
- Dotar al Museo de los Niños de la primera exhibición de la nueva sala “Matemática Divertida” y definir su temática
- Desarrollar de alternativas de diseño para un producto lúdico que abrirá el espacio “Matemática Divertida” en el Museo de los Niños.
- Definir dinámica o juego para implementación en el producto lúdico.

- 
- Precisar estilo gráfico de interfaz física e interfaz visual
  - Recopilar información pertinente a métodos tradicionales de enseñanza, así como sus “contrapartes” lúdicas

## **1.5. Alcances y limitaciones**

El presente proyecto evaluará alternativas de diseño de productos lúdicos que fomenten el entusiasmo por la matemática.

El proyecto abarcará, en su mayoría, el desarrollo de concepto, propuestas y prototipado del producto resultante. Asimismo, comprenderá áreas tanto del diseño visual como de programación, según el concepto resultante. De igual forma, se refuerza que el énfasis del proyecto no se centra en la comunicación visual, sino en el desarrollo de productos.

El estudio técnico contemplará los inconvenientes tecnológicos que puedan generarse a lo largo del desarrollo del proyecto y se propondrán soluciones alternas.

Se recomienda dividir el proyecto por fases según la metodología indicada e indentificar el alcance de cada una de ellas. Se deben detectar los problemas encontrados en cada fase y establecer puntos de control, siendo acompañados del cronograma.

En cuanto a limitaciones, los recursos económicos y temporales, presupuestos aprobados o tiempos de entrega, son factores determinantes de las características de los sistemas. La experiencia de diseño y metodología de trabajo estarán delimitadas por la cultura de trabajo, las políticas de desarrollo y la fórmula adquisición de bienes del Museo de los Niños.

Tanto la empresa como la escuela ofrecen recursos tecnológicos, contando con software, personal de apoyo y maquinaria.

---

## **1.6. Metodología a seguir**

Se planea seguir con el proceso de Bruno Munari (Munari, 1983) como base metodológica, donde considera al diseñador un proyectista dotado de un sentido estético que desarrolla en diferentes sectores: diseño visual, diseño industrial, diseño gráfico y diseño de investigación.

Esta metodología se adapta a la perfección al desarrollo de este proyecto y a lo que se pretende lograr. Munari siempre ha estado interesado en los temas del movimiento, la luz y el desarrollo de la creatividad en la infancia mediante el juego, así que propone su método mediante pasos que pueden ser retomados en cada etapa:

### **1.6.1. Problema**

No se resuelve por sí mismo, pero en cambio contiene todos los elementos para su solución; hay que conocerlos y utilizarlos en el proyecto de solución.

### **1.6.2. Definición del problema**

Muchos proyectistas solo piensan en hallar enseguida una idea que resuelva el problema. La idea hace falta, por supuesto, pero en su momento. En el desarrollo de este esquema introducimos DP, que indica “definición del problema”.

### **1.6.3. Elementos del problema**

Cualquier problema puede ser descompuesto en sus elementos. Esta operación facilita la proyectación porque tiende a descubrir los “pequeños problemas particulares que se ocultan tras los subproblemas”. Se recomponen de forma coherente a partir de todas las características funcionales de cada una de las partes y funcionales entre sí, a partir de las características matéricas, psicológicas, ergonómicas, estructurales, económicas y, por último, formales.

---

#### 1.6.4. Recopilación de datos

La recopilación de los datos en el esquema está indicada por RD, y está claro que tras esta operación vendrá la del análisis de los datos recopilados.

#### 1.6.5. Análisis de datos

El análisis de los datos, representado en el esquema por AD, exige la sustitución de la operación que al principio había sido definida como “idea”, por otro tipo de operación que es definida como “creatividad”. Mientras la idea es algo que debería brindar la solución por arte de magia, la creatividad, antes de decidirse por una solución, considera todas las operaciones necesarias que se desprenden del análisis de datos.

#### 1.6.6. Creatividad

La creatividad recoge todavía más datos sobre las posibilidades matéricas y tecnológicas disponibles para el proyecto.

#### 1.6.7. Materiales y Técnicas

Tras la recopilación de datos sobre los materiales y sobre las técnicas la creatividad realiza experimentaciones tanto sobre los materiales como sobre los instrumentos, para tener todavía datos con los que establecer relaciones útiles para el proyecto.

#### 1.6.8. Experimentación

De la experimentación pueden surgir modelos, realizados para demostrar posibilidades matéricas o técnicas que se utilizarán en el proyecto.

#### 1.6.9. Modelos

Estos modelos deberán ser sometidos necesariamente a verificaciones de todo tipo para controlar su validez.

### 1.6.10. Verificación

Solo ahora pueden empezar a elaborarse los datos recogidos que tomarán cuerpo en dibujos constructivos parciales y totales para realizar el prototipo.

### 1.6.11. Dibujos constructivos

Realización de prototipos.

Identidad junto con manual de identidad (de ser necesario).

### 1.6.12. Solución

Será la solución a todo lo planteando. Arte final o producto final.



Ilustración 1. Esquema de arroz verde de Munari

---

## 1.7. Cronograma de actividades

Como se menciona antes, el conograma consta de 16 semanas de trabajo y cuenta con un espacio de gracia de  $\pm 2$  semanas.

- Semana 01: Definición del problema y recolección de datos
- Semana 02: Análisis y procesamiento de la información
- Semana 03: Identificación de requerimientos del problema
- Semana 04: Experimentación (maquetado, simulación, propuestas)
- Semana 05: Experimentación (maquetado, simulación, propuestas)
- Semana 06: Modelos (prototipado, materiales, estructuras)
- Semana 07: Modelos (prototipado, materiales, estructuras)
- Semana 08: Selección de propuestas
- Semana 09: Generación de estilo gráfico y programación básica
- Semana 10: Planos constructivos
- Semana 11: Fabricación del prototipo
- Semana 12: Fabricación del prototipo
- Semana 13: Fabricación del prototipo. Acabados finales
- Semana 14: Pruebas y correcciones
- Semana 15: Implementación
- Semana 16: Entrega del proyecto

---

## 2. Antecedentes

---

### 2.1. ¿Problemas de empatía?

El modelo pedagógico matemático nacional para los ciclos básicos en matemáticas, y cómo se ha abordado esta temática, ha generado barreras en el aprendizaje. Esto provoca que las matemáticas resulten estigmatizadas a la hora de ser enfrentadas y se les rehúye.

En el Museo existe una carencia de espacios con este tipo de temática; presenta salas didácticas interactivas que devuelven únicamente información textual o de experiencias, nunca ambas, y se quiere contemplar cómo implementar esta estrategia al sistema educativo del país.



*Ilustración 2. Pasillo principal del Museo de los Niños*



---

### 3. Marco Teórico

---

Se pretende el diseño de un sistema para fomentar el aprendizaje de la matemática fuera de los tradicionales métodos de enseñanza. Se acude a referentes lúdicos como base, donde el aprendizaje no sea forzoso o tedioso, sino una experiencia divertida; métodos de enseñanza no tradicionales, paradigma de la educación, análisis de diseño exhibiciones, implementación de material audiovisual, se habla del miedo o estigma que se tiene ante las matemáticas y se abarcan temas como deporte, juego y el beneficio que se obtiene de ellos en conjunto. El Museo de los Niños de Costa Rica es un área aproximada a los 3.804 m<sup>2</sup>, en donde se concentran múltiples actividades y exhibiciones dirigidas especialmente a la población infantil y sus familias. Si bien por su nombre se le definió como un museo, en la realidad no obedece a los principios museográficos tradicionales de ver y no tocar. Al contrario, se sustenta en los conceptos de la experimentación o aprender - haciendo, la importancia del juego en el aprendizaje, la creatividad, la espontaneidad y libertad para expresarse, la interacción social y la curiosidad, entre otros. Su objetivo principal es contribuir a la formación de seres humanos críticos, dinámicos, creativos y participativos, mediante la puesta en marcha de actividades complementarias a la educación formal. El slogan es “La magia de aprender jugando”. (Centro Costarricense de Ciencia y Cultura, 2014)



*Ilustración 4. Fachada del Museo de los Niños*

### **3.1. Museos lúdicos en el mundo**

El Museo Participativo de Ciencias, en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, es una institución dedicada a la divulgación de las ciencias en forma lúdica y participativa. Dispone de una importante cantidad de exhibiciones interactivas, que incentivan la curiosidad del visitante, ofreciéndole la libertad de jugar y las ganas de conocer más. Una propuesta activa para el público de todas las edades. Una de las salas tomadas como ejemplo es 'No me mates, matemática'. Odiada por muchos y amada por pocos, las matemáticas dan soluciones sin mirar a quién, desde tiempos prehistóricos. Esta sala invita a conocerlas desde otro lado, con aplicaciones concretas en la vida cotidiana. (Museo Participativo de Ciencias, 2006)



*Ilustración 5. Conjunto de fotografías y slogan del Museo Participativo de Ciencias*

No tan dirigido a un público infantil, el Museo de la Matemática, en Sonora, México, tiene una colección de piezas reunida con el fin de mostrar a la Matemática como una componente de la cultura humana, proporcionando un acercamiento no formal al conocimiento matemático y contribuyendo a su desmitificación como algo reservado a unas cuantas personas. Representa una alternativa de divulgación científica de la que ya se ha montado una muestra en la Galería de Ciencias y Artes del Museo de la Universidad de Sonora, donde próximamente ocupará una sala permanente. El Museo de la Matemática tendrá la importante labor de acercar a los niños, jóvenes y adultos a la matemática a través de medios físicos constituidos por piezas que permiten ser manipulados para ilustrar o comprobar conceptos y resultados matemáticos. (Universidad de Sonora, 2005)



*Ilustración 6. Salón del Museo de las Matemáticas*

La exposición internacional Imaginary, presentada en agosto de 2015, en Uruguay, es uno de los principales atractivos que tendrá el viaje por la matemática, mediante la interacción directa de las personas con las pantallas táctiles en cada uno de los módulos que la conforman. Imaginary implementa un software de uso libre por lo que las actividades pueden ser replicadas en escuelas, liceos, museos y hogares para que la comunidad participe y se involucre con ideas propias y originales. Las exposiciones son la forma en que Imaginary llega al público general en la vida real. Las exposiciones pueden realizarse en galerías, museos, colegios, bancos, universidades, parques, estaciones de tren y muchos otros lugares. Pueden ser diversas, incluyendo imágenes, programas interactivos, esculturas, puzzles, juegos, textos, etc. (Imaginary, 2008)

IMAGINARY  
un viaje por la matemática

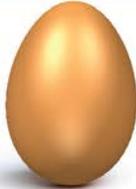
CONOCELA  
CARA A CARA  
 $x^2 - x^3 + y^2 + y^4 + z^3 - z^4 = 0$



CORTÁ CON  
TANTA ACIDEZ  
 $x^2 + z^2 = y^3(1 - y)^3$



ESTO NO ES  
UN HUEVO  
 $x^2 + y^2 + 3/5z^2 + 1/5z^3 = 1/3$



TE VUELA  
LA CABEZA  
 $x^3 + x^2z^2 - y^2 = 0$



TE VA A  
ENAMORAR  
 $(x^2 + 9/4y^2 + z^2 - 1)^3 - x^2z^3 - 9/80y^2z^3 = 0$



IMAGINARY URUGUAY - Un viaje por la matemática | [www.imaginary.org/uruguay](http://www.imaginary.org/uruguay) | MUMI - Complejo Cultural Muralla Abierta | 11 al 26 de setiembre 2015

Ilustración 7. Afiche Imaginary Uruguay 2015

Estados Unidos da enorme importancia a museos para un público infantil. La misión del Museo de los Niños de Atlanta es para despertar la imaginación e inspirar el

---

descubrimiento y el aprendizaje de todos los niños a través del poder del juego.  
(Children's Museum of Atlanta, 2016)



*Ilustración 8. Fachada Museo de los Niños de Atlanta*

El Museo de los Niños de Miami (MCM) es una institución educativa sin fines de lucro, que satisface las necesidades de todos los niños en su comunidad multicultural. El museo ofrece exhibiciones interactivas, programas y materiales didácticos relacionados con las artes, la cultura, la comunidad y la comunicación. El MCM anima a los visitantes de todas las edades para jugar, aprender, imaginar y crear juntos.  
(Miami's Children's Museum, 2014)



*Ilustración 9. Pasillo adyacente de Museo de los Niños de Miami*

Eureka!, en Halifax, Inglaterra, cuenta con cientos de interactivos, exhibiciones diseñadas para inspirar a los niños y niñas de 0 a 11 para aprender sobre sí mismos y el mundo que les rodea a través del juego y el descubrimiento. Cuenta con salones especiales temáticos y eventos para toda la familia, así como sesiones educativas para escuelas y grupos. (Eureka!, 2015)



*Ilustración 10. Fachada de Eureka!, Halifax*

Entre otros, los citados anteriormente, son algunas muestras de la enorme cantidad de museos dirigidos a un público infantil que existen en el mundo.

### **3.2. Tipos de exhibición**

La clasificación de exposiciones puede admitir tantas variantes como criterios museológicos y técnicos puedan aplicarse para destacar las características y usos de este medio de comunicación:

- Simbólica, con una finalidad de glorificación religiosa y política, unida especialmente en casi todas las civilizaciones y culturas al valor ostentativo de los objetos.
- Comercial, vinculada al valor de la mercancía (aparece a mediados del XVI)
- Documental, íntimamente ligada al valor informativo o científico de los objetos, utilizada no sólo por los museos de carácter científico o técnico, y los eco-museos, sino también por todos aquellos organismos e instituciones que

---

desarrollan su actividad por medio de exposiciones para la difusión de conocimientos

- Estética, inherente al valor artístico de las obras y objetos (esta es una función relativamente reciente).

Debemos distinguir, además, entre las funciones generales de la exposición (las que históricamente han originado y construido esta actividad museística), las formas de presentación (de acuerdo con una evolución de las relaciones entre el contenedor y el contenido) y tipologías expositivas propiamente dichas, que encajan todas ellas en los dos grandes marcos de las permanentes y las temporales.

- Según un criterio espacio-temporal: en permanentes, temporales, itinerantes, móviles y portátiles. La exposición permanente es la propia del museo como institución estable que es y expresa una continuidad. La temporal posee una duración limitada, se concibe como un proyecto más concreto y circunstancial y es el medio más habitual de proyección sociocultural. El concepto de “exposición permanente” está cada vez más obsoleto. Las itinerantes son aquellos proyectos temporales que recorren durante un tiempo determinado distintos espacios de exposición dentro de un circuito previsto y fijado. Las portátiles son una variante de las temporales, con la diferencia de que aquellas se deshacen al término de su función y estas, por su pequeño tamaño, diseño integrado y facilidad de instalación y transporte están siempre en disposición de ser de nuevo instaladas en otros espacios diferentes. Las exposiciones móviles son las que están construidas y se mantienen con independencia de los espacios en que pudieran instalarse, como las diseñadas para espacios peculiares como trenes o autobuses.
- Según la naturaleza de lo expuesto: de objetos originales o de reproducciones, y también virtuales o mixtas. Autores como David Dean llaman exposición informativa o exposición temática a la que se organiza sin objetos. (Dean, 1996)

- 
- Según las características formales de su enfoque y organización de elementos expositivos: sistemática, si atiende a criterios o metodología de desarrollo preestablecidos. O ecológica, si se propone dar una visión global y ambiental del mensaje o contenido de la exposición relacionándola con el hábitat.
  - Según la disposición intencional del mensaje: de desarrollo temático, cuando se intenta reflejar una cierta panorámica comprensiva de los contenidos; de tesis, cuando se apuesta por una posición o enfoque personal del mensaje y los modos conceptuales y museográficos con que transmitirlo; exposición contextualizada, cercana en su planteamiento a la ecológica, pero especialmente enfocada a centrar el mensaje y el hilo conductor en una interrelación de valores.
  - Según la extensión o densidad de los contenidos: general o generalista (amplias visiones o panorámicas de objetos y contenidos), monográfica (reducida a un solo campo o criterio selectivo determinado), polivalente (permite diversos niveles de lectura, según diferentes mentalidades, formación, edad...) y especial (que no especializada, cuyo objetivo es una visión muy particularizada y una demostración de medios y conformación técnica y escenográfica muy especiales).
  - Según las funciones históricas generales ya citadas (simbólica, comercial, documental y estética), la exposición puede adquirir tipologías y presentaciones de los objetos coincidentes con ellas, así como más o menos identificadas con los museos de las grandes áreas del arte, la historia, la antropología o la ciencia y técnica. (Abella, 2010)

---

### **3.3. Planificación y diseño de una exhibición**

Uno de los aspectos esenciales en el diseño e instalación de exposiciones es el conocimiento del público.

#### **3.3.1. El departamento de diseño**

Dedicado especialmente al diseño espacial y gráfico, incluso en algunos casos también de la producción e instalación de exposiciones.

#### **3.3.2. El proyecto**

Los profesionales de los museos tienen la autoridad para seleccionar, interpretar y presentar lo que ellos deciden según el concepto y criterios previamente establecidos que tiene valor o importancia. Las exposiciones ofrecen la oportunidad de crear modelos del mundo real utilizando objetos del pasado y del presente. Es imprescindible un diálogo entre los diferentes profesionales que trabajan en un museo o galería y los profesionales ajenos a este ámbito, pero relacionados con él, sustituyendo al monólogo al que estas instituciones están habitadas. La exposición en el museo es resultado de un proceso creativo de múltiples fases. El diseño elegido se concibe como solución a diversos factores como el espacio, presupuesto, tiempo, recursos... Para simplificar el proceso ha de establecerse un plan estratégico bien definido y flexible. El trabajo expositivo no se ocupa sólo del diseño, sino también de la comunicación y la preservación de los bienes patrimoniales implicados.

#### **3.3.3. El diseñador y el equipo de diseño**

Por la exposición, es normalmente juzgado y calificado el museo o la galería, por ello el diseño es esencial, definido como el arte de resolver los problemas que afectan a toda exposición. Cualquier proyecto necesita de la actividad conjunta del diseñador y del preparador o técnico, y de un equipo de otros profesionales y especialistas (director del museo, director del proyecto, comisario de exposición, diseñador de iluminación,

---

diseñador gráfico, restaurador, jefe de registro, jefe de seguridad, educador/comunicador, editor, técnicos de producción, personal de mantenimiento, especialista en mercadotecnia, ingenieros, arquitectos y consultores.

#### 3.3.4. El diseñador

Aunque es fácil definir su trabajo como diseñador de exposiciones, es difícil especificar de dónde proviene su formación, aún en muchos lugares está monopolizado por los arquitectos. Normalmente provienen del mundo del diseño gráfico o de interiores. Realiza tareas complejas al ser el responsable de la apariencia estética de la exposición, a nivel espacial y de elementos. También participa en el proceso presupuestario y administrativo. Su formación, por tanto, es multidisciplinar y, ante todo, debe ser capaz de trabajar en equipo. Debe poseer capacidad de comprensión del espacio casi escultural, don de gentes, cualidades escenográficas, capacidad de interpretación, ser observador, habilidad para resolver problemas, entre otros. (Abella, 2010)



*Ilustración 11. Seminario de diseño de exhibiciones, Uruguay 2014*

Debe llevar a cabo del programa preliminar, investigar sobre los métodos de exposición, materiales y soluciones, y es cometido suyo proporcionar la solución más válida a los problemas de diseño. Produce, dirige, coordina, supervisa y en ocasiones, actúa como director de proyecto.

Recientemente se ha creado la figura del director de exposiciones, que debe tener experiencia en diseño y producción de exposiciones, poseer grandes dotes organizativas y una excelente capacidad de comunicación verbal y escrita. Se le exige capacidad creativa.

---

### 3.3.5. El preparador técnico

Conocimiento y experiencia en manipulación y embalaje de objetos y obras de arte; conocimientos técnicos en carpintería, electricidad e iluminación, así como algunas nociones de diseño.

### 3.3.6. El plan de la exposición (Exhibition brief)

El *Exhibition brief* es un instrumento que sirve para clarificar los papeles y tareas de cada persona implicada en el proceso de diseño, establecer la autoridad en cada fase del proyecto y ponerse de acuerdo en cuanto a los procedimientos a seguir

Es un requisito previo para cualquier solución de diseño, ofrece un enfoque sistemático y metódico que ayuda a la solución de cualquier problema. (Abella, 2010) Debe ser el vehículo que aglutine todos los aspectos acordados, definiendo los problemas a solucionar. Su redacción es tarea del comisario o conservador.

El documento debe incluir:

- Título y naturaleza del proyecto: tipo y carácter de la exposición, naturaleza y cantidad de material a exponer, y propuestas relacionadas con la recreación de contextos o espacios
- Objetivos: qué se quiere y cómo se conseguirá. Contenidos y elementos relacionados
- Público: información sobre a quien se dirige la exposición
- Política y contexto: dónde y cómo se inscribe la exposición dentro del programa del museo y en relación a su política. Tema y su relación con los intereses de la comunidad
- Período de duración, y previsión de reutilización
- Localización
- Recursos económicos y materiales disponibles

- 
- Regulaciones: fuego, conservación, salud, seguridad, etc.
  - Requisitos específicos sobre seguridad
  - Conservación: condiciones medioambientales y especificaciones concretas
  - Mantenimiento
  - Evaluación
  - Procedimientos administrativos: sobre todo si el equipo de diseño no pertenece al museo

### 3.3.7. El proyecto y su desarrollo

El proyecto comprende un proceso complejo y ordenado de acciones y secuencias simultáneas dividido en varias fases:

- Fase de planificación y diseño preliminar, para definir objetivos. Esta fase termina con el programa escrito. Aquí se forman las ideas generales y deben tenerse claros los métodos de comunicación a utilizar. El diseño preliminar suele dividirse en dos partes: en la primera es esencial establecer los objetivos de la exposición y la identificación de los elementos a incorporar (objetos, programas especiales, catálogos, textos...). La segunda tiene como enfoque la institución, el estudio de sus posibilidades y las fechas de cada fase.

La investigación es fundamental en esta fase, recogida de información sobre los objetos, materiales, condiciones ambientales, programas educativos... El espacio debe definirse junto con las áreas temáticas y en este esquema preliminar se verán sus ventajas y desventajas

- Fase de diseño esquemático, se producen otros nuevos elementos del diseño con más niveles de información. El espacio de cada zona se estudia más detalladamente para determinar la colocación de los objetos. En esta fase se aprueba el diseño final, que será la base sobre la que se decidirá la construcción

---

de los elementos de división del espacio y el soporte de los objetos, así como el emplazamiento de los sistemas audiovisuales

- Fase de diseño final, es la más interesante y donde se produce la parte más extensa del trabajo creativo. Su propósito es transformar las ideas generales y abstractas de las fases anteriores en conceptos tangibles. Se construirá una maqueta o una representación en 3D. Se decidirá la colocación exacta de los objetos, se seleccionarán los colores y materiales, se diseñarán los formatos de textos y gráficos, se configurará el espacio en su forma final y se producirán los planos finales.

Las otras cinco fases que seguirán al proceso de planificación hasta completar el proceso de la exposición son: las de producción, construcción, instalación, montaje y evaluación.

### 3.3.8. La evaluación durante el proceso expositivo

Es el medio de conocer al público, además de un instrumento útil para asegurar el buen funcionamiento de la exposición a lo largo de todas sus fases. Se miden las metas y objetivos y se revisan el cumplimiento de éstos. Existen tres tipos generales de evaluación: la de investigación del concepto o evaluación de primer nivel (front-end), la formativa y la sumativa.

La del primer tipo es bastante especulativa, se ocupa de planes que no han sido todavía probados y ofrece procedimientos detallados para revisar si los planes propuestos son adecuados para el tipo de público que se espera que acuda a la exposición aplicando métodos de estudio de mercado

La formativa es de las más útiles y se limita únicamente a evaluar el impacto del contenido de la exposición a nivel estético y sus posibles implicaciones didácticas.

---

Proporciona resultados sobre los que funciona y lo que no, es un proceso continuo y dinámico. Aun después de la inauguración se puede utilizar para corregir y mejorar.

La evaluación aplicada al diseño y a la construcción es relativamente rara en comparación con la evaluación realizada al término de la exposición. Sirve para cuestionar o confirmar las decisiones hechas durante el desarrollo de la muestra.

### **3.4. Implementación de material audiovisual**

Cada día son más utilizados por su contribución a presentar mejor las teorías, las acciones y los procesos, potenciando su carácter educativo. Sin embargo, por su ritmo tan diferente al de la exposición, debe evitarse su instalación en puntos que obliguen al visitante a cambiar de improviso las pautas de apreciación.

Cada tipología de exposición da lugar a un audiovisual, son elementos de apoyo a la exposición ayudando a su interpretación.

En su realización se parte de una idea inicial que debe estar en consonancia con los objetivos de la exposición. De ahí se pasa a un guion a partir del cual se trabaja en los distintos aspectos:

- Espacio, una persona de pie necesita 1 m<sup>2</sup> o 30 cm de radio
- Circulación-localización, deben ser accesibles, pero no entorpecer la circulación
- Iluminación, necesitan de unas condiciones lumínicas distintas
- Duración, 4 o 5 minutos de pie, 15 minutos necesita un banco, más de 15 minutos respaldo, y entre 25 y 30 minutos con asientos de cine
- Mantenimiento, el polvo y el calor son los factores más destructivos de los equipos

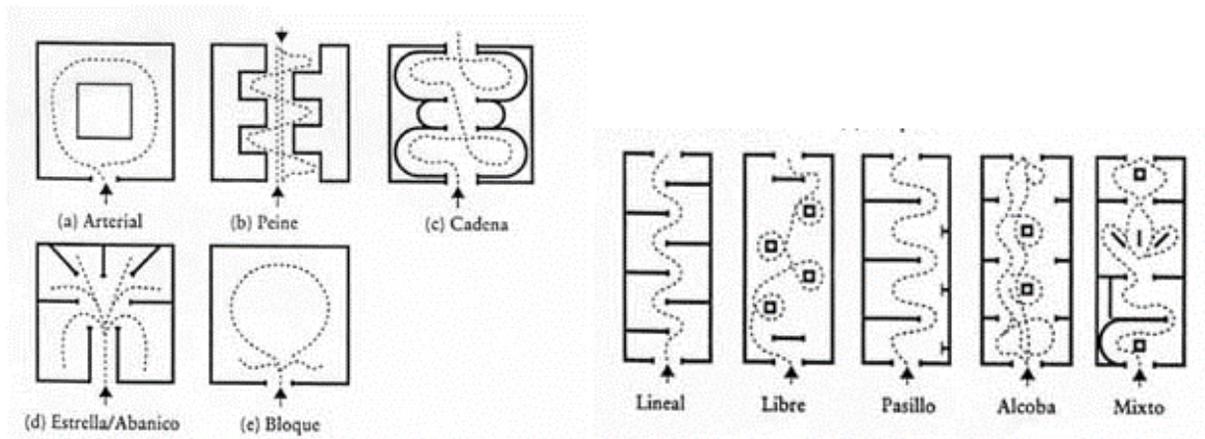


Ilustración 12. Clasificación de recorridos

Por último, los sistemas de información interactiva son módulos de comunicación mediante una aplicación software multimedia donde el receptor participa activamente en el proceso de información; es un soporte activo y ameno; es un método de descubrimiento activo; capta con facilidad la atención del público; proporciona la posibilidad de comunicarse en varios idiomas, obtener opiniones... y, se trata de sistemas “actualizables” y con capacidad de acceso a Internet. (Abella, 2010)



Ilustración 13. Exhibición "Ghosts, Underpants and Stars", Tokyo 2014

---

### 3.5. Itinerancia

Los museos no pueden estar ajenos a una demanda social tan fuerte como la del público que visita sus exposiciones permanentes y temporales, y que no solo requiere calidad y entretenimiento, sino que también espera un fuerte caudal informativo. El museo es un instrumento de información, comunicación y diálogo a través de sus exposiciones, aspectos estrechamente ligados a la misión educativa. Desde la 2ª GM la preocupación pedagógica y la acción cultural en occidente es la punta de lanza de la ruptura formal que se produjo en los museos y que los ha impulsado hacia un futuro de participación con el público.

### 3.6. Diseño emocional

Según Donald Norman, "los objetos que nos resultan atractivos funcionan mucho mejor" y en cierta manera tiene razón; puesto que cuando nos vemos enfrentados a un objeto diseñado para un fin, nuestro cerebro fabrica reacciones que vienen determinadas no sólo por lo bien que el objeto pueda funcionar sino que además se toma en cuenta su aspecto, lo atractivo que puede ser o los recuerdos que puede llegar a invocar (Norman, 2005). El diseño emocional hace referencia a todos aquellos aspectos del diseño de productos que crean lazos con el usuario que van más allá de lo racional.



Ilustración 14. Punch'n'Cuddle, peluche y saco de boxeo

---

Pieter Desmet propuso 5 categorías que aúnan respuestas emocionales que generan los productos en la persona (Desmet, 2006), estas categorías son:

- Emociones instrumentales: se refieren al resultado de la percepción del usuario al satisfacer metas que el producto debe cumplir. Satisfacción, decepción y frustración son tipos de emociones generadas tras la realización de una tarea, por ejemplo.
- Emociones estéticas: son aquellas que determinan el potencial de agrado del producto por parte del usuario. Esa capacidad de atraer u ofender los sentidos de la persona. Un tipo de emoción en este punto sería atracción o disgusto.
- Emociones sociales: se presentan tras la evaluación de un producto en relación a lo que los demás observan y piensan tras el uso. Un ejemplo de esto sería tener algo que la gente puede llegar a desear o que le confieren admiración, status o envidia al usuario del objeto.
- Emociones que evocan sorpresa: son aquellas que tratan con la percepción de lo que es nuevo.
- Interés: posibles a través del desafío combinado con la promesa. La idea central de este tipo de emoción planteada, está centrada en la aceptación o rechazo del usuario frente al producto.

### **3.7. El paradigma de la educación**

En las últimas décadas de este siglo asistimos a una serie de procesos que configuran lo que indudablemente puede reconocerse como un cambio de era. La era industrial nacida a la luz de la Revolución Francesa, de la revolución científica y de la revolución industrial, está dando paso a otra era ¿posmoderna?

Hoy el problema es cómo se construye una opción superadora, cómo se construye la nueva democracia. ¿Qué nueva forma debe adoptar hoy “el gobierno del pueblo para

---

el pueblo”? ¿Qué condiciones humanas deben desarrollar quienes serán los ciudadanos de esta nueva sociedad?

Surge así una nueva ciudadanía. Y serán nuestras escuelas, nuestro sistema de educación pública, el que tendrá que hacerse cargo de esta tarea.

Específicamente, se trata de que el paradigma de la educación ha cambiado porque las personas ahora tienen un relativamente fácil acceso al conocimiento. Los medios existentes propician el empoderamiento de las personas y deciden qué quieren aprender y con qué medio. El paradigma del profesor frente a la clase se agotó, la estructura vertical ya no es válida, ahora es más horizontal. Hoy más que nunca nadie es dueño del conocimiento.

### 3.7.1. La sociedad del conocimiento

Un rasgo indudable de esta nueva era es la importancia sin precedentes que adquiere el saber científico tecnológico. Son claras las tendencias que indican que ingresamos en la “era del conocimiento”. Como dicen los hermanos Toffler: “Todos los sistemas económicos descansan sobre una ‘base de conocimientos’. Todas las empresas dependen de la existencia previa de este recurso, de construcción social. A diferencia del capital, el trabajo y la tierra, aquél suele ser desdeñado por economistas y ejecutivos cuando determinan las aportaciones precisas para la producción. Y, sin embargo, este recurso es el más importante de todos.”

Es el más importante porque es el más humano. Porque sólo conoce (aprende) el ser humano, pero también porque “el conocimiento tiene virtudes intrínsecamente democráticas. (Toffler & Toffler, 1995) A diferencia de las fuentes de poder tradicionales (la fuerza, el dinero, la tierra) el conocimiento es infinitamente ampliable. Su utilización no lo desgasta, sino que, al contrario, puede producir más conocimiento. Un mismo conocimiento, puede ser utilizado por muchas personas y su producción

---

exige creatividad, libertad de circulación, intercambios, críticas constructivas, diálogo. Todas ellas condiciones propias de una sociedad democrática”

Una “sociedad del conocimiento” se perfila, entonces, como una forma social superadora de las actuales, a condición de que el conocimiento -que es la base- sea un bien que está disponible para todos. Esta es la nueva sociedad. Mucho conocimiento al alcance de todos, distribuido de tal manera que garantice igualdad de oportunidades. (Tedesco, 1995)

### 3.7.2. Un cambio de paradigma

Podríamos decir que un sistema educativo se organiza en torno a tres grandes definiciones: qué se entiende por conocimiento, qué se entiende por aprendizaje, y qué se entiende por contenido de la educación. Un cambio de paradigma educativo consiste básicamente en que, a partir de nuevas opciones político-ideológicas, una sociedad sea capaz de redefinir qué entiende por cada uno de estos ejes subyacentes o principios básicos que estructuran el sistema educativo. Pero no alcanza solo con discutirlos, con que sean un tema en la agenda social. Tienen que ser redefinidos de tal modo que esto se exprese en la práctica, o sea en la organización y la gestión de todas las instancias educativas.

### 3.7.3. Las matemáticas dentro de este paradigma

El sector productivo requiere de personas que además de conocimientos, tengan desarrolladas sus habilidades y aptitudes, con la finalidad de obtener un mejor rendimiento en su trabajo. Las Matemáticas nos acompañan a lo largo de la vida y se convierte en un lenguaje que nos permiten organizar nuestro mundo, nuestro pensamiento.

El no considerarla una herramienta útil para la vida cotidiana también aleja a los ciudadanos de esta materia. Para entender los deportes, las rebajas o invertir en Bolsa,

---

hay que saber matemáticas. Precisamente, relacionarlas con el entorno puede ser la vía para captar el interés.

El miedo a las matemáticas es un sentimiento común a la mayoría de los estudiantes. A menudo, esta asignatura es percibida como una de las más difíciles, si no la más difícil, y el entusiasmo que despierta es más bien escaso. Las matemáticas no sólo generan antipatía, sino que pueden llegar a provocar ansiedad.

Las causas del rechazo a esta asignatura se reparten entre la metodología de enseñanza, la falta de motivación, el currículo (programa de la asignatura), la actitud del alumnado y un clima social adverso tanto por parte de los estudiantes, como de los padres y de la sociedad en general.

### **3.8. Aprendizaje basado en juegos**

El aprendizaje basado en juegos, cuyo término formal en inglés es Game-Based Learning (Pivec, 2004), se entiende como el fenómeno que conjuga el aprendizaje con diferentes recursos conocidos como los juegos, en particular referido a los digitales o de naturaleza computacional, con el fin de apoyar y mejorar la enseñanza, el aprendizaje y/o la evaluación. Se considera "una manera eficaz para motivar al alumno y para que el estudiante participe en experiencias de aprendizaje activo".

Asimismo, un juego es una actividad recreativa donde intervienen uno o más participantes. Su principal función es proporcionar diversión y entretenimiento a los jugadores. De todas formas, los juegos pueden cumplir con un rol educativo, ayudar al estímulo mental y físico, y contribuir al desarrollo de las habilidades prácticas y psicológicas. El juego llega con frecuencia a traspasar los límites de las Matemáticas como área del conocimiento y se convierte en centro de interés a través del cual el alumno puede encontrarse en situaciones en las que trabaja contenidos interdisciplinarios.

---

El juego que posee un objetivo educativo, se estructura como un juego reglado que incluye momentos de acción pre-reflexiva y de simbolización o apropiación abstracta-lógica de lo vivido para el logro de objetivos de enseñanza curriculares, cuyo objetivo último es la apropiación por parte del jugador, de los contenidos fomentando el desarrollo de la creatividad. (Chacón, 2001)

Como actividad puramente recreativa, por lo tanto, los juegos deben efectuarse de forma libre, en un clima alegre y entusiasta. Su finalidad es generar satisfacción a los jugadores y liberar las tensiones propias de la vida cotidiana. En los juegos recreativos no debe esperarse un resultado final, sino que se concretan por el simple gusto de la actividad realizada.

Las habilidades matemáticas se desarrollan mediante la práctica y la repetición, mecánica frecuente en los juegos.

En una entrevista a Sarah Guthals, donde hace referencia a CodeSpells, su programa para introducir a niños de primaria al mundo de la programación, menciona: “Lo que amo y lo que me apasiona es encontrar mejores formas de enseñar a programar, especialmente a niños. Me encanta el término ‘brócoli cubierto de chocolate’ y siento que es el camino que han tomado los videojuegos educativos hasta el día de hoy. Quiero decir, siempre ha sido: “¡Oh, mira! ¡Es un juego! Nah, es broma, puedes jugar por unos segundos y ahora ve y resuelve problemas matemáticos durante 10 minutos.” (Guthals, 2015)



*Ilustración 15. Guthals con la primera parte de su metodología*

El juego es una actividad natural de inicio en la primera infancia que se produce por:

- El impulso que tienen los niños hacia el movimiento y la exploración del entorno.
- La necesidad que tienen de contacto afectivo y social.
- La comprensión y uso del medio en el que viven.
- La exposición estimular de objetos y materiales ante el niño/a que puedan servir como herramientas de juego.
- Motor de experimentación.

La actividad lúdica y el juego también sirven como herramienta del desarrollo emocional. Es un factor favorecedor motivacional y está directamente relacionado con el bienestar físico y emocional de los niños.

El juego favorece el aprendizaje de todas las áreas del desarrollo infantil:

- Área Sensorial: sentidos y percepción.

- 
- Área Motriz: motricidad fina, motricidad gruesa y propiocepción.
  - Área Cognitivo: memoria, atención, cognición, procesamiento lógico.
  - Área comunicativa: lenguaje, expresión, interacción, diálogos, rituales.
  - Área afectiva: superación de miedos, angustias, fobias

### **3.9. Juguetes que desarrollan las siete inteligencias**

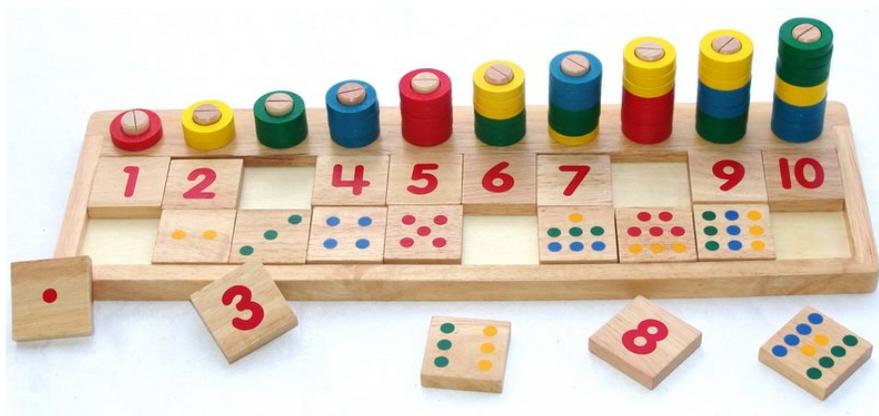
Howard Gardner, uno de los especialistas más reconocidos en el mundo entero en material de educación y psicología, propuso la teoría de las múltiples inteligencias. En ella se habla de 7 tipos de inteligencia que de una forma u otra todos los seres humanos compartimos. Algunos nacemos con una más desarrollada que otra, sin embargo, la influencia del aprendizaje en la casa, la escuela y en la sociedad puede determinar que el niño intensifique sus capacidades originales o que desarrolle otras que necesitan de mayor estimulación. Estas 7 inteligencias son: la lingüística (que se vale del empleo eficaz de las palabras, ya sea en forma oral o escrita); la lógico-matemática (que manifiesta habilidad con los números, las abstracciones y la lógica); la espacial (que denota facilidad hacia la comprensión y expresión de las imágenes visuales y espaciales); la física-kinestésica (habilidad con el cuerpo); la musical (capacidad para percibir, distinguir, transformar e interpretar formas musicales); la interpersonal (de fácil relación con la gente) y la intrapersonal (de habilidad consigo mismo). (Gardner, 1987)

Para promover el área lingüística debemos buscar juguetes que promuevan el vocabulario, la expresión y comprensión oral, la fonética y la articulación. Algunos juguetes son: libros en casete, muñecos que cantan rimas conocidas, juguetes que permiten descubrir el sonido de los animales, de las letras del alfabeto y de los números.



*Ilustración 16. Juguete de estimulación lingüística*

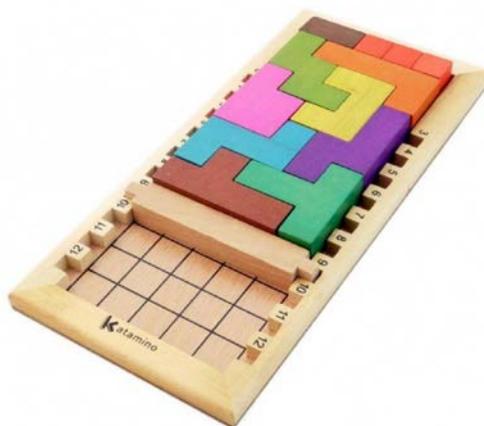
Para la lógica matemática debemos buscar juguetes que promuevan la resolución de problemas, clasificación, seriación, comparación, y agrupaciones. Entre ellos se destacan los rompecabezas, el juego de memoria donde se aparean cartas del mismo color, figuras, etc. Tacos o bloques que se agrupen del mismo tamaño o formas. Alcancías y cajas registradoras de mentira pueden motivar a que comiencen a sumar o restar. Los aritos de colores que se meten de mayor a menor en un palito, son algunos ejemplos que fomentan esta inteligencia.



*Ilustración 17. Juguete de estimulación lógico-matemática*

---

Para la inteligencia espacial es bueno buscar por artículos que fomenten las relaciones espaciales, la memoria visual, la orientación espacial, la localización espacial y la representación gráfica. Para ello se destacan los rompecabezas, juguetes que se arman y se desarman y que son fáciles de desarticular, los legos y los tacos para armar torres y castillos o cualquier tipo de artefacto de transporte. Juguetes que estimulen las manualidades y las artes plásticas tales como creyones, plastilina, y en general aquellos que trabajan con las habilidades motoras finas y gruesas.



*Ilustración 18. Katamino, juguete de estimulación espacial*

Para la física-kinestésica se recomiendan juguetes que también estimulen las motricidad gruesa y fina, la expresión corporal y el esquema corporal. Se destacan todos aquellos juguetes que promueven la danza y el baile, y todo lo teatral. Cintas de colores, pelotas, y aquellos materiales deportivos en general. Para el desarrollo de esta inteligencia se necesita por lo general de la intervención del padre o de un maestro que dirija a la ejecución de los movimientos cuando se trabajan con niños de edades pre-escolares.



*Ilustración 19. Twister, juego de estimulación física-kinestésica*

La musical se basa en el desarrollo del ritmo, la audición, y la entonación. Existen infinidad de juegos para cantar como los Karaoke, o aparatos de sonidos con micrófonos incorporados, pianos, xilófonos, y la variedad de juguetes musicales que promueven la memorización de ritmos y sonidos.



*Ilustración 20. Glogomobil, juguete de estimulación musical*

---

Para el desarrollo de la inteligencia intrapersonal se busca juguetes que promuevan la autodisciplina, la autocrítica, el sentido de responsabilidad y seguridad en sí mismo, solidaridad, comunicación, y cooperación. Para ello se recomiendan juegos en pareja, grupo, o en equipo donde no haya ganadores ni perdedores sino la recompensa de que todos compartieron.



*Ilustración 21. Huggtopus, juguete de estimulación intrapersonal*

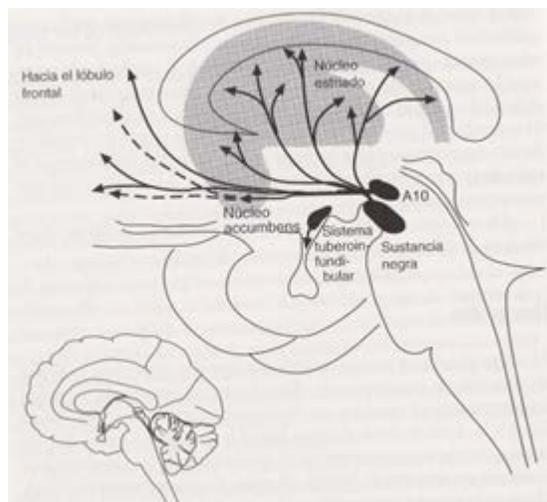
Para la interpersonal se buscan juegos que representen roles de la vida real, y respeto a los demás, estos son los conocidos en inglés como “role play” o de dramatización a través de títeres y muñecos.



*Ilustración 22. Títeres, ejemplo de juguete interpersonal*

### 3.10. El proceso neurocognitivo: el atractivo de la incertidumbre

Hoy sabemos que, tanto en el nivel neuronal como en el conductual, lo importante para el aprendizaje es la anticipación de la recompensa y no el simple premio. La activación de las neuronas en el núcleo accumbens que liberan dopamina, un neurotransmisor asociado a la motivación, se activan más cuando la respuesta conductual supera las expectativas iniciales, es decir, cuando el error de predicción (diferencia entre lo esperado y lo que pasa) es positivo. Como dice Chris Frith: “estas señales sobre los errores de nuestras predicciones nos permiten aprender sobre el mundo sin necesidad de profesor” (Frith, 2008) y es que a nivel conductual sabemos que las recompensas inesperadas, lo que despierta nuestra curiosidad, en resumidas cuentas, lo novedoso, capta la atención necesaria para que se dé el aprendizaje.



*Ilustración 23. Dopamina como sustancia mensajera*

El juego capta la atención del alumno y su cerebro se motiva a través de las continuas predicciones que va haciendo. En este sentido, la elección en el juego es importante

---

porque ha de suministrar los retos adecuados que permitan, a través de un feedback continuo, ir superando etapas y así manteniendo el interés o motivación para la tarea.

Relacionado con la incertidumbre y su efecto sobre la motivación y el aprendizaje, se ha comprobado que los estudiantes son capaces de asumir mayores riesgos cuando las tareas escolares se presentan como juegos (Howard-Jones, 2011). Y también sabemos que la formación de la memoria explícita, esa que es tan importante en los contextos educativos, está directamente relacionada con la activación del sistema de recompensa cerebral (Howard-Jones, 2014). En definitiva, el atractivo de la incertidumbre es lo que permite explicar la atracción que mostramos por el juego.

### **3.11. Los mejores juguetes para cada edad**

Si se busca un juguete que cumpla con sus objetivos de entretener, divertir y enseñar, es imprescindible que responda a los intereses del niño.

Para ello hay que tener en cuenta su edad y las etapas por las que atraviesa en su desarrollo. (de Miguel, 2001) A este respecto, cabe hablar de cuatro periodos desde el nacimiento a la adolescencia: de 0 a 2 años; de 2 a 6 años; de 6 a 12 y a partir de 12 años.

#### **3.11.1. De 0 a 2 años**

Durante sus primeros años, el juguete preferido del niño es su propio cuerpo. Necesita aprender a dominarlo y a realizar coordinaciones entre los distintos sentidos para desarrollar su inteligencia.

El continuo ejercicio de los movimientos que realiza le producen placer. Los juguetes más adecuados para este momento son aquéllos que tienden a favorecer la coordinación motora, un dominio del espacio y el desarrollo de los sentidos.

---

### 3.11.2. De 2 a 6 años

Éste es el periodo de "la infancia mágica". A medida que los niños se acercan a los 2 años, comienzan a imitar y a tener capacidad de representación simbólica.

Les encanta emular los comportamientos e impresiones que les rodean. La implicación de lo intelectual y lo afectivo es tan grande que no saben dónde están sus límites. Para ellos, el juego es una forma de liberar tensiones. Se transforma en algo simbólico, que también les permitirá realizar sus deseos.

Durante este periodo, sus preferidos son todos aquellos juguetes que les ayudan a desarrollar situaciones imaginarias, representar un papel y fomentar el simbolismo y la fabulación.

### 3.11.3. De 6 a 12 años

A partir de los seis años, y casi hasta los nueve, es la edad de la fuerza. Necesitan competir con sus iguales para averiguar su propio valor.

Todos los artículos utilizados para el ejercicio físico les ayudarán a liberar su tensión. También son juguetes muy apropiados para esta edad aquéllos que favorezcan la habilidad, la atención y la capacidad creadora, la destreza y la imaginación y, sobre todo, la afirmación individual.

También les divierten los juegos con los demás (con terceras personas) en los que hay que cumplir unas reglas.



*Ilustración 24. Rally colegial Museo de los Niños*

#### **3.11.4. Más de 12 años**

A esta edad comienza a desaparecer la necesidad de jugar. Es el momento de estimular las aficiones que se hayan ido adquiriendo a lo largo de la niñez o de investigar en distintas actividades que faciliten el ocio.

La principal tarea de esta etapa es la construcción de la propia identidad. Se trata de elaborar un proyecto vital en las distintas esferas de la vida adulta.

Todo aquello que fomente sus aficiones (los libros, la música, la ropa y los videojuegos) son los mejores regalos que se les puede hacer.

### **3.12. Deporte versus juego**

La RAE, en su Diccionario de la lengua española, define deporte como una actividad física, ejercida como juego o competición, cuya práctica supone entrenamiento y

---

sujeción a normas; también, en una segunda acepción, más amplia, como recreación, pasatiempo, placer, diversión o ejercicio físico, por lo común al aire libre. (Real Academia Española, 2001)

Por otra parte, la Carta Europea del deporte lo define como: "Todas las formas de actividades físicas que mediante una participación organizada o no, tienen como objetivo la expresión o la mejora de la condición física y psíquica, el desarrollo de las relaciones sociales o la obtención de resultados en competición de todos los niveles". Un deporte, después de todo, es algún tipo de ejercicio físico o juego que, en su desarrollo, es competitivo y exige el respeto por ciertas normas y reglas. (Federación Española de Municipios y Provincias, 1970)

### **3.13. Actividad física como medio de aprendizaje**

Estudios realizados en animales y humanos demuestran que la actividad física, y el ejercicio cardiovascular en particular, producen profundos cambios funcionales y estructurales en el sistema nervioso, y en el cerebro en particular. La mayoría de estos cambios se inician a nivel molecular con la liberación de un gran número de sustancias como respuesta al ejercicio y que modulan algunos de los procesos cognitivos involucrados en las mejoras cognitivas observadas con la actividad física. Por ejemplo, el ejercicio intenso aumenta la concentración de neurotransmisores como la serotonina, la dopamina, la adrenalina y la noradrenalina. Algunos de estos neurotransmisores modulan procesos cognitivos como la consolidación de la memoria. (Drobnic, y otros, 2013)

Hay que destacar que, más allá de la competencia y del deseo de ganar, el deporte brinda entretenimiento a quienes lo practican y lo ven. Cuerpo sano, mente sana. Esta podría ser la versión del siglo XXI de la cita extraída de las Sátiras de Juvenal en la que se implicaba que para tener un cuerpo equilibrado había que lograr primero un espíritu sano a través de la oración.

---

El nuevo orden de la cita estaría respaldado por las investigaciones científicas que han comprobado los beneficios que le ofrece al cerebro tener un cuerpo sano a través de la actividad física (BBC Redacción, 2015).

"Hace varias décadas que se ha estado acumulando la evidencia científica que indica los beneficios de la actividad física, tanto aeróbica como de fuerza (o resistencia), en la función cognitiva, tiempo de reacción y memoria, entre otras propiedades", le explicó a BBC Mundo el doctor César Karadzic, especialista en medicina deportiva de Clínica MEDS, en Chile.

La investigación partió de la base que aquellas actividades en la que los participantes deben moverse constantemente y adaptarse rápidamente a los cambios que van ocurriendo, pueden contrarrestar los efectos relacionados con el paso de los años, como problemas de aprendizaje, de la memoria y tiempos de reacción.

Uno de los líderes de la investigación, Francesco Di Russo, le contó al periódico The Washington Post que deportes como la esgrima requieren de la toma rápida de decisiones y demandan un alto grado de atención visual y flexibilidad. (BBC Redacción, 2015)

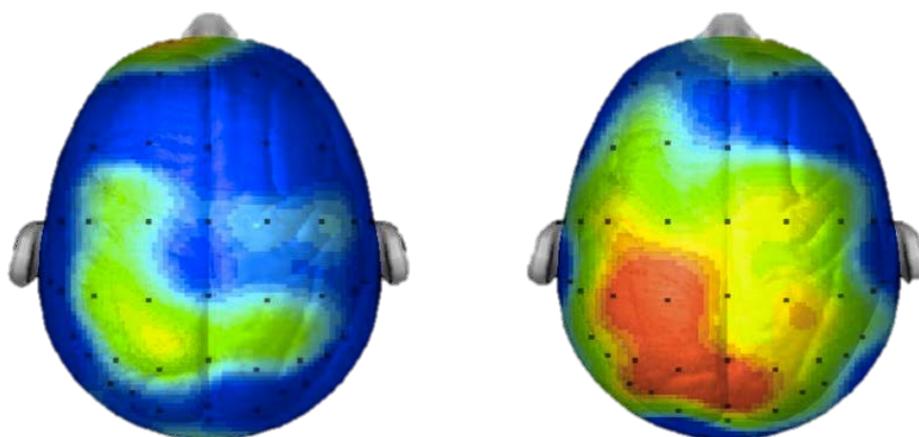
El ejercicio físico provoca efectos beneficiosos desde el punto de vista fisiológico, psicológico y social. Una parte de los beneficios que se le atribuyen, son la consecuencia de rigurosas mediciones antropométricas, bioquímicas o fisiológicas, mientras que otros resultan de reportes de auto-observación. (Dishman, Butt, & Chow, 2000)

El cerebro está dotado de sustancias biológicas naturales, llamadas factores tróficos o factores de crecimiento, implicados en el desarrollo de células nerviosas. Esas sustancias son esenciales porque permiten tanto al niño como al adulto aprender a lo largo de toda su vida. Uno de los desafíos de la investigación biomédica es poner a

---

punto las moléculas que favorezcan el desarrollo de las conexiones. Cuando esa fuente de juventud se agota, el individuo pierde sus referencias. Mediante el estímulo de la neurogénesis, se puede mejorar el estado cerebral, y asegurar el mejor funcionamiento perceptivo y amnésico. Estas nuevas neuronas pueden migrar a otras áreas del cerebro, y tienen un papel clave en los procesos de memoria y aprendizaje. El ejercicio físico constante y de cierta intensidad repone también el cerebro. (Barrios & López, 2011)

Quince minutos de ejercicio intenso bastan para potenciar la memoria motora, aquella que se utiliza para aprender actividades de coordinación como ir en monopatín, jugar con videojuegos, escribir con un teclado o tocar el piano. Esta es la principal conclusión de una investigación liderada por el neurocientífico Marc Roig en la Universidad de Copenhague (Dinamarca) y presentada en la revista *Plos One* (Corbella, 2012). Es decir, los individuos que mostraban concentraciones más altas de estas sustancias después del ejercicio eran capaces de retener mejor el aprendizaje adquirido. (Drobnic, y otros, 2013)



*Ilustración 25. Antes y después de 20 minutos de ejercicio*

Al hacer ejercicio físico nuestros músculos producen una proteína llamada Irisina, quien, a su vez, actúa sobre el BDNF (Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro),

---

fundamental para el aprendizaje y las funciones realizadas por el hipocampo, que es el que termina incidiendo sobre nuestro cerebro. Los investigadores lo atribuyen a que la actividad física estimula la secreción de sustancias que favorecen la memoria en el cerebro, como la noradrenalina o la proteína BDNF. Por lo tanto, los voluntarios que primero aprendieron y después pedalearon se beneficiaron de una concentración máxima de estas sustancias en el periodo crucial de consolidación de la memoria.

Dado que los niveles de este tipo de sustancias son máximos en la primera hora después de hacer ejercicio y decaen en las horas siguientes, los investigadores piensan que hay un periodo de tiempo relativamente breve para potenciar el aprendizaje con la actividad física.

Estudios anteriores han demostrado que la práctica habitual de actividad física aumenta el volumen de ciertas regiones del hipocampo relacionadas con un aumento de la memoria. Por lo tanto, la actividad física parece tener un efecto a corto plazo sobre la memoria a través de la acción directa de sustancias como la noradrenalina y la BDNF. Y una acción más indirecta a largo plazo a través de los cambios anatómicos que favorece en el hipocampo.

Meta-análisis y revisiones de la literatura que incluyen un número considerable de estudios han confirmado que la actividad física tiene, en general, un efecto positivo sobre la función cognitiva en niños. La magnitud de este efecto es en la mayoría de los estudios moderada, pudiendo variar de forma significativa dependiendo de aspectos como el tipo de ejercicio realizado o la función cognitiva analizada.

### **3.14. Máquinas recreativas**

*Arcade* es el término genérico de las máquinas recreativas de videojuegos disponibles en lugares públicos de diversión, centros comerciales, restaurantes, bares, o salones recreativos especializados. Son similares a los pinballs y a las tragamonedas de los

---

casinos, pero debido a que no son juegos de azar ni de apuestas –ya que se basan en la destreza del jugador– por lo general no tienen las limitaciones legales de éstas.

El término "juego de *arcade*" también se utiliza para referirse a un videojuego de acción que fue diseñado para jugarse de manera frenética y adictiva. (Freyholtz, 2014) El enfoque de los juegos de acción de *arcade* es en los reflejos del usuario, y los juegos por lo general cuentan con muy pocos puzzles, no mucho pensamiento complejo, o habilidades. Los juegos con que sí involucran pensamiento complejo se llaman videojuegos de estrategia o juegos de puzzle.

Las máquinas son muebles con algunos controles como una palanca y botones o una pistola o un volante con freno y acelerador o una plataforma de baile, dependiendo del juego. Para poder jugar una partida hay que introducir unas monedas de curso legal con el importe necesario o fichas del propio local, hay otras que funcionan con tarjeta magnética o con un chip externo o interno prepago de la cual se descuenta el precio correspondiente. Otras características son que estas máquinas usan cartuchos Neo-Geo; y también en estas máquinas no se puede detener el juego, cosa que sí sucede en las consolas, ya que el botón *Start* en las máquinas *arcade* sólo se usa para iniciar el juego, en cambio en las consolas el juego sí se puede pausar varias veces.



*Ilustración 26. Máquina arcade restaurada*

La característica común, es la escasa duración de las partidas llamadas "créditos" (credit en inglés) que en el argot de este mundo significa las continuaciones posibles de seguir jugando por tiempo o por perder todas las vidas, la poca duración asegura que el jugador vaya introduciendo sus monedas o tarjetas. También se evita la complejidad para enganchar a cualquier persona. Los primeros videojuegos salieron en arcade y computadoras antes que en las consolas, así que son parte esencial de la historia del videojuego. También, al momento de perder el juego, o al momento de prender la máquina, en el centro de la pantalla aparece la frase "Insertar moneda" (Insert coin en inglés).

En la década de 1980 y 1990, los *arcades* eran considerados la "prueba de fuego" para mostrar todo el potencial gráfico de videojuegos o innovaciones, que era limitado por los controles de consolas y ordenador o simplemente para que mostrara una sensación más real y envolvente que la que se podría vivir manejando un pad o teclado, en

---

especial las cabinas hidráulicas de algunos simuladores aéreos, dos o más pantallas y cualquier otro accesorio difícil de implementar en el sector doméstico.

Una característica buscada entre los creadores y usuarios de estas máquinas, es el tener un gran valor de "rejugabilidad". Así, aun cuando el jugador ha terminado el juego satisfactoriamente, hay un deseo de comenzar de nuevo inmediatamente o en una ocasión próxima. Con este objetivo, gran parte de las máquinas de *arcade* poseen sistemas de puntuación (tablas con las mejores 5, 10 o 20 mejores puntuaciones/tiempos/porcentajes) que miden los logros del jugador, existiendo la opción de jugar por terminar el juego y/o por competir contra otros jugadores.

Los juegos pueden ser de tipo: electrónico, electromecánico o manual.

- Electrónicos: son aparatos similares a un ordenador en los que el juego transcurre en una pantalla y el manejo del juego se efectúa normalmente mediante un joystick y botones. Son los llamados videojuegos de salón o *arcades*.
- Electromecánicos: tienen parte mecánica y parte eléctrica. Normalmente la parte eléctrica se basa en electroimanes. El ejemplo más conocido de ellos es el Pinball.
- Manuales: son aparatos en los que se mide la habilidad del jugador, normalmente en competencia con otros. Por ejemplo, el futbolín, billar (pool), *bowling* (bolera), dardos, etc.

### **3.15. Tecnologías *arcade***

Tan mágicos como parecían en los años 70 y 80, los juegos de *arcade* operan en los mismos principios básicos como las consolas de sobremesa de hoy en día. Por supuesto, los sistemas más nuevos han hecho todo tipo de mejoras, la adición de tarjetas gráficas adicionales, discos duros y reproductores de DVD, pero en las

---

máquinas de *arcade*, el juego en sí se origina a partir de una placa de circuito impreso. De hecho, es posible intercambiar los tableros para jugar un juego diferente en el mismo gabinete de la *arcade*.

Los juegos de *arcade* clásicos utilizan dos tipos de monitores de visualización. Los *Raster Display*, cuyos gráficos se componen de diminutos píxeles, fueron los más populares, vistos en juegos como Pac-Man, Galaga y Space Invaders. Los jugadores veteranos de asteroides y Lunar Lander podrían estar familiarizados con gráficos vectoriales. Las presentaciones visuales en estos juegos se han extraído de los conjuntos calculados de líneas, sacrificando los objetos de colores de estilos más *retro* en favor de un aspecto más suave y lineal.



Ilustración 27. Pac-Man, 1980

Sin importar el tipo de visualización, los monitores de *arcade* tienen sus propias tarjetas de circuito impreso, que se conectan al tablero de juego principal y permiten a los jugadores para ver a Pac-Man comiendo todos esos puntos.

---

Como interfaz física, utilizan los Joysticks, Trackballs, botones, Paddles, palancas, sensores Touchpads, entre otros; tecnologías que no han perdido su funcionalidad a través del tiempo y que tienen un lugar especial en el corazón de todas las personas por su simbolismo.

### 3.15.1. Pulsadores

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para realizar cierta función. Los botones son de diversas formas y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.

Los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo.



*Ilustración 28. Pulsador o botón arcade*

Puede ser un contacto normalmente abierto en reposo NA o NO (Normally Open en inglés), o con un contacto normalmente cerrado en reposo NC.

### 3.15.2. Trackball

Un trackball o bola de seguimiento es el dispositivo apuntador estacionario, compuesto por una bola incrustada en un receptáculo que contiene sensores que detectan la

---

rotación de la bola en dos ejes (como un ratón de computadora de tipo mecánico, boca arriba, con la bola sobresaliendo en la parte superior).



*Ilustración 29. Trackball*

El usuario hace girar la bola con el pulgar, los dedos, o la palma de la mano para mover el cursor.

### 3.15.3. Palanca de mandos

Una palanca de mando o joystick (del inglés joy, alegría, y stick, palo) es un dispositivo de control de dos o tres ejes que se usa desde una computadora o videoconsola hasta un transbordador espacial, los nuevos aviones de transporte como el Airbus A320 y los nuevos diseños de aviones de caza, pasando por grúas de carga y porta contenedores, también existen nuevos tractores y máquinas pesadas, que tienen funciones especiales controlados por computadora. (Zeller, 2005)



*Ilustración 30. Joystick*

Se suele diferenciar entre joysticks digitales (que leen cuatro interruptores encendido/apagado en cruceta situada en la base más sus combinaciones y los botones de acción) y los analógicos (que usan potenciómetros para leer continuamente el estado de cada eje, y además de botones de acción pueden incorporar controles deslizantes), siendo estos últimos más precisos.

#### 3.15.4. Sensores de fuerza

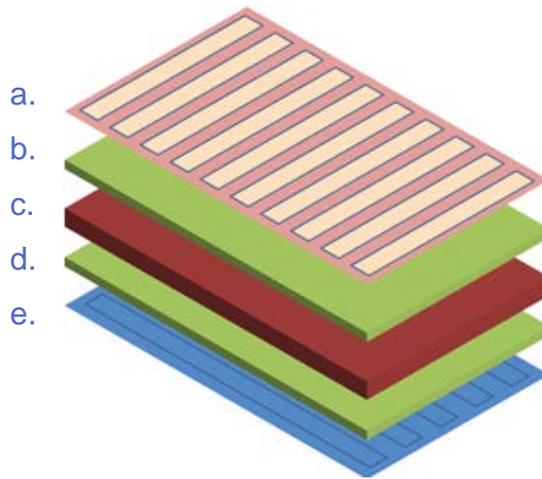
Una resistencia sensible a la fuerza (alternativamente denominado un resistor de detección de fuerza o simplemente una FSR) tiene una resistencia variable en función de la presión aplicada. En este sentido, el término "sensor de fuerza" es engañoso - uno más apropiado sería "sensor de presión", ya que la salida del sensor depende de la zona en la superficie del sensor a la que se aplica la fuerza.



*Ilustración 31. Sensor de fuerza para DDR*

Estos dispositivos se fabrican con material elástico en cinco capas, que consiste en:

- a. Una capa de plástico aislante de la electricidad.
- b. Un área activa que consiste en un patrón de conductores, que está conectado a los cables en la cola para ser cargado con una tensión eléctrica.
- c. Un separador de plástico, que incluye una abertura alineada con el área activa, así como una salida de aire a través de la cola.
- d. Un sustrato flexible recubierto con una película conductora gruesa de polímero, alineado con el área activa. Este polímero es muy a menudo sustituido por una capa de tinta FSR.
- e. Un área activa que consiste en un patrón de conductores, que está conectado a los cables en la cola para ser cargado con una tensión eléctrica.



*Ilustración 32. Diagrama de sensor de fuerza*

### 3.15.5. Proyecciones

El sensor de Kinect es una revolucionaria cámara nueva de profundidad que es usada en particular en la industria de los videojuegos para capturar los movimientos de las personas y los jugadores de manera eficiente, utilizando la tecnología de una cámara RGB y la cámara de infrarrojos para diferenciar la profundidad. (Torres, 2012)

Kinect, normalmente, es usado para percepción en 3D de los movimientos humanos, sin embargo, sus usos pueden ir más allá, pues también se puede utilizar para aplicaciones robóticas. De entrada, se ha liberado código abierto en LibFreenect para Linux, Microsoft mismo ha lanzado el Kinect SDK que básicamente usa Visual Studio 2012, y por su parte Google lanzó Robotic Operating System (ROS).



*Ilustración 33. Proyección de suelo interactiva*

Cabe mencionar que el sensor de Kinect es categorizado como una cámara de profundidad, las cuales están cambiando la visión de los robots y la forma en la que las máquinas perciben el mundo reemplazando la monovisión, estereovisión y otros tipos de indicadores de posición, tales como el láser, los sensores ultrasónicos y de radar.

Una proyección trasera (también conocido como procesamiento de fotografía) es parte de muchos efectos técnicas cinematográficas en la cámara en la producción de películas para la combinación de actuaciones de primer plano con fondos pre-grabado. Fue ampliamente utilizado durante muchos años en escenas de conducción, o para mostrar otras formas de movimiento de fondo "distante".

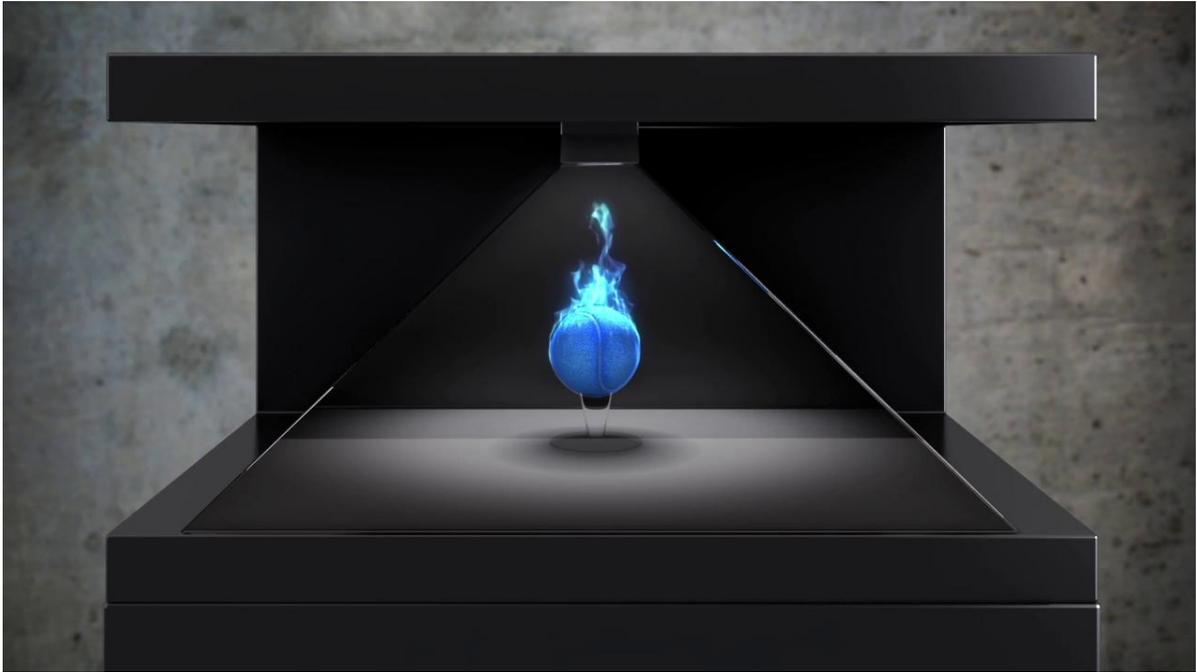


*Ilustración 34. Efecto Rear Projection*

El Fantasma de Pepper (en inglés: Pepper's ghost) es una técnica de ilusionismo utilizada en teatro, trucos de magia y atracciones como la casa del terror. El nombre le viene dado por John Henry Pepper, un científico que popularizó el efecto en una famosa representación del año 1862.

En realidad, la técnica es conocida desde el siglo XVI cuando fue ideada por el investigador, filósofo y alquimista Giovanni Battista della Porta, pudiendo considerarse este efecto como uno de los primeros pasos hacia el invento del cine.

En la actualidad el Fantasma de Pepper sigue siendo ampliamente utilizado.



*Ilustración 35. Efecto Pepper's Ghost*

### **3.16. Antropometría en niños**

El crecimiento es un proceso continuo desde la concepción hasta la edad adulta, determinado por la carga genética de cada individuo y dependiente, tanto de factores ambientales como de un correcto funcionamiento del sistema neuroendocrino. Del conocimiento del mismo y de su vigilancia depende en gran medida el futuro, no sólo del ser humano sino de la población a la cual pertenece. La forma más fácil, económica y universalmente aplicable para observar el crecimiento físico es la antropometría, uno de los pilares de la ciencia que estudia el crecimiento y desarrollo, la Auxología.

La antropometría permite conocer el patrón de crecimiento propio de cada individuo, evaluar su estado de salud y nutrición, detectar alteraciones, predecir su desempeño, salud y posibilidades de supervivencia.

---

Son diversas las medidas que es posible obtener para evaluar el tamaño, proporciones y composición corporal: peso, longitud, circunferencias, pliegues cutáneos y diámetros. La precisión es muy importante por lo que se debe contar con los instrumentos adecuados, así como reconocer las inconsistencias entre las mediciones de uno o diferentes examinadores. En este sentido se han reportado coeficientes de variación desde un 4.7% para el perímetro braquial hasta 22.6% para el pliegue cutáneo tricipital (Rojas, 2000), por citar algunos ejemplos.

### **3.17. Flat Design**

El “Flat Design” o “Diseño Plano” consiste en eliminar o reducir todo tipo de decoración en un diseño de interfaz o web para simplificar el mensaje y facilitar la funcionalidad. Se eliminan texturas, degradados, biselados, sombreados... en definitiva, todo lo que no aporte valor al mensaje o información que se quiere transmitir al usuario que interactúa con la interfaz.

- Colores: Se suelen utilizar colores vivos en paletas pastel con pocas variaciones de cada color. Intentar utilizar esquemas de color que ayuden al usuario a “comprender” el diseño de forma visual y así facilitar la interacción.
- Tipografía, la tendencia es utilizar fuentes sans serif para cuerpos. Para títulos sirve casi cualquier fuente de fácil lectura, incluso las creativas. Se suelen utilizar grandes tamaños, al mismo tiempo que se reducen las longitudes de los títulos y subtítulos.
- Mensaje: Si se puede decir algo en 4 palabras no se dice con 10. Ser directo y utilizar claras llamadas a la acción es la mejor opción. El mensaje suele ir reforzado con códigos de color para dar jerarquía o importancia a la información.

---

## **4. Marco Metodológico**

---

### **4.1. Propósito**

Diseño de un producto lúdico que que estimule a través de la diversión el aprecio por las matemáticas. El cómo se ha abordado esta temática ha generado barreras en la enseñanza. Se trabaja en conjunto con el departamento de Innovación y Tecnología del Museo de los Niños, con el apoyo de Jorge Chica y Juan Carlos Solano.

### **4.2. Requisitos de la empresa**

El producto inauguraré la sala “Matemática Divertida”, por lo que la temática del proyecto debe ser acorde. Asimismo, se solicita traducir la diversión a un juego, algo que los usuarios disfruten y que no noten que se están desarrollando habilidades lógico-matemáticas.

Se discute sobre si la exhibición debe ser o no itinerante, por lo que el proyecto se centra en la propuesta que ha de ir instalada en el museo, y se plantea una versión portable. La itinerancia presenta variabilidad según el entorno, desde un salón de clase completamente acondicionado, a una escuela de zona rural, donde las condiciones no son las óptimas, hasta exhibiciones callejeras, cuando el Museo quiera dar una muestra para rescatar a su público.

### **4.3. Propuesta de valor**

El sistema a desarrollar introducirá actividad física, ejercicio lógico-matemático y la representación de un reto, con el objetivo de generar un espacio estimulante para el aprendizaje de la matemática de manera intuitiva.

---

#### 4.4. Usuarios y sus estratos

El usuario principal es un niño de primaria, de 5 a 13 años; edad donde resulta primordial que las matemáticas no se conviertan en un enemigo.

Como usuario secundario, chicos de tercer ciclo quienes, claramente, se enfrentan ante un panorama de mayor dificultad en las matemáticas pero que traen sus bases estigmatizadas. Este tipo de usuario también disfruta del reto “frente a los más pequeños”.

#### 4.5. Estadísticas de visitas del Museo de los Niños

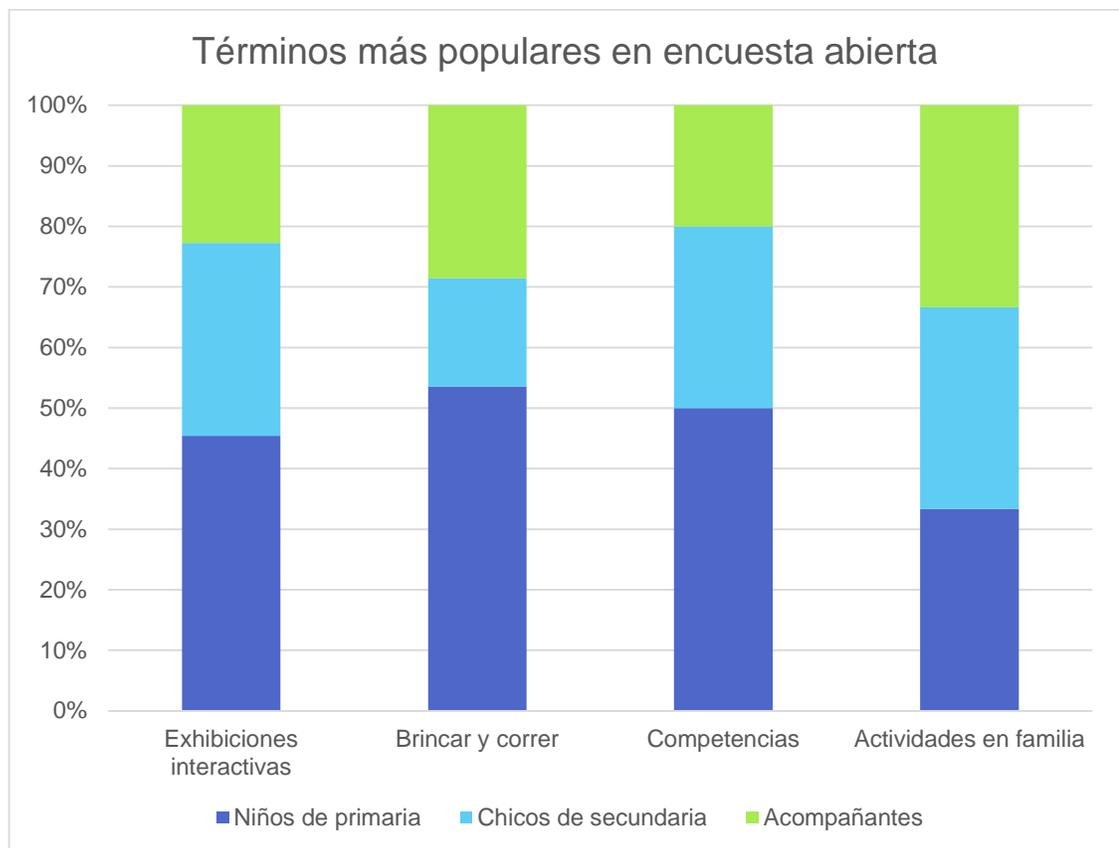
Con el apoyo de Mariela Rojas, del departamento de Mercadeo del Museo de los Niños e Irma Willie del departamento de Operaciones del Museo de los niños, se obtienen las estadísticas del promedio anual de visitaciones separados en cinco grupos de edad.

Promedio diario de visitaciones del año 2015				
Entre 90cm y 15 años	Mayores de 15 años	Menores de 90cm	Adultos Mayores	Especiales
195	274	39	7	3

Tabla 1. Promedio anual de visitaciones. Fuente: CCCC

## 4.6. ¿Qué busca el público?

Se aprovecha el evento '¡Última día de vacaciones!' del Museo de los Niños, con la particularidad de que en la rotonda se había formado un rally para familias, donde la larga fila prometía que sería una exhibición llamativa, para estar en contacto con una gran cantidad de público y aplicar encuestas abiertas sobre la preferencia de los visitantes, obteniendo así los siguientes rubros con mayor puntuación.



*Tabla 2. Resultados de encuesta aplicada en día de evento.*

Se procede a analizar los datos y se detectan algunas variables que no resultan sorprendentes.

---

Conforme se avanza en edad se le “huye” a la tecnología. La brecha tecnológica se ha convertido en una brecha generacional, donde resulta cada vez más fácil incorporarse a la tecnología cuanto menor se sea.

La energía que tiene un niño de entre 5 y 13 años no es la misma que la de sus padres, claro está. En cuanto a los chicos de secundaria, con la mayoría de integrantes de este grupo, entre los 13 y 17 pierden esa desinhibición y entran en la “etapa de la pena”, donde a algunos les cuesta más soltarse y regresar a sus años mozos.

La competencia fue otro rubro que salió ganador. A los niños -y a muchos de sus padres-les gusta demostrar que son los mejores en alguna actividad. Y, curiosamente, todos disfrutaron, entre los eventos de ese día, de las actividades que implicaban unión familiar, donde los padres dejan de ser los acompañantes y se vuelven compañeros de aventuras.

#### **4.7. Tecnología disponible**

El Museo de los Niños, conocido por su slogan “La magia de aprender jugando”, es conocido por sus muchas exhibiciones innovadoras, haciendo uso de tecnología convencional aplicada de manera creativa.

La sección de animatronics, o mecanismos robóticos o electrónicos, simula el aspecto y comportamiento de los seres vivos, empleando marionetas u otros muñecos mecánicos.

Las exhibiciones de tipo atracción, son aquellas donde el usuario puede montar o participar de manera más activa dentro o en conjunto con la exhibición.

El uso de un display táctil, presenta la familiaridad con las *tablets* o *smartphones*, elementos casi imprescindibles hoy en día en los núcleos familiares que, aunque mal vistos por su fama de aislar al usuario, no han disminuido su popularidad.

---

De la misma forma, la realidad virtual, la realidad mixta o la realidad aumentada son interfaces naturales de usuario que reconocen gestos, comandos de voz y objetos e imágenes e integran el mundo virtual con el real.

Los guías, aunque no son un elemento tecnológico, son vitales para la dirección de los visitantes y el entendimiento de las exhibiciones. Se pretende que el producto resultante sea lo suficientemente intuitivo para no requerir de una larga lista de instrucciones para su disfrute.

---

## 5. Desarrollo de la investigación

---

### 5.1. Justificación semántica

Dado el objetivo de buscar una alternativa al sistema tradicional de enseñanza, se pretende restar importancia a referenciales de ejercicios y problemas matemáticos encontrados en libros o cuadernillos de ejercicios. En cambio, se investiga el campo lúdico como conocido referente en el mundo de los niños.



Ilustración 36. Análisis semántica arcade

---

La investigación gira en torno a un juego que involucre actividad física, donde salones de *arcade* presentan sistemas de básquet, bolos, videojuegos como Dance Dance Revolution (o sus primos In The Groove, Pump It Up!, StepMania, y demás del género), Whack-a-Mole!, azar, etc., que resultan estar basados en la estrategia acción-recompensa, método en común con el aprendizaje y la educación.

Por tanto, como parámetros de búsqueda de referenciales, se tratan apartados de juegos, dinámicas en grupo, aprendizaje basado en juegos, videojuegos, juegos electrónicos, salones de arcade, otras salas de museos lúdicos,...

## 5.2. Justificación cromática

Se encuentra una matriz cromática de alta saturación y alta luminosidad, de la cual se determina la siguiente selección que, junto con la teoría del Flat Design, se acopla muy bien a una posible interfaz gráfica o visual del producto.



Ilustración 37. Análisis de cromática lúdica

### 5.3. Justificación topológica

Se encuentran formas geométricas y dimensiones exageradas. Transiciones circulares y operaciones booleanas, con los bordes redondeados. Dependiendo del caso, presenta simetría axial, radial, o ninguna. Se justifica con que el mundo infantil es desarreglado, imaginativo y creativo, sin orden establecido. Cantos redondeados por seguridad y medidas proporcionales a su tamaño. Se encuentran tanto superficies lisas como texturizadas.



Ilustración 38. Análisis Topológico

---

## 5.4. Análisis de lo existente

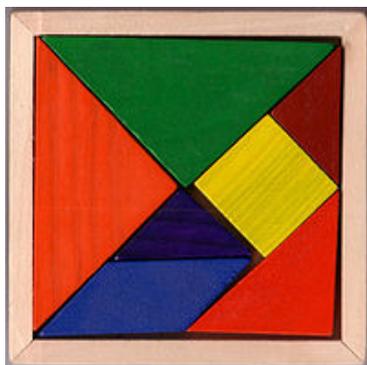
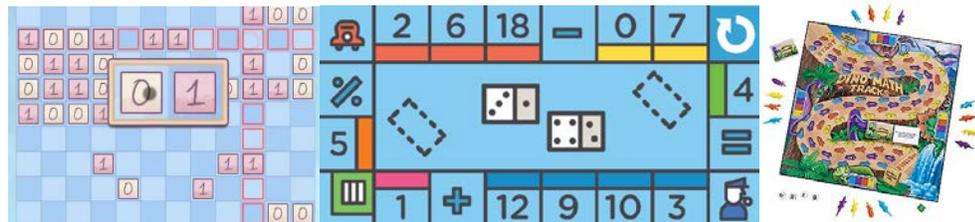
Se buscan referentes en tres campos: juegos matemáticos, juguetes didácticos o activos y salones de *arcade*. Se citan algunos ejemplos según tema.

### 5.4.1. Juegos matemáticos

Con el apoyo de Jorge Monge, Sandra Schmidt, Angie Solís y Alcides Astorga, de la escuela de Matemáticas de Instituto Tecnológico de Costa Rica, se obtiene una base de datos de juegos sencillos, generalmente utilizados en el cuerpo del Calendario Infantil de cada año. Pueden ser físicos (papel y lápiz o acciones) o virtuales (juegos HTML o Flash).

- Completar tablas
- Completar signos
- Repetir secuencias
- Secuencias de símbolos
- Sudoku
- 2048
- Osos binarios
- Basketball (sumatorias acumulativas)
- Memorizar
- Rayuela de fracciones
- Tangramas
- Mandalas
- Problemas básicos
- Mayor o menor
- Patrones
- Secuencias con pesos

- Triángulo de Pascal
- Probabilidad



*Ilustración 39. Ejemplos de juegos matemáticos tradicionales*

#### 5.4.2. Juguetes didácticos

Como principal referente, se toma a la tienda virtual Vat19 como principal proveedor de juegos y juguetes didácticos.

- Kanoodle
- Twister Dance
- Katamino
- Rush Hour
- Keth Laser
- Cool Circuits
- Gravity Maze
- Jishaku

- Artifact Puzzles
- Rompecabezas
- S.T.E.M.



Ilustración 40. Ejemplos de juegos tipo puzzle

### 5.4.3. Juegos de arcade

Existe una empresa nacional que trabaja con este tipo de salones recreativos, Tukis, quien destrona a CyberClub y a Pims ubicándose en los centros comerciales más conocidos.

- BeeBee Booping
- Feedin' Time

- Hockey de mesa
- Ping-Pong
- Shuffleboard
- Basketball
- Speed of Light
- Boink!
- Chameleon Paradise
- Pinball
- Whack-a-Mole
- Claw Crane
- Coin Vortex



Ilustración 41. Ejemplos de redemption machines

#### 5.4.4. Clasificación

Se clasifican los anteriores ejemplos en cuanto a qué parte del cuerpo obtiene movilidad y se le otorga una puntuación a cada uno.

Un juego de azar, obtendría una puntuación mínima, lo suficiente para que se contemple dentro del gráfico. Los de reacción rápida (donde la mano estaría en reposo y su movimiento sería mínimo), obtienen una puntuación de 1.

Un juego que involucre el movimiento de manos, una puntuación de 2 y de piernas, de 3. Si existen dos o más movimientos, los totales se suman.



Tabla 3. Clasificación de juegos

Los que obtienen mayor puntuación, en primer lugar, son Basketball, Boliche, Boink! y BeeBee Boopin'. En segundo lugar, Whack-a-mole, Speed of light y Feeding Time.

Por tanto, se concluye que la dinámica a diseñar deberá contar con elementos luminosos que el usuario deba accionar a la altura de brazos y pies o que requiera de algún accesorio.

---

## 6. Desarrollo y selección de concepto

---

### 6.1. ¿Qué?

Producto lúdico que estimule el aprendizaje de la matemática mediante actividad física.

### 6.2. ¿Cómo?

Emulando una máquina de *arcade*, del tipo recompensa (del inglés Redemption Machine) con juegos de cálculo rápido.

### 6.3. ¿Por qué?

Porque mediante la realización de actividades simples se obtiene un premio a la mejor puntuación.

### 6.4. ¿Para quién?

Principalmente, niños de primaria, en un rango de edad de 6 a 12 años que visiten el Museo de los Niños en compañía de sus familias. Como usuarios secundarios, chicos de secundaria y acompañantes de los niños, dado el requisito del juego de involucrar todo el núcleo familiar en las actividades durante la visita.

### 6.5. ¿Cómo?

Estructura mínima, semántica de salón de *arcade*, estética retro, con posibilidad de portabilidad, sin el uso de accesorios extra, y de fácil reproducción.

## 6.6. Suposiciones de diseño

Requiere cálculo rápido	Muestra 2 o más opciones de respuesta	Necesita de un accesorio (bola, mazo, discos...)	Utiliza luces indicativas
Necesita de un display (componentes electrónicos)	Acompañamientos sonoros (Música, efectos...)	Sistema de puntuaciones	Botones industriales
No es necesario que sea suma y resta	Introduce rompecabezas	Representa la matemática mediante el ritmo	Sigue el concepto de maquinatas recreativas (arcade)

Tabla 4. Suposiciones de diseño

Como bien indica el título del capítulo, estas suposiciones de diseño se obtuvieron del análisis y clasificación del tipo de juegos. Sirven como guía y acompañamiento para la toma de decisiones, pero no establecen un camino a seguir.

## 7. Fundamentos pertinentes para el diseño

### 7.1. Semántica

Se tomará en cuenta la semántica de salón de *arcade* de los años 70's-80's, adaptado a la época moderna. Por la tecnología de esa era, debe seguirse un estilo sin mucho detalle pero con personalidad.



Ilustración 42. Justificación semántica

---

## 7.2. Cromática

Se aplicará una cromática de juego de 8-bits, donde el fondo se presenta en matices oscuros y los elementos interactivos en formatos de alta saturación y luminosidad, con un “brillo” de la misma matiz pero menos luminosidad, que da el efecto tridimensional en el flat design.

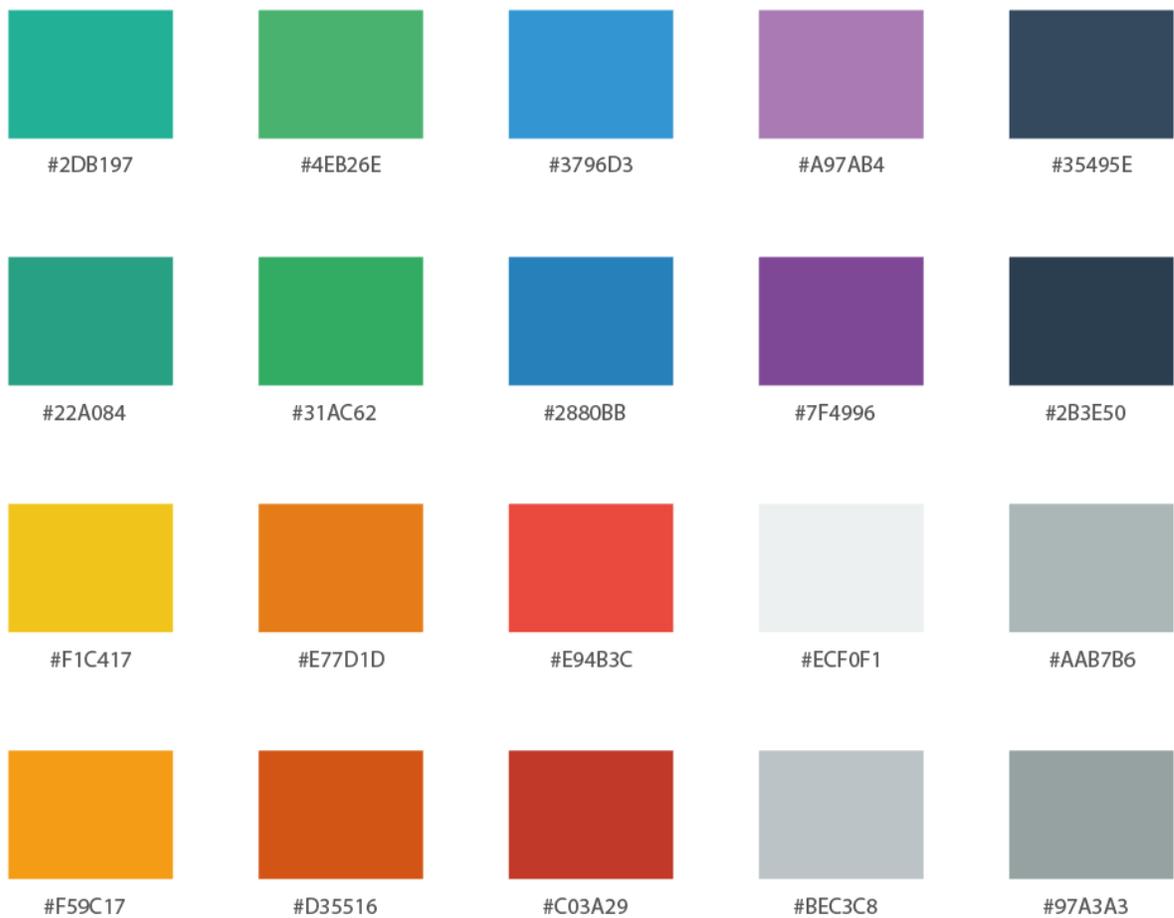


Ilustración 43. Justificación cromática

### 7.3. Tecnología

Se toman en cuenta sensores de fuerza para el desarrollo de este prototipo, pero existe la variable de un flujo de, al menos, 200 niños al día inflngiendo un peso para el cual no están diseñados dichos sensores, no si se pretende una durabilidad y un cambio poco frecuente de componentes. A continuación, un cuadro comparativo de as distintas tecnologías.

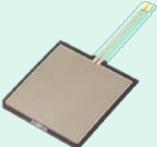
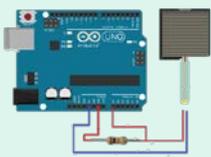
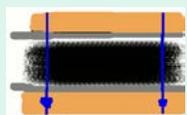
	Sensor DDR	Sensor de fuerza	Contacto aislado	Pulsador
<b>Especificaciones</b>	 13.5x1.5x2.0cms 0.03 kg	 1.5x1.5in		 100mm
<b>Precio aprox.</b>	\$24.95 c/u \$798.40 el set	\$7.95	(variable)	\$9.95
<b>Pros</b>	Altamente resistentes Rápida conexión	Precio accesible	Casero Barato	Resistente Respuestos de cambio rápido
<b>Contras</b>	 El conector no es universal Requiere 32 sensores por tablero	Muy frágil Muy inestable Muy pequeño	Requiere conocimientos extra No soporta el flujo de uso	Tamaño máximo: 100mm
<b>Instalación</b>				

Tabla 5. Comparación de tecnologías disponibles

## 7.4. Materiales

Se contempla el uso de MDF o Plywood y encolado para la carcasa.

MDF	Plywood
<b>PROS</b>	
Generalmente más barato	Por su sistema de capas, resulta muy fuerte
Superficie suave	No absorbe agua y líquidos de manera tan rápida
Consistente y de bordes suaves	Coloreable o teñible
Permite el uso de router	Soporte ideal para tornillos
Permite cortes ondulados	Distintos grados de grano
<b>CONTRAS</b>	
Absorbente de agua	Alto costo
Mala sujeción de tornillos	Bordes irregulares, necesidad de molduras
Muy densa y pesada	Corte liso es difícil de lograr
No se puede teñir	Bordes se astillan
Contiene compuestos orgánicos volátiles	Bordes irregulares (huecos, nudos, etc.)

Tabla 6. Comparación materiales para carcasa

## 7.5. Ergonomía

Referencia a población colombiana al compartir la mayor cantidad de características antropométricas con la población costarricense. (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2006)

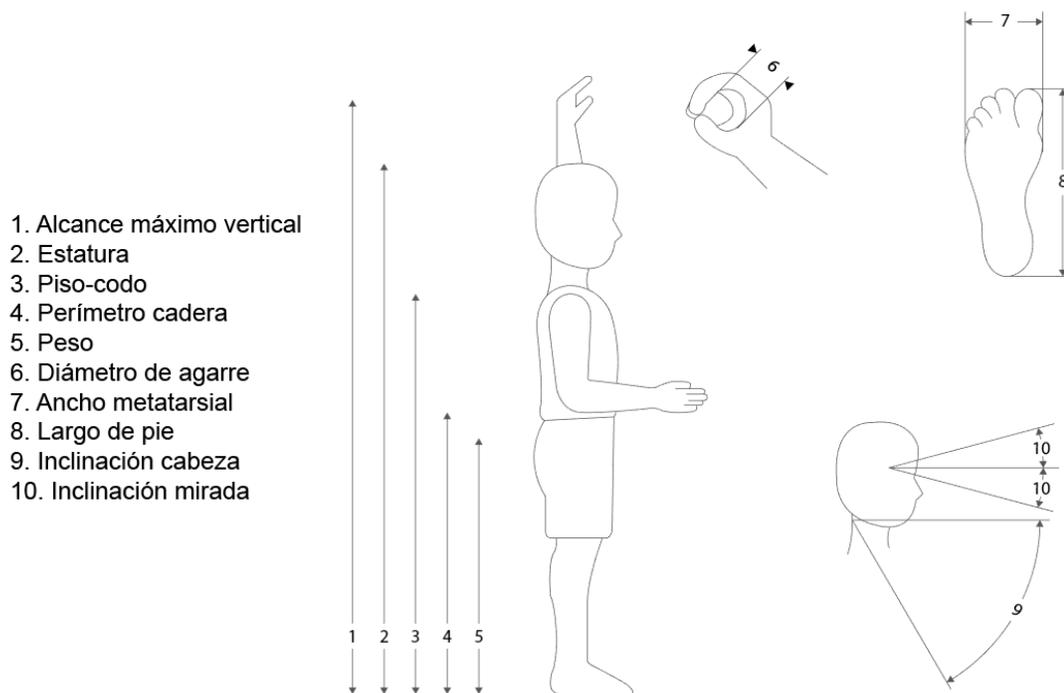


Ilustración 44. Guía de medidas a utilizar

- Inclínación máxima de cabeza y de vista.

Media Antropométrica	P=
Inclínación de cabeza	40°- 0°- 50°
Inclínación de vista	15°- 0°- 15°

Tabla 7. Medidas antropométricas cabeza

- Percentil 5 para niños y niñas entre 5 y 6 años

Medida Niños	P=5
Alcance Vertical Máximo	140.2
Estatura	114.0
Piso-Codo	68.9
Perímetro cadera	64.6
Peso	23.2
Diámetro de agarre	2.8
Ancho Metatarsial	7.0
Largo de Pie	17.5

Medida Niñas	P=5
Alcance Vertical Máximo	136.6
Estatura	112.1
Piso-Codo	67.8
Perímetro cadera	61.8
Peso	20.9
Diámetro de agarre	3.0
Ancho Metatarsial	6.3
Largo de Pie	17.1

Tabla 8. Medidas antropométricas 5 y 6 años

- Percentil 50 para niños y niñas entre 7 y 8 años

Medida Niños	P=50
Alcance Vertical Máximo	155.5
Estatura	125.7
Piso-Codo	76.3
Perímetro cadera	69.1
Peso	25.5
Diámetro de agarre	3.1
Ancho Metatarsial	7.3
Largo de Pie	19.7

Medida Niñas	P=50
Alcance Vertical Máximo	154.4
Estatura	124.6
Piso-Codo	75.3
Perímetro cadera	69.1
Peso	24.4
Diámetro de agarre	3.0
Ancho Metatarsial	5.9
Largo de Pie	19.0

Tabla 9. Medidas antropométricas 7 y 8 años

- Percentil 95 para niños y niñas entre 10 y 12 años

Medida Niños	P=95	Medida Niñas	P=95
Alcance Vertical Máximo	171.2	Alcance Vertical Máximo	183.2
Estatura	137.2	Estatura	153.8
Piso-Codo	85.3	Piso-Codo	106.0
Perímetro cadera	74.5	Perímetro cadera	78.4
Peso	32.8	Peso	31.2
Diámetro de agarre	3.9	Diámetro de agarre	4.1
Ancho Metatarsial	8.2	Ancho Metatarsial	7.9
Largo de Pie	23.3	Largo de Pie	22.2

Tabla 10. Medidas antropométricas 10 y 12 años

## 7.6. Programación

Se plantea la programación de el o los juegos en el software Processing, dada su compatibilidad con varios sistemas operativos, con Arduino y su rapidez de prototipado de alternativas, con la ayuda de Juan Carlos Solano.

## 7.7. Espacio de exposición

La exhibición 'Matemática Divertida' comprenderá varias salas. La sala que albergará el producto cumple con los siguientes precisiones.

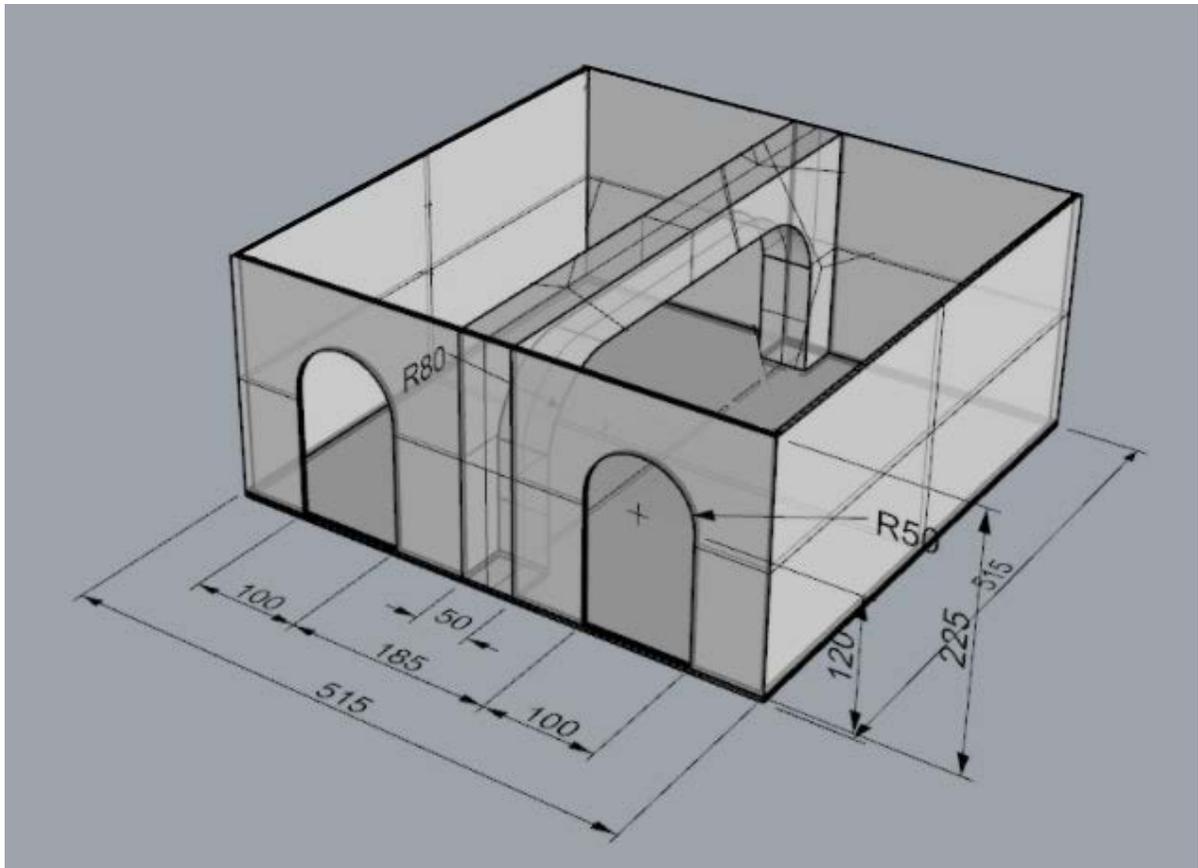


Ilustración 45. Medidas de la sala

---

## 8. Definición del Concepto

---

### 8.1. ¿Qué se quiere evitar?

Se quiere evitar el efecto 'Brócoli cubierto de chocolate'; un sistema donde a primera vista resulta encantado y atrayente y que, al involucrarse el usuario, resulta ser más de lo mismo.

### 8.2. ¿Qué se quiere generar?

Se busca generar, en cambio, el 'Efecto Dona', imagen bien recibida por todos. Cada dona genera esa incertidumbre por lo desconocido, en este caso el relleno. El glaseado o carcasa, invitan al usuario a probar, generan el reto a intentarlo. Provoca inquietud y expectativas.

Llegar a ese dulce relleno, induce una satisfacción nueva cada vez, renovando esa sensación y formando la emoción de querer volverlo a hacer, una y otra vez...



*Ilustración 46. Doña rellena*

---

## **9. Desarrollo de alternativas**

---

### **9.1. Dinámica de juego**

Una gran parte del desarrollo de este proyecto, fue buscar qué actividades matemáticas tradicionales permitían un método alternativo de ejecución con los mismos resultados satisfactorios.

Para ello, se analizó qué tipo de acciones o movimientos se realizaba en las máquinas seleccionadas en el capítulo 5.4.4., y de ellas se derivaron opciones de juego en base a la información y colaboración aportada por el departamento de Matemáticas del Instituto Tecnológico de Costa Rica, para un total de 26 posibles minijuegos.

En el apartado de anexos se encuentra el desplegable del análisis de minijuegos y el desplegable de la matriz de selección.

## 9.2. Interfaz física de juego

Muy de la mano con la dinámica seleccionada y en base a la frase semántica vista en el capítulo 7.1., se proponen conceptos perceptuales basados en las máquinas de arcade.

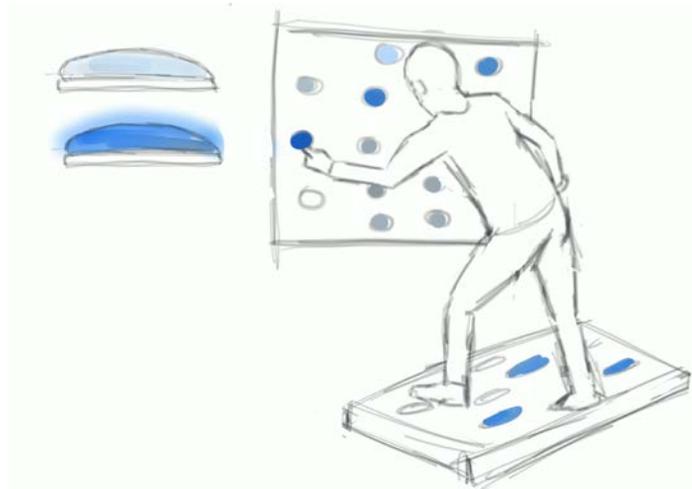


Ilustración 47. Propuesta. Panel de luces

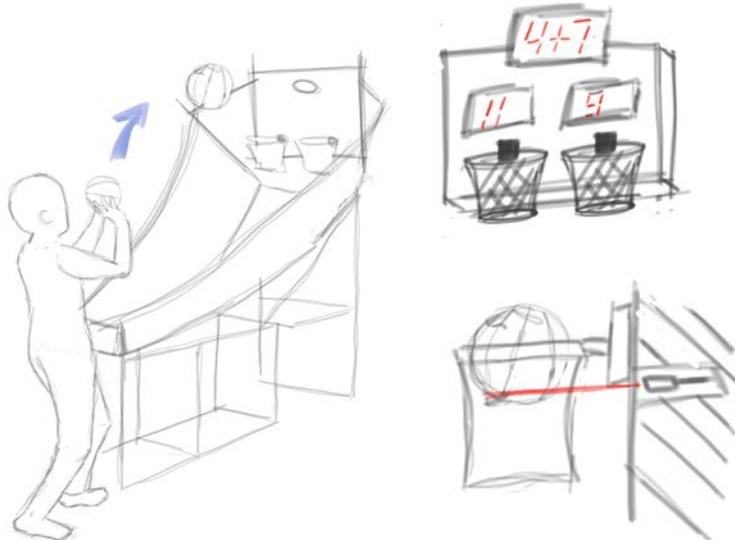


Ilustración 48. Propuesta. Basket

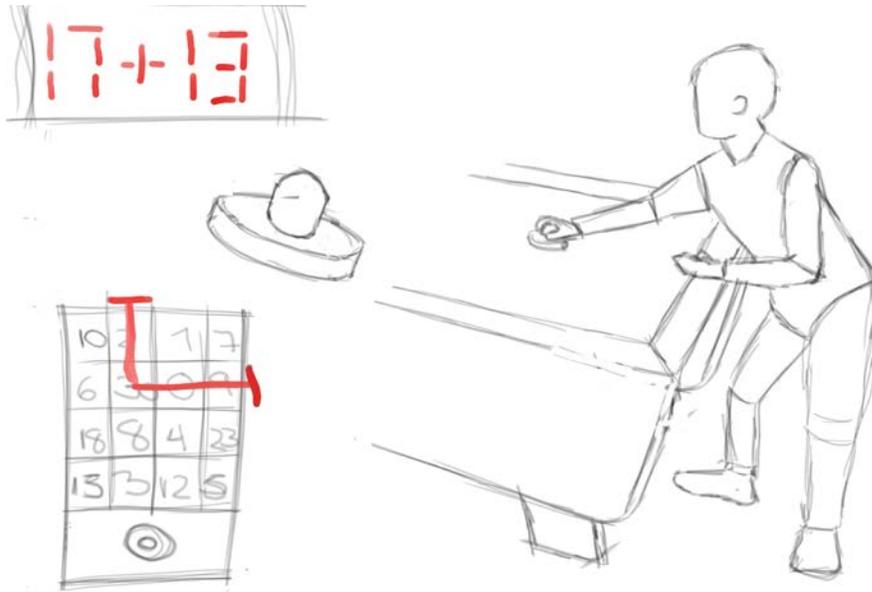


Ilustración 49. Propuesta. Shuffleboard

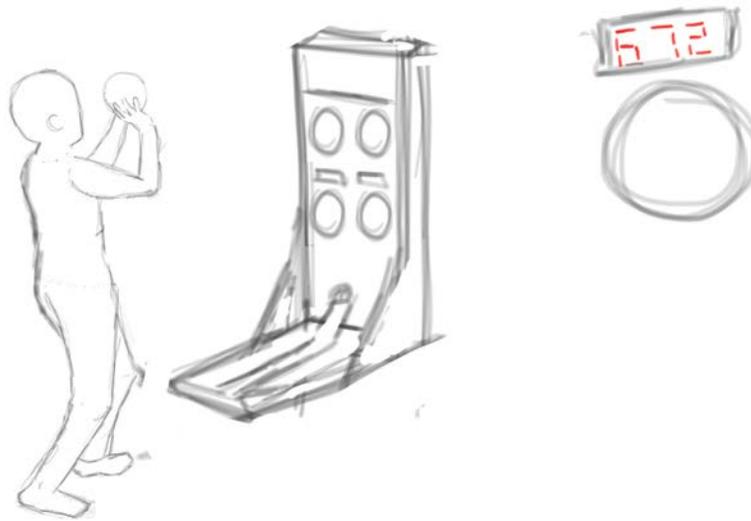
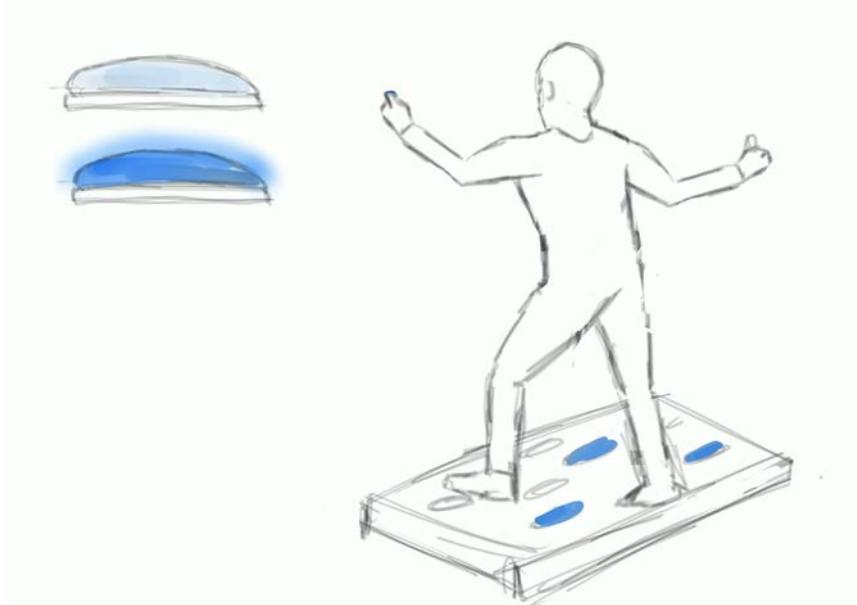
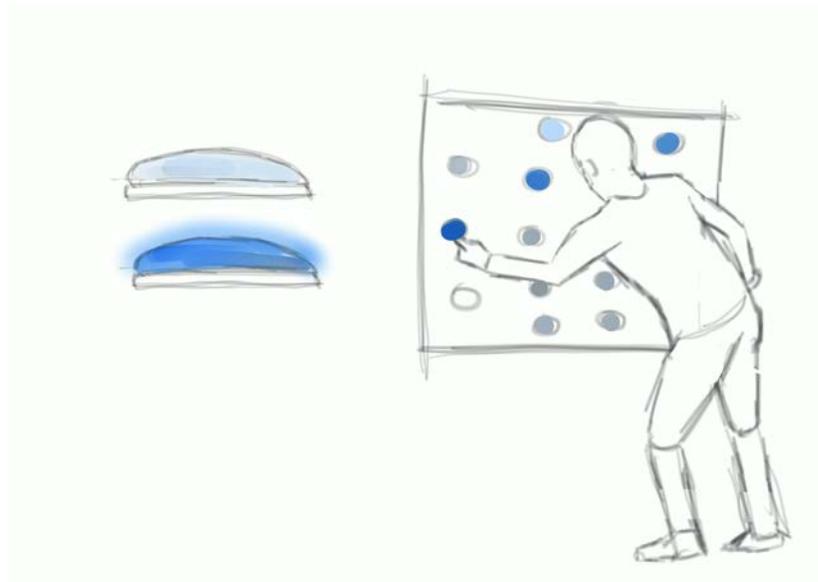


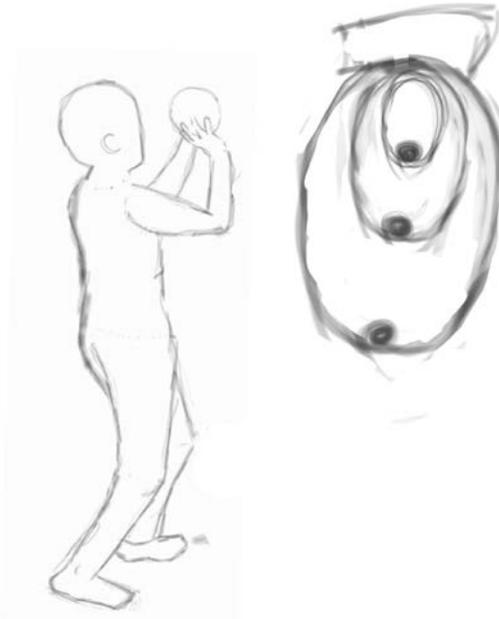
Ilustración 50. Propuesta. Feeding time



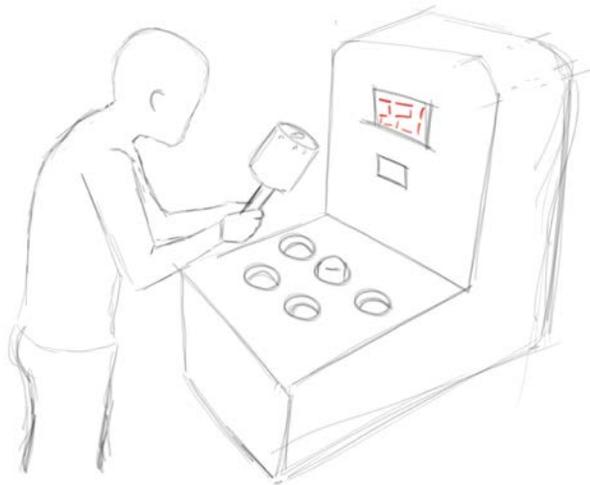
*Ilustración 51. Propuesta. Tablero de luces*



*Ilustración 52. Propuesta. Pared de luces*



*Ilustración 53. Propuesta. Boliche*



*Ilustración 54. Propuesta. Whack-a-mole*

---

### 9.3. Interfaz gráfica de juego

Con la colaboración de Juan Carlos Solano, programador del departamento de Innovación y Tecnología del Museo de los Niños, se realiza una versión funcional de uno de los minijuegos, “La *mayor* carrera del mundo en el *menor* tiempo posible”. Las otras cinco opciones de minijuego, se presentan como una versión prototípica, incluyendo su gráfica y spritesheet de elementos.

#### 9.3.1. $1+2=3$

Minijuego donde al usuario se le presentarán varias operaciones con resultado 1, 2 o 3. El nivel de dificultad se verá determinado por la cantidad de factores de dicha operación.

#### 9.3.2. El símbolo que falta

Se le presentará al usuario una operación con un espacio en blanco para el operador. Deberá dibujarse el símbolo del operador faltante. El nivel de dificultad se verá determinado por la complejidad de la operación.

#### 9.3.3. Los ahorros en el chanchito

Se muestra una silueta de una alcancía de cerdito con una cifra. El usuario deberá alcanzar la cantidad sumando las divisas que se presentan en el tablero. El nivel de dificultad se verá determinado por la cifra a alcanzar en el menor tiempo posible.

#### 9.3.4. ¡Vamos al súper!

Minijuego donde al usuario se le presentará una lista de compras con varios objetos y deberá alcanzar la totalidad de la lista sumando las divisas que se presentan en el tablero. El nivel de dificultad se verá determinado por la extensión de la lista.

#### 9.3.5. La mayor carrera del mundo en el menor tiempo posible

Minijuego donde el usuario deberá mantener un ritmo constante pisando los botones de izquierda y derecha para huir de la roca que le persigue. Cuando esta pregunte por

una operación, el usuario deberá indicar si es mayor (saltando al botón superior) o menor (saltando al botón inferior). El nivel de dificultad se verá determinado por la cantidad de tiempo restante para cumplir un objetivo.

### 9.3.6. ¿Cómo llego?

Al usuario se le otorgará una cantidad limitada de combustible y dos puntos en el mapa. Deberá encontrar la mejor ruta para llegar y cubrir esa distancia. El nivel de dificultad se verá determinado por el mapa generado aleatoriamente.

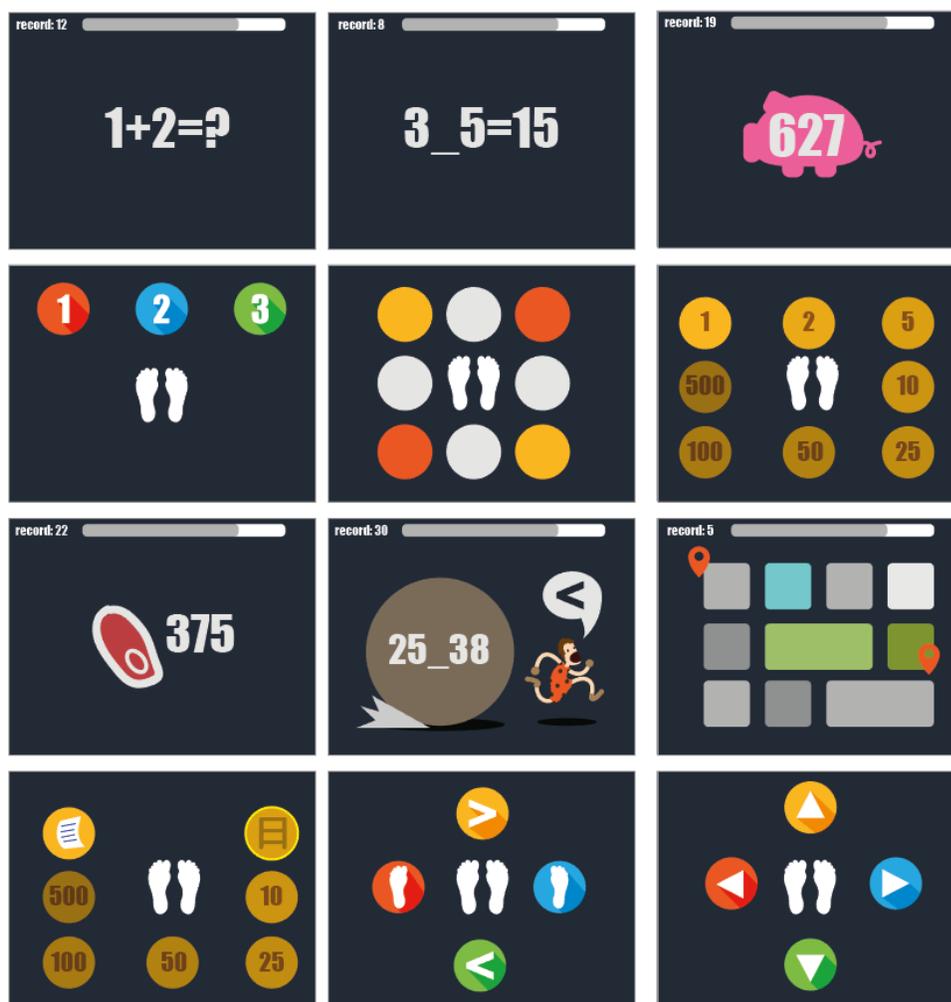
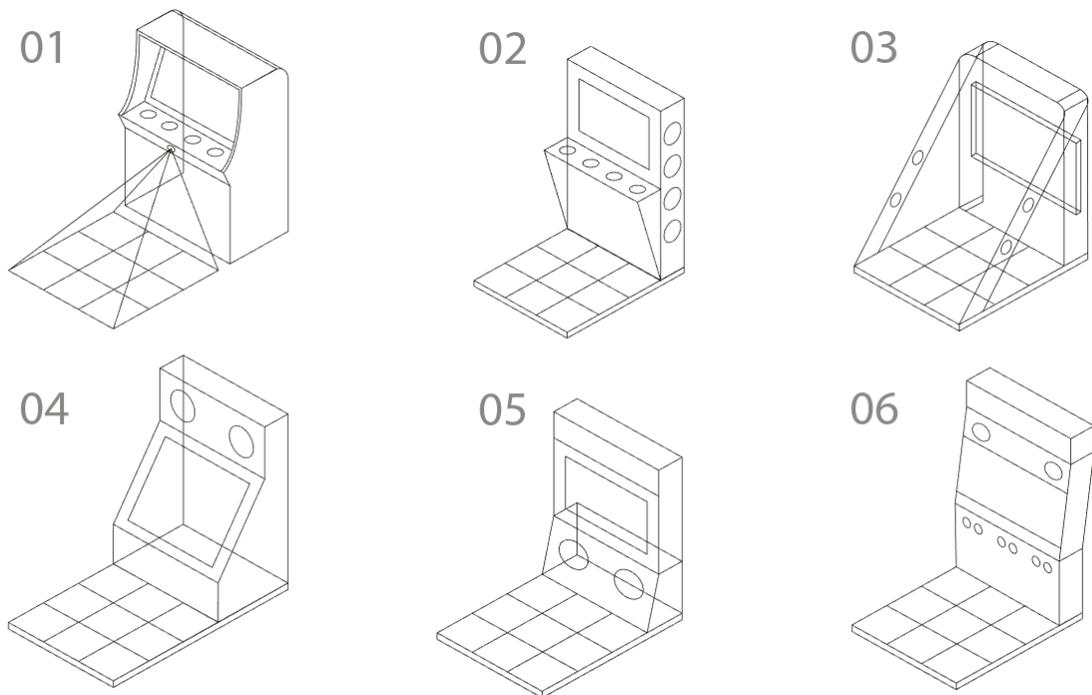


Ilustración 55. Propuesta. Interfaz gráfica de minijuegos

## 10. Selección de la propuesta de diseño

Una vez definida la topología básica en los pasos anteriores, la propuesta toma una línea evolutiva, cuando se detecta que las 6 posibilidades de juego podían adaptarse a un mismo tablero.

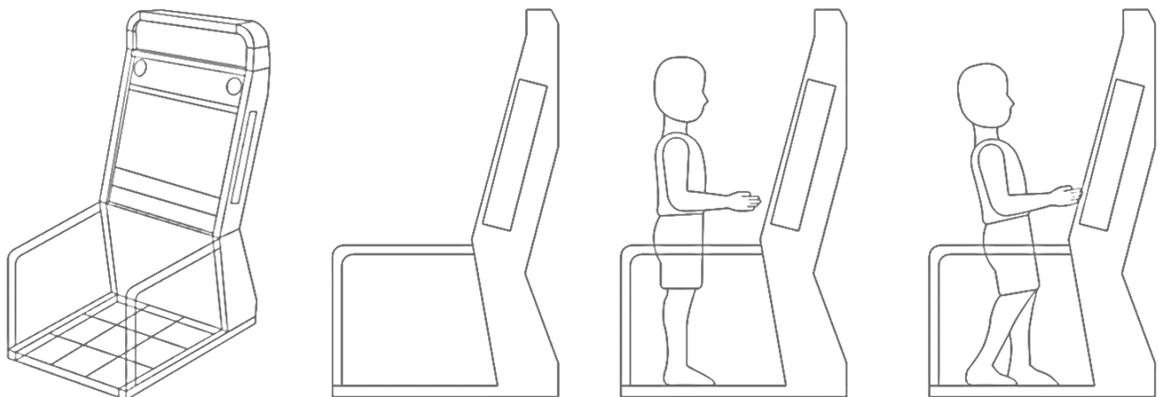


*Ilustración 56. Evolución de interfaz física del producto*

- La opción 1 presentaba la opción de proyección de tablero, tecnología muy imprecisa, por lo que es descartada.
- La opción 2 no muestra una integración entre la parte audiovisual y la interfaz de juego.
- La opción 3 utiliza la tecnología de audio envolvente, pero la ubicación de los altavoces puede interferir en la realización de la actividad.

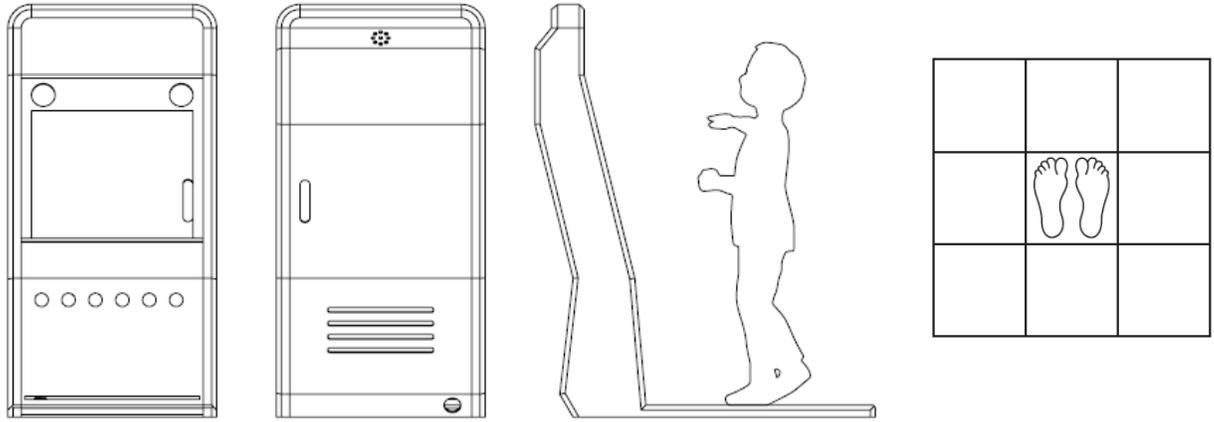
- La opción 4 resulta una integradora de todos los elementos, pero es muy voluminosa y la sala no cuenta con tanto espacio físico.
- La opción 5 se transforma en una versión estilizada de la anterior, pero asume una posición vertical, impidiendo una cómoda postura para el usuario.
- La opción 6 y, sobre la que se continúa el desarrollo de la propuesta, maneja una integración de las partes, una forma estilizada y una correcta inclinación del display para el uso cómodo del usuario.

Ya decidida la integración de los 6 minijuegos al mismo tablero, se comienza a estilizar dicha estructura y a hacerse correcciones fundadas en el usuario en contexto.



*Ilustración 57. Usuario en contexto propuesta antes de revisión*

La propuesta elegida muestra ciertas inclinaciones en el display para mayor comodidad visual, pero denota fallas en tanto a la interacción física, donde imposibilitaría el correcto movimiento durante el desarrollo de la actividad. Se procede a corregir esta inclinación del panel inferior para mantener el ángulo del panel audiovisual.



*Ilustración 58. Usuario en contexto propuesta después de revisión*

Se analiza el ángulo de inclinación de la cabeza del usuario contra la inclinación del panel y se corrige el espacio de movilidad de las rodillas para la realización de la actividad.

La posición central del tablero es la zona de reposo donde el usuario realiza la selección del juego. Las 8 zonas alrededor son las áreas de botones.

---

## 11. Detalle de propuesta final

---

La propuesta final integra una carcasa de madera con acabados en los bordes, pintura y vinil adhesivo para detalles.



*Ilustración 59. Propuesta final*

Como componentes electrónicos, cuenta con ocho pulsadores de 80mm para el tablero del suelo como controladores del minijuego en curso y seis de 50mm en el tablero superior como selectores de minijuego.



*Ilustración 60. Detalle de tablero*

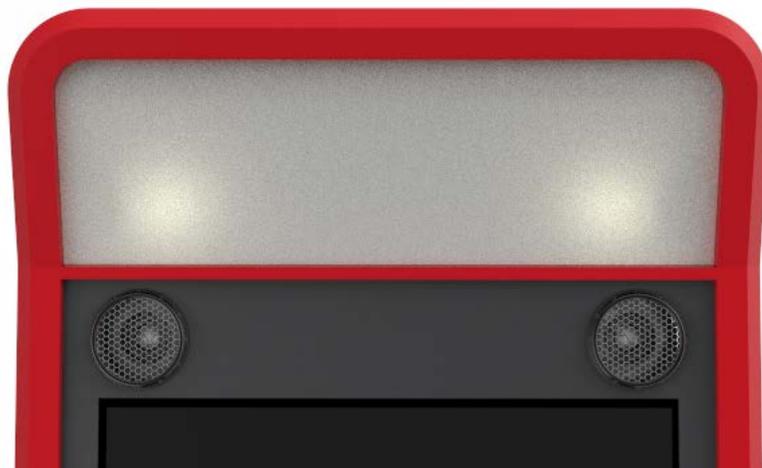
---

El rubro audiovisual está cubierto por dos altavoces estéreo ubicados en la parte superior y una pantalla en proporción 4:3 de 32”.



*Ilustración 61. Detalle de altavoz*

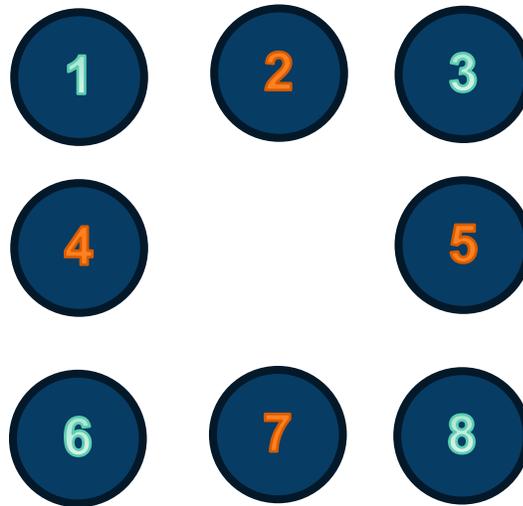
En la parte superior, un tablero de acrílico lechoso retro iluminado mediante lámparas led o fluorescentes, para simular los rótulos de neón de los salones *arcade*.



*Ilustración 62. Detalle luminaria*

---

El juego escogido para la presentación utiliza los botones 2, 4, 5 y 7, con la siguiente distribución.



*Ilustración 63. Distribución de tablero*



*Ilustración 64. Detalle de instrucciones de tablero*

El estilo gráfico, adaptado a las reglas vistas en el capítulo 3.17., comprende los siguientes elementos.

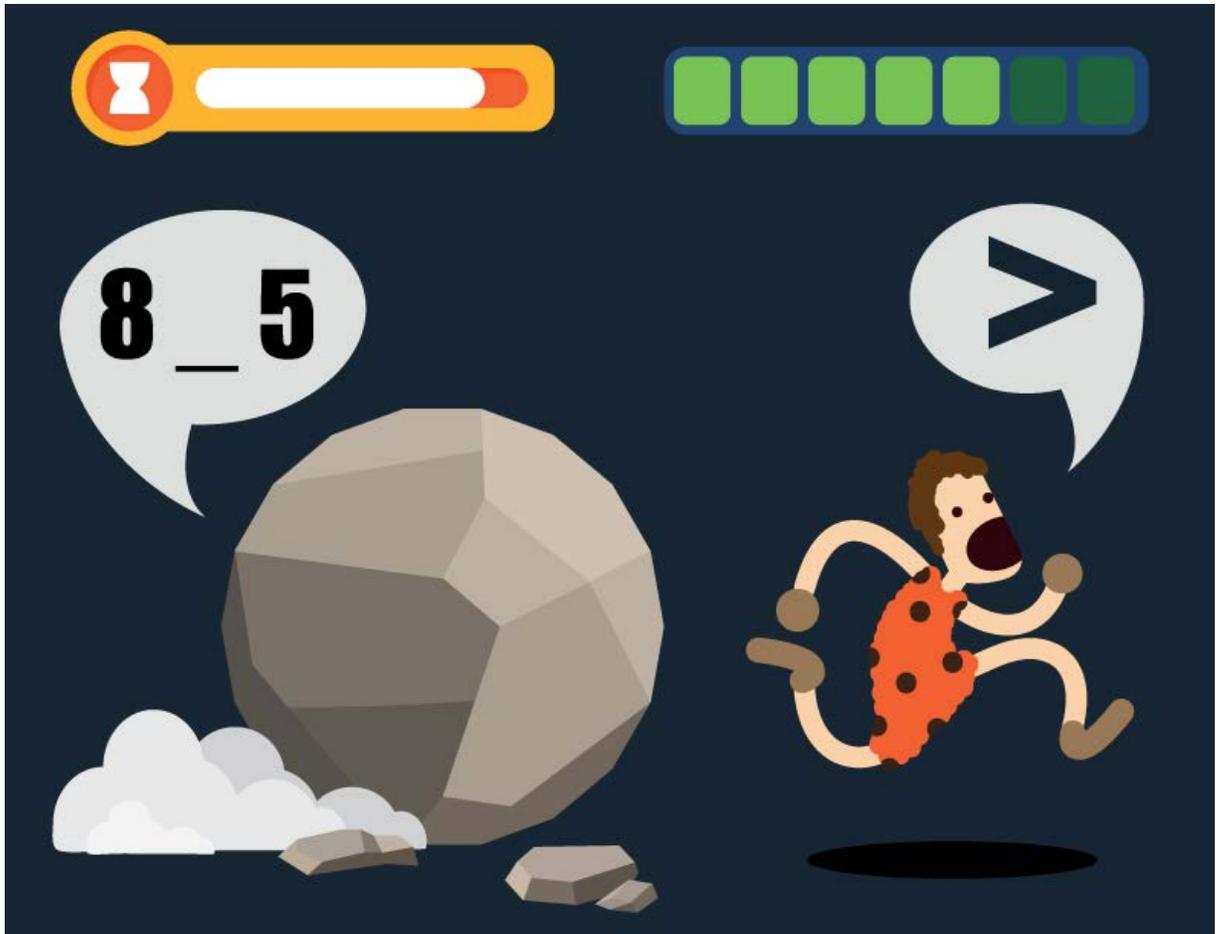
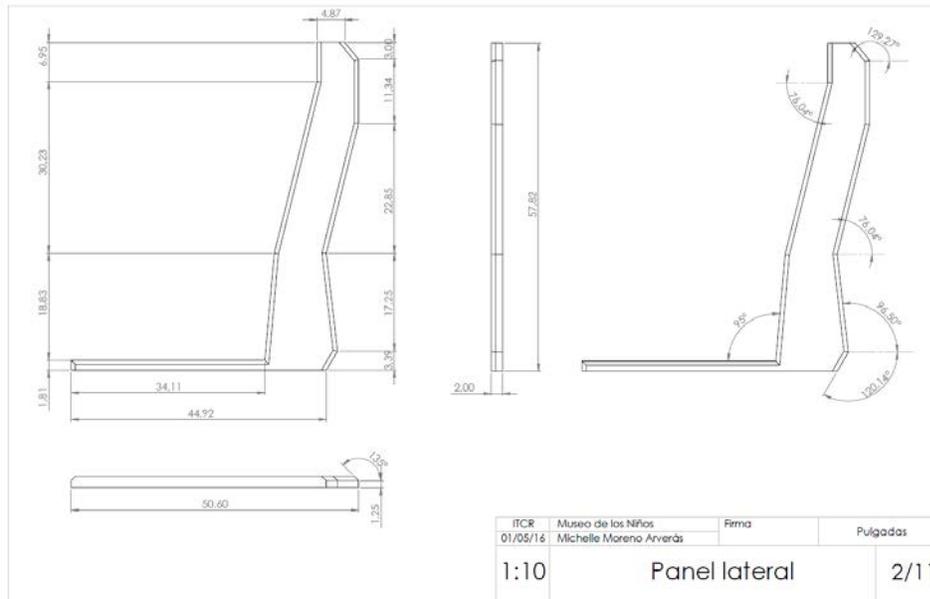
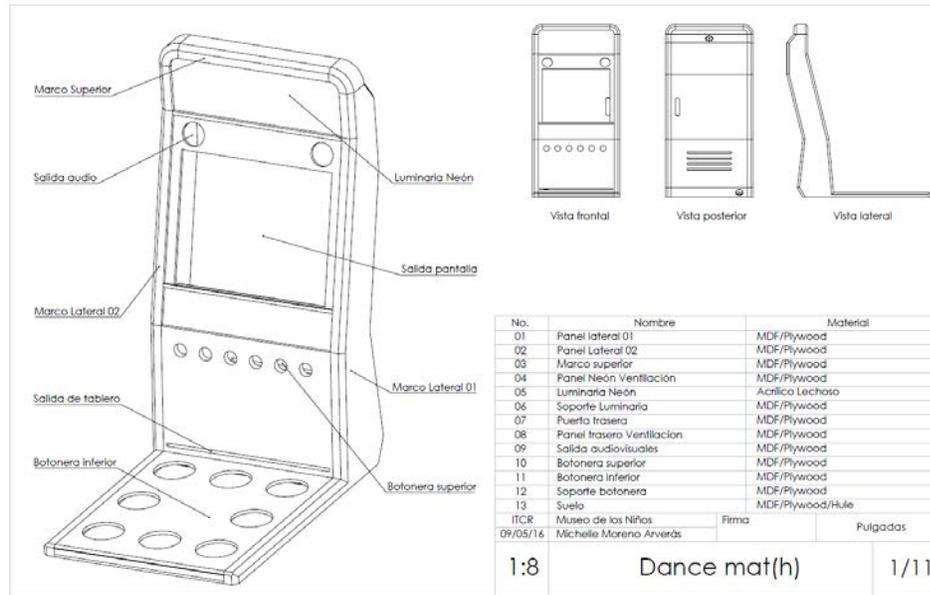
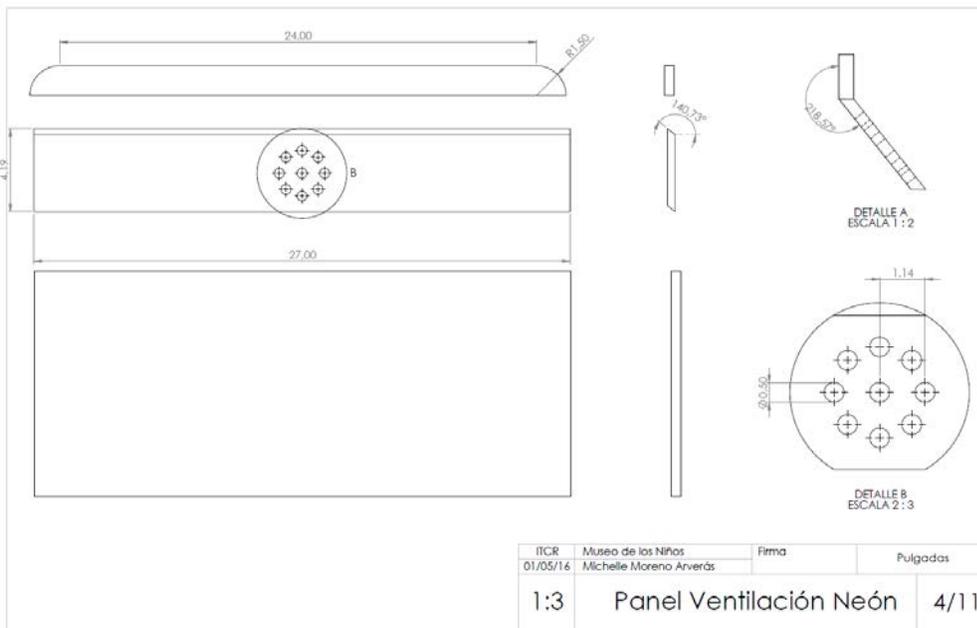
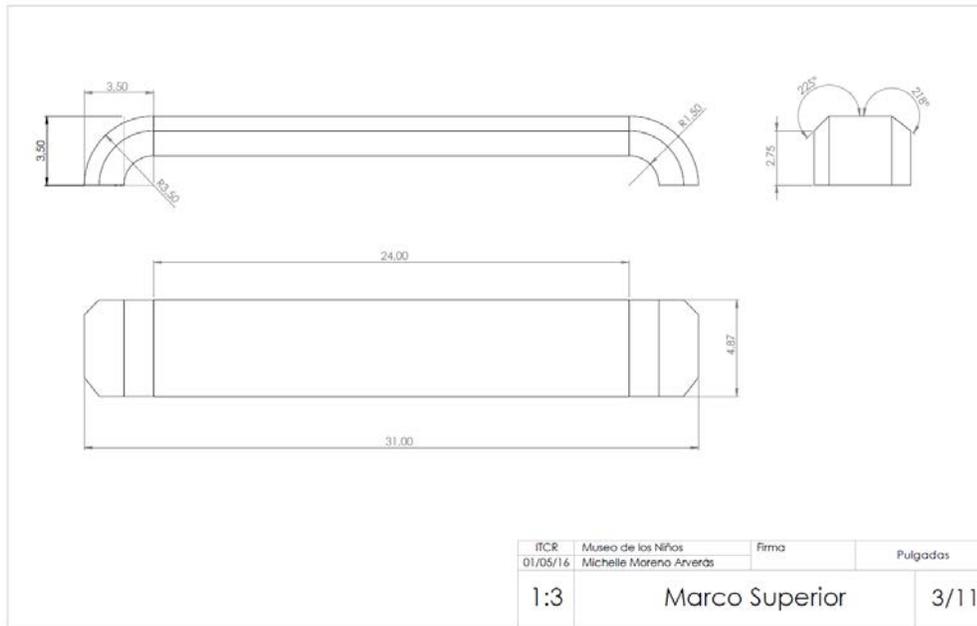


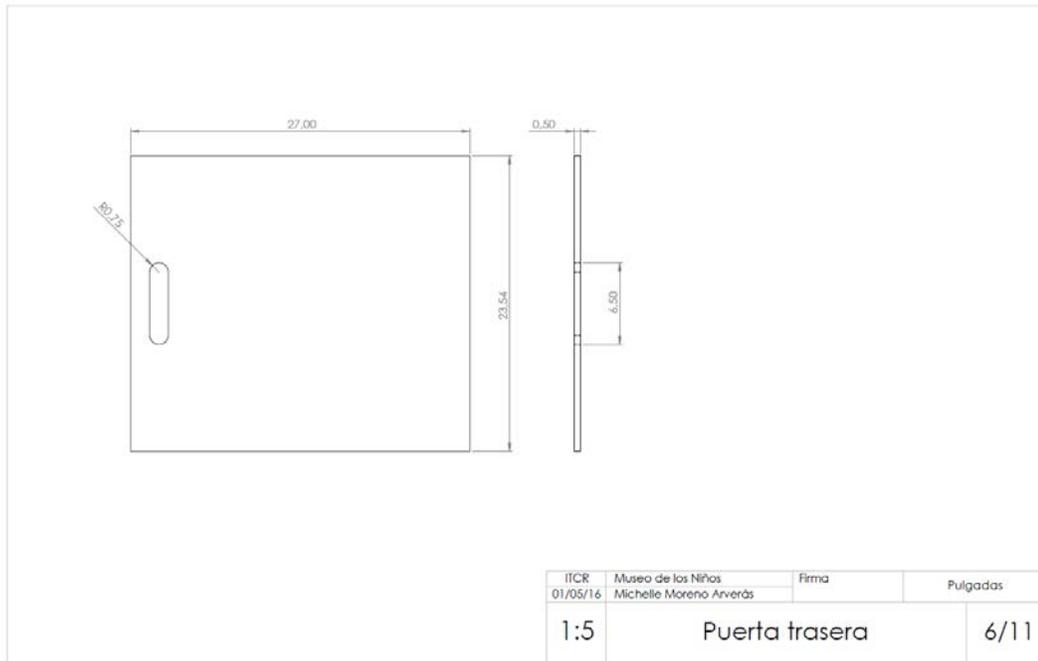
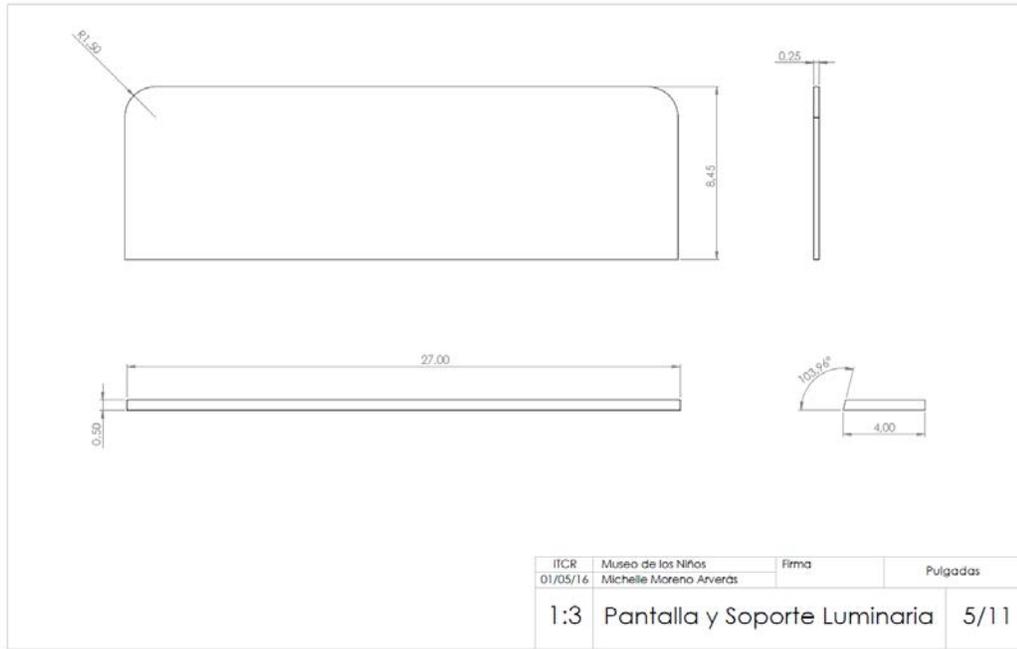
Ilustración 65. Vista de juego en pantalla

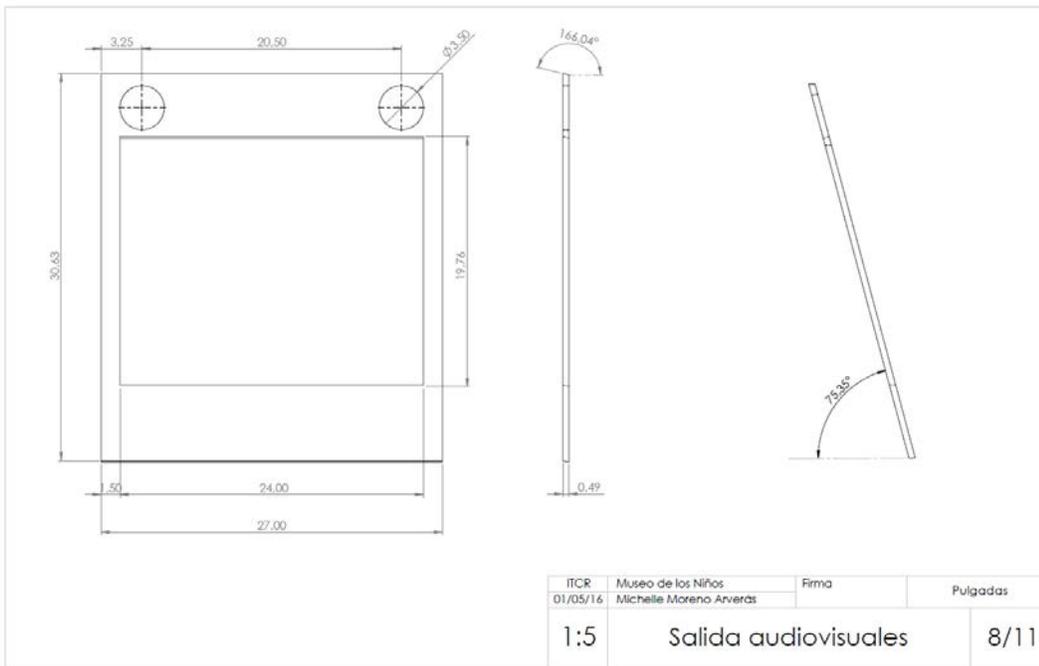
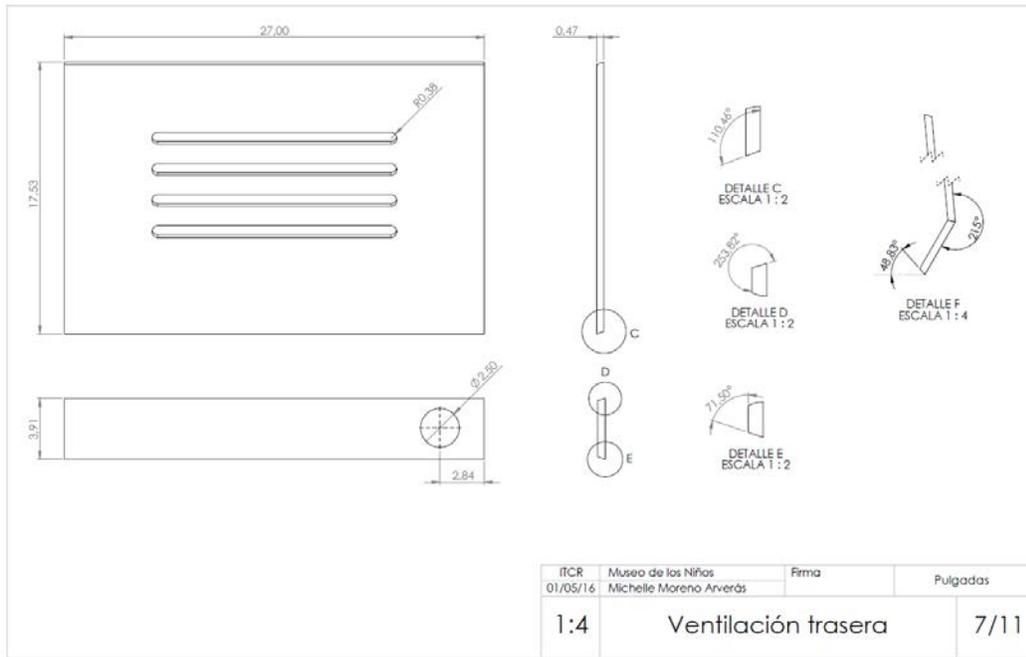
## 12. Planos

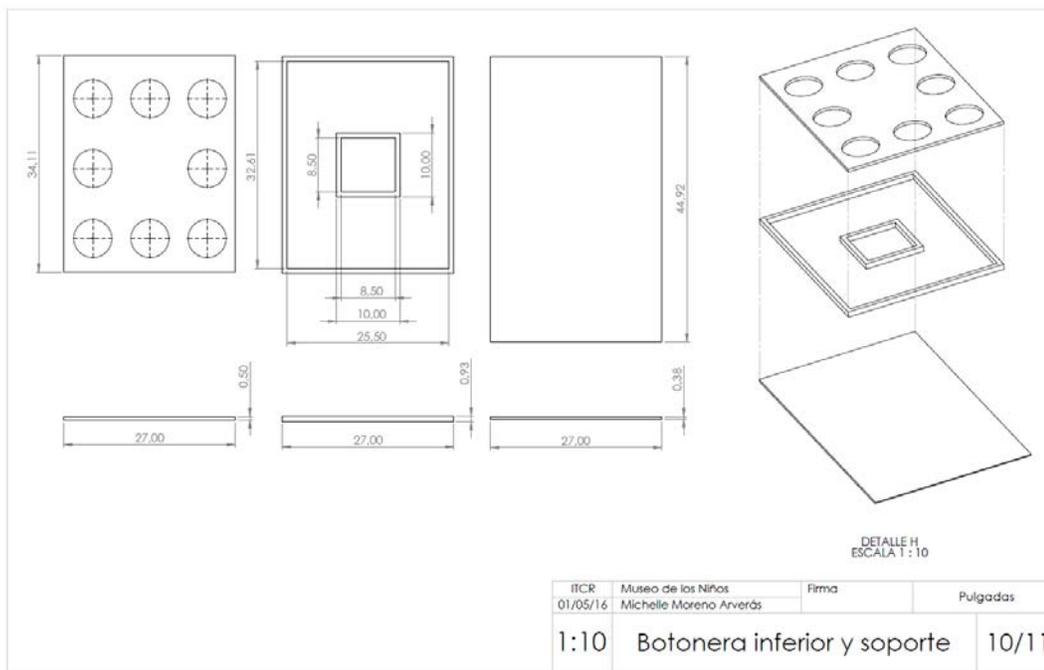
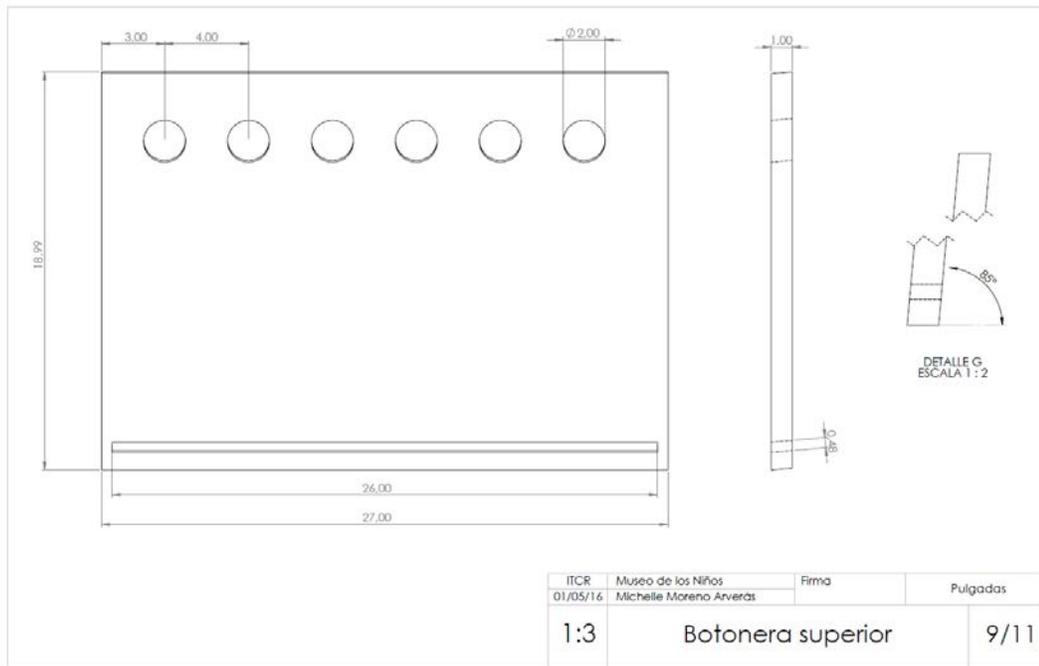
Se adjuntan como desplegables en la sección de anexos.











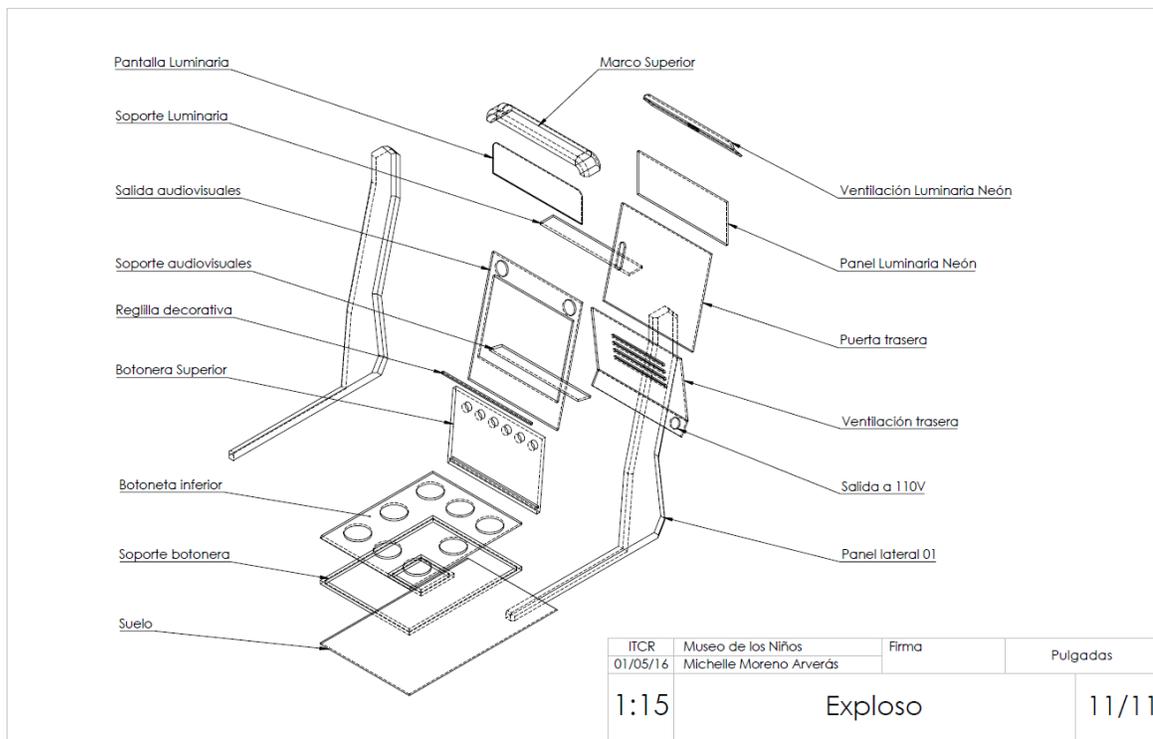


Ilustración 66. Vistas de los planos. Página 1 a la 11

---

## **13. Aportes del proyecto**

---

### **13.1. Humor**

El proyecto, más allá de querer llegar sólo al público primario, quiere integrar a toda la familia atacando otros puntos como lo son la nostalgia, el humor y la picardía que envuelven los videojuegos, muchas veces mal vistos por la sociedad. Esto se logra mediante una semántica retro y con dinámicas fuera de lo común para el cumplimiento de tareas sencillas.

### **13.2. Aprendizaje implícito**

El slogan “La magia de aprender jugando” no está muy lejos de la realidad. Mediante el juego, un usuario olvida el mundo a su alrededor. ¿Qué mejor forma de enseñar algo cuando el usuario está en un estado de abstracción de agentes externos y tenemos toda su concentración?

### **13.3. Gradientes de mejora**

Se consideran variables o extensiones de proyecto, tales como la utilización de botones con display interno, el uso de pantallas táctiles para minimizar costos en botoneras y estructura, la implementación de este proyecto para exhibiciones itinerantes, mejoras en el diseño para un mejor rendimiento del material y programación final de las otras cinco variantes de minijuego.

---

## **14. Conclusiones y recomendaciones**

---

### **14.1. Conclusiones**

Puede que la misma estigmatización de las matemáticas haya generado dificultades a la hora del diseño de las dinámicas de juego. ¿Cómo convertir algo “odiado” por todos en un nuevo mundo?, ¿Cómo cambiar una idea tan arraigada en la cultura costarricense como lo que “el que sabe matemáticas es inteligente”?, ¿Cómo explicar que no es así, que existen muchos tipos de inteligencias más allá de la única que se utiliza para medir la eficiencia?

Fuera de la academia, los plazos de entrega son más cortos, comprimiendo seis meses dentro de 30 días y las ideas van y vienen. Para obtener un proyecto exitoso, se debe identificar el problema desde un punto de vista del usuario.

### **14.2. Recomendaciones**

Uno de los aspectos que consume innecesariamente el tiempo de un proyectista, tanto en academia como fuera de ella, independientemente de la región donde trabaje, es la búsqueda de componentes o materiales e información técnica sobre ellas. Se recomienda para futuros proyectos mantener una base de datos comunitaria actualizada para que sea consultada por generaciones venideras.

Se recomienda seguir la metodología de revisión de pasos para las gradientes de mejora, el desarrollo de otras dinámicas y el involucramiento de juegos multijugador.

---

## 15. Bibliografía

---

- Abella, B. (2010). *Diseño de exposiciones. Concepto, instalación y montaje*. Museología y Museografía. Madrid: Universidad Nacional Estatal a Distancia.
- Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González Muñoz, E. L. (2006). *Dimensiones antropométricas. Población Latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile, Venezuela*. Guadalajara: Centro de Investigaciones en Ergonomía de la Universidad de Guadalajara.
- Barrios, L., & López, M. Á. (2011). Aportes del ejercicio físico a la actividad cerebral. *EFDeportes*, 16(160), 50-62.
- BBC Redacción. (19 de Abril de 2015). *British Broadcasting Corporation*. Obtenido de BBC Mundo:  
[http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/04/150417\\_deportes\\_en\\_forma\\_ejercicios\\_cerebro\\_vejez\\_cognitivo\\_jmp](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/04/150417_deportes_en_forma_ejercicios_cerebro_vejez_cognitivo_jmp)
- Centro Costarricense de Ciencia y Cultura. (2014). *Museo de los Niños*. Obtenido de Centro Costarricense de Ciencia y Cultura: <https://www.museocr.org/>
- Chacón, P. (2001). *El juego didáctico como estrategia de enseñanza y aprendizaje*. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Children's Museum of Atlanta. (2016). *Children's Museum of Atlanta*. Obtenido de Children's Museum of Atlanta: <http://childrensmuseumatlanta.org/>
- Corbella, J. (25 de Septiembre de 2012). La actividad física mejora la memoria. *La Vanguardia*, pág. 11.
- de Miguel, E. (19 de Octubre de 2001). Los Mejores Juguetes para Cada Edad. *El Mundo*, págs. 22-24.
- Dean, D. (1996). *Museum Exhibition: Theory and Practice*. Londres: Routledge.

- 
- Desmet, P. (05 de Noviembre de 2006). Getting Emotional With Pieter Desmet. (v. Hout, & Marco, Entrevistadores) Holanda.
- Dishman, R., Butt, J., & Chow, J.-Y. (2000). *International Journal of Sport Psychology*. Roma, Italia: Edizioni Luigi Pozzi.
- Drobnic, F., García, À., Roig, M., Gabaldón, S., Torralba, F., Cañada, D., . . . Prat, F. (2013). *La actividad física mejora el aprendizaje y el rendimiento escolar*. Barcelona: Hospital Sant Joan de Déu.
- Eureka! (2015). *Eureka! | The National Children's Museum*. Obtenido de The National Children's Museum: <https://www.eureka.org.uk/>
- Federación Española de Municipios y Provincias. (1970). *Carta Europea del Deporte*. Madrid: Federación Española de Municipios y Provincias.
- Freyholtz, J. (30 de Marzo de 2014). *MobyGames: Game Genres*. Obtenido de MobyGames: <http://www.mobygames.com/>
- Frith, C. (2008). *Descubriendo el poder de la mente: Cómo el cerebro crea nuestro mundo mental*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (1987). *Estructuras de la mente: la teoría de las inteligencias múltiples*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.
- Guthals, S. (18 de Agosto de 2015). A Video Game That Teaches You How To Code. (U. o. California, Entrevistador)
- Howard-Jones, P. (2011). *Investigación Neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: De los contextos a la práctica*. Madrid: La Muralla.
- Howard-Jones, P. (2014). *Neuroscience and Education: A Review of Educational Interventions and Approaches Informed by Neuroscience*. London: University of Bristol.

- 
- Imaginary. (Diciembre de 2008). *Imaginary*. Obtenido de Imaginary: Open Mathematics: <https://imaginary.org/es>
- Miami's Children's Museum. (2014). *Miami's Children's Museum*. Obtenido de Miami's Children's Museum: <http://www.miamichildrensmuseum.org/>
- Munari, B. (1983). *¿Cómo nacen los objetos?* Barcelona: Gustavo Gili.
- Museo Participativo de Ciencias. (2006). *Prohibido No Tocar*. Obtenido de Museo Participativo de Ciencias: <http://www.mpc.org.ar/institucional/index.htm>
- Norman, D. (2005). *El Diseño Emocional. Por qué nos gustan (o no) los objetos cotidianos*. Barcelona: Paidós Ibérica S.A.
- Pivec, M. (2004). *Guidelines for Game-based Learning*. Lengerich, Alemania: Pabst Science Publishers.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española (Vol. XXII)*. Madrid.
- Rojas, M. I. (2000). Aspectos Prácticos de Antropometría. *Paediátrica*, 22-26.
- Tedesco, J. C. (1995). *El nuevo pacto educativo*. Madrid: Grupo Anaya S.A.
- Toffler, A., & Toffler, H. (1995). *La creación de una nueva civilización*. Barcelona: Plaza y Janes Editores.
- Torres, J. C. (2012). ¿Te has preguntado cómo funciona el Kinect? *iNGENet Bitácora*, 28.
- Universidad de Sonora. (2005). *Museo de la Matemática*. Obtenido de Universidad de Sonora: <http://www.mat.uson.mx/sitio/museo.php>
- Zapata, Ó. (1998). *Aprender jugando en la escuela primaria: didáctica de la psicología genética*. México D.F.: Pax.

---

Zeller, T. (5 de Junio de 2005). A Great Idea That's All in the Wrist. *New York Times*, págs. 2-3.

---

## 16. Anexos

---

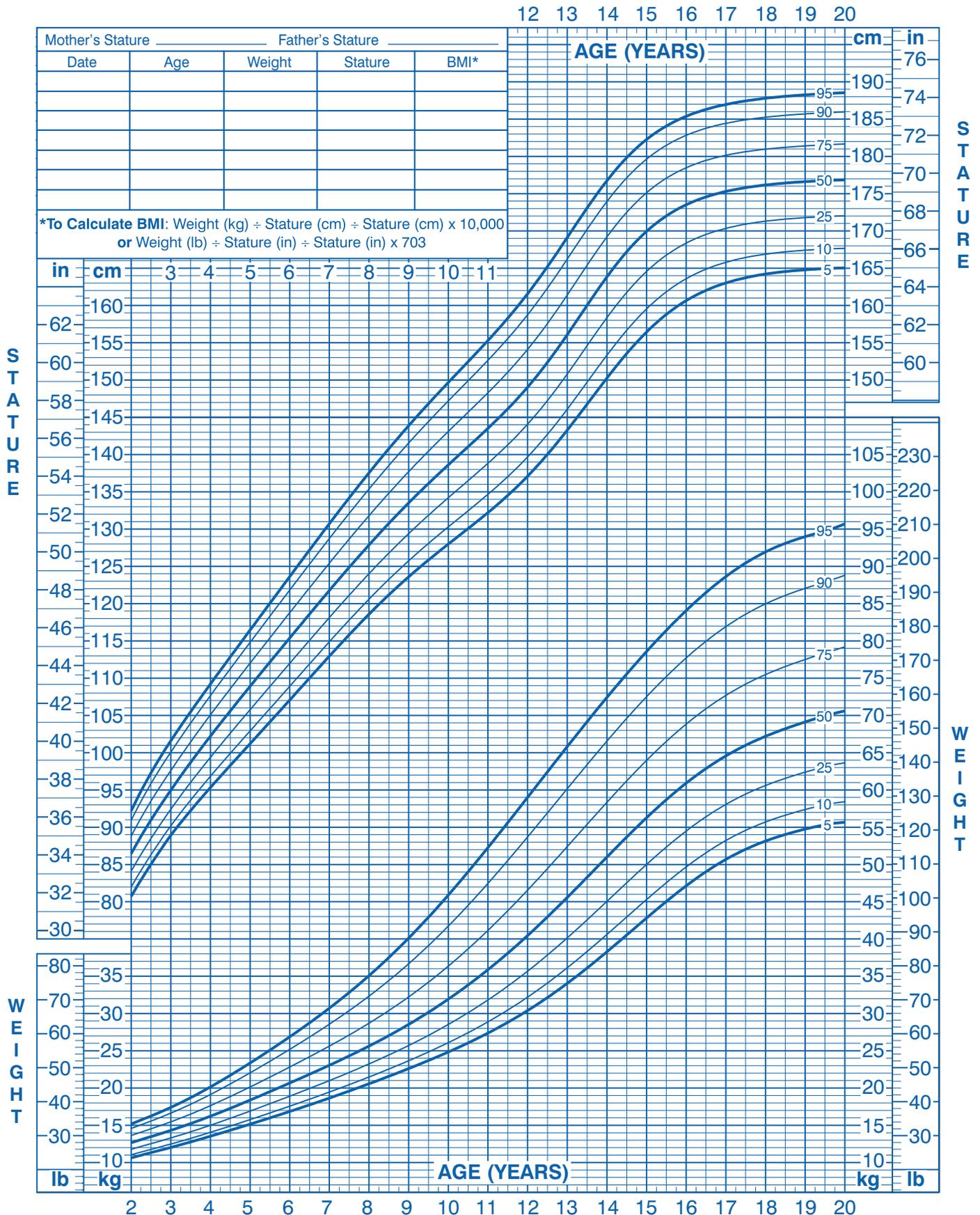
Anexo 1. Hoja estatura peso _____	119
Anexo 2. Dataseet de pulsador _____	120
Anexo 3. Tabla de variables de dinámica _____	121
Anexo 4. Matriz de selección de dinámica _____	122
Anexo 5. Planos constructivos _____	123

# 2 to 20 years: Boys

## Stature-for-age and Weight-for-age percentiles

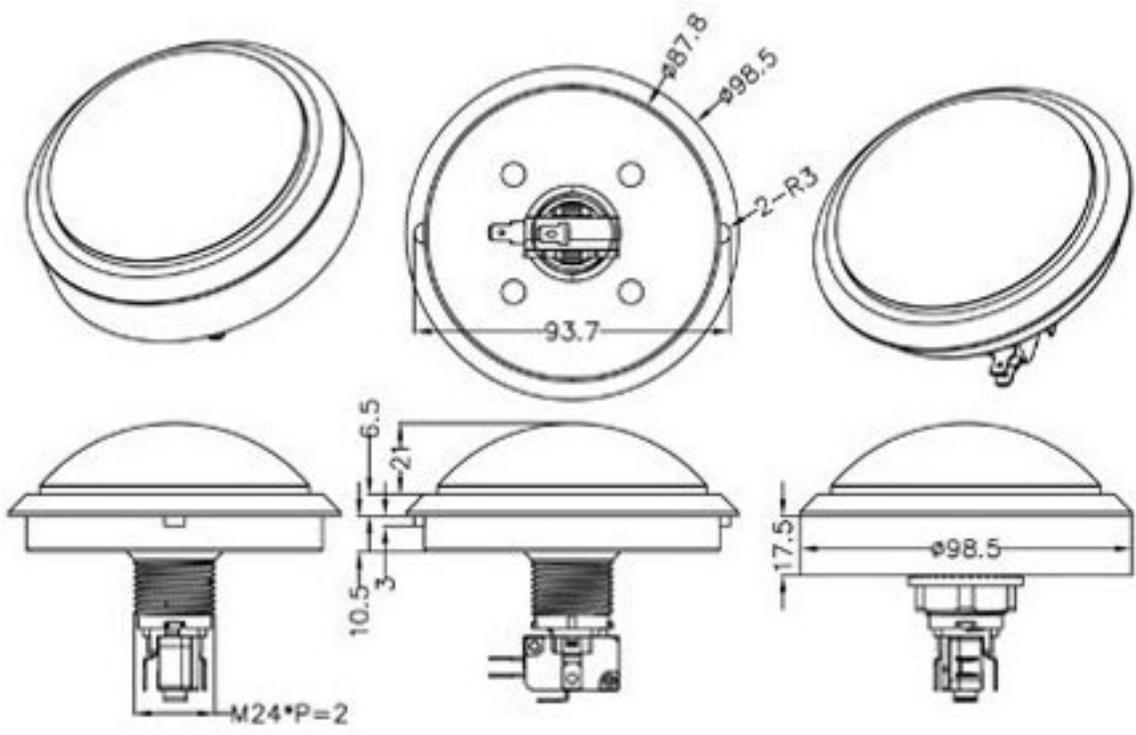
NAME \_\_\_\_\_

RECORD # \_\_\_\_\_



Published May 30, 2000 (modified 11/21/00).  
 SOURCE: Developed by the National Center for Health Statistics in collaboration with  
 the National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (2000).  
<http://www.cdc.gov/growthcharts>





Tipo	Shuffleboard	BeeBee Boppin	Whac-a-mole	BasketBall	Bolos	Speed of light	Feeding Time	Boink!
------	--------------	---------------	-------------	------------	-------	----------------	--------------	--------

Descripción

Tablero deslizante para dos jugadores donde debe expulsarse el puk del contrincante de la superficie.

Suelo con botones luminosos que deben ser pisados al encenderse las luces o cuando así lo indique la pantalla.

Los "topos" aparecen aleatoriamente y deben aplastarse.

Juego de baloncesto con un tiempo límite en el que se debe encestar la mayor cantidad de veces.

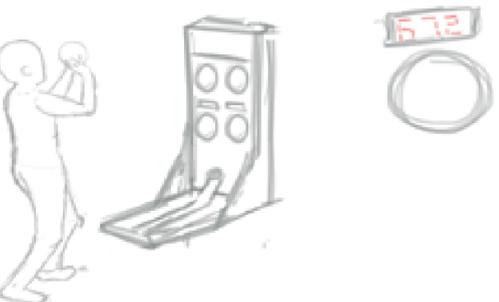
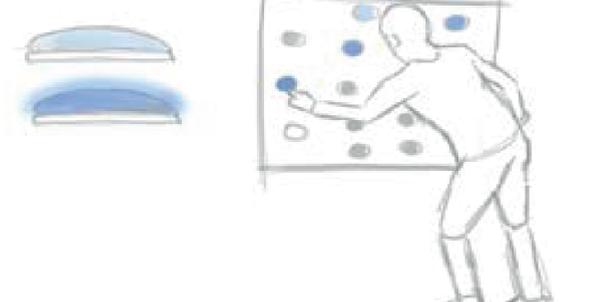
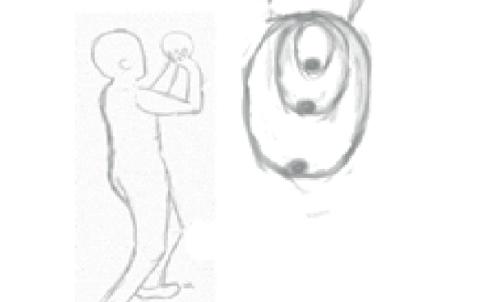
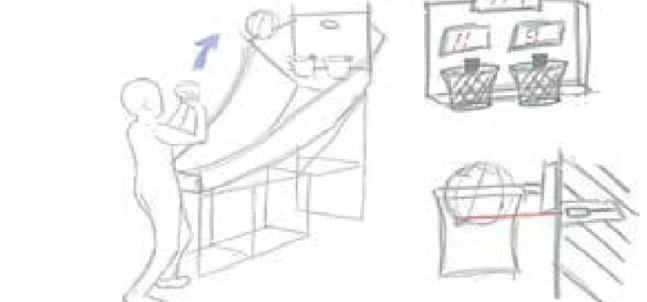
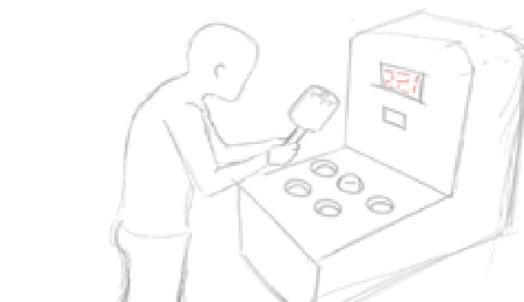
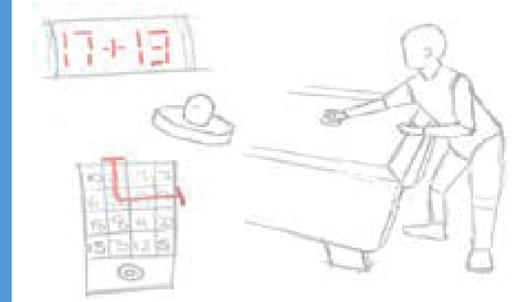
Varios aros con valores asignados o uso de bolas.

Tablero de luces que se encienden y conforme el usuario los presiona acelera la velocidad.

Cuatro cestas con valores con puntaes diferentes.

Suelo y panel con botones luminosos que deben ser pisados al encenderse las luces o cuando así lo indique la pantalla.

Esquema



Variante #1

1. Tablero deslizante con marcas numéricas. Se lanza una ficha verde, ese sería el número final. Se lanzan dos fichas más (azul y amarilla) para lograr la suma o resta que indique.

3. Suelo con varios botones industriales que tienen sus valores asignados. Se debe lograr alcanzar el número mostrado en pantalla en la menor cantidad de toques posibles.

6. Seis casillas con los valores de las monedas nacionales. Se debe lograr la sumatoria para el "pasaje del bus" mostrado en pantalla. Pueden aparecer valores que alteren el resultado.

9. Se tiene un par de canastas y un tableto. Botón inicial levanta palanca y cae un balón. Pantalla principal muestra una operación y cada pantalla sobre las canastas una posible respuesta.

11. Varios círculos con pantallas con números, responden a pantalla con operación.

13. Tablero de luces touch de 6x4. Traducción de reloj digital al reloj binario. Introducción muestra los valores de cada casilla antes de desaparecer. Casillas seleccionadas solo se iluminan. Se debe responder en un tiempo determinado.

16. Seis o cuatro casillas con valores numéricos asignados (pantalla), se debe encestar en cada agujero para lograr el valor asignado en la menor cantidad de tiros posibles.

18. Suelo con botones que muestran símbolos matemáticos. Panel con botones con números asignados. Se debe lograr la secuencia para completar el número mostrado en pantalla en el menor tiempo posible combinando los signos (suma, resta, multiplicación o división) y los valores numéricos.

Variante #2

2. Cuadrícula para armar rompecabezas estilo Tetris.

4. Pantalla muestra secuencia de 3 colores (ternas). En el suelo se encenderán aleatoriamente los paneles o botones luminosos, y debe reproducirse esa secuencia de colores.

7. "Topos" aparecen con números de cuadrados mágicos. Máximo cuadrados de 3x3. Se presionan las veces que sea necesario y los resultados aparecen en pantalla.

10. Encestar la sumatoria para el total mostrado en pantalla. Pueden aparecer valores que alteren el resultado. Las dos cestas muestran valores aleatorios que se deben ir sumando.

12. Ordenan secuencia de números dados por la pantalla en el menor tiempo posible.

14. Panel con varios botones industriales que tienen sus valores asignados. Se debe lograr alcanzar el número mostrado en pantalla en la menor cantidad de toques posibles.

17. SUDOKU con colores. Se selecciona el número (o nivel) de rompecabezas y se iluminan las casillas fijas (donde no puede ir bola). El usuario, pisando el color (boton o panel), "colorea" las casillas restantes introduciendo las bolitas.

19. Aparece una figura en el suelo (pisando botones) y se debe dibujar su reflejo en los paneles de la pantalla.

Variante #3

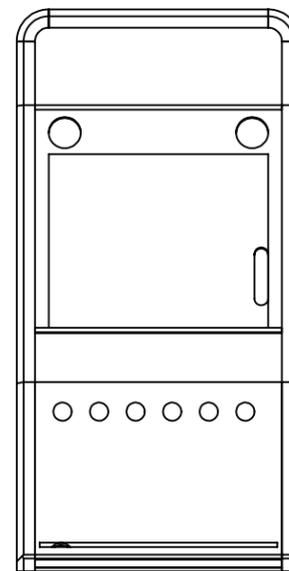
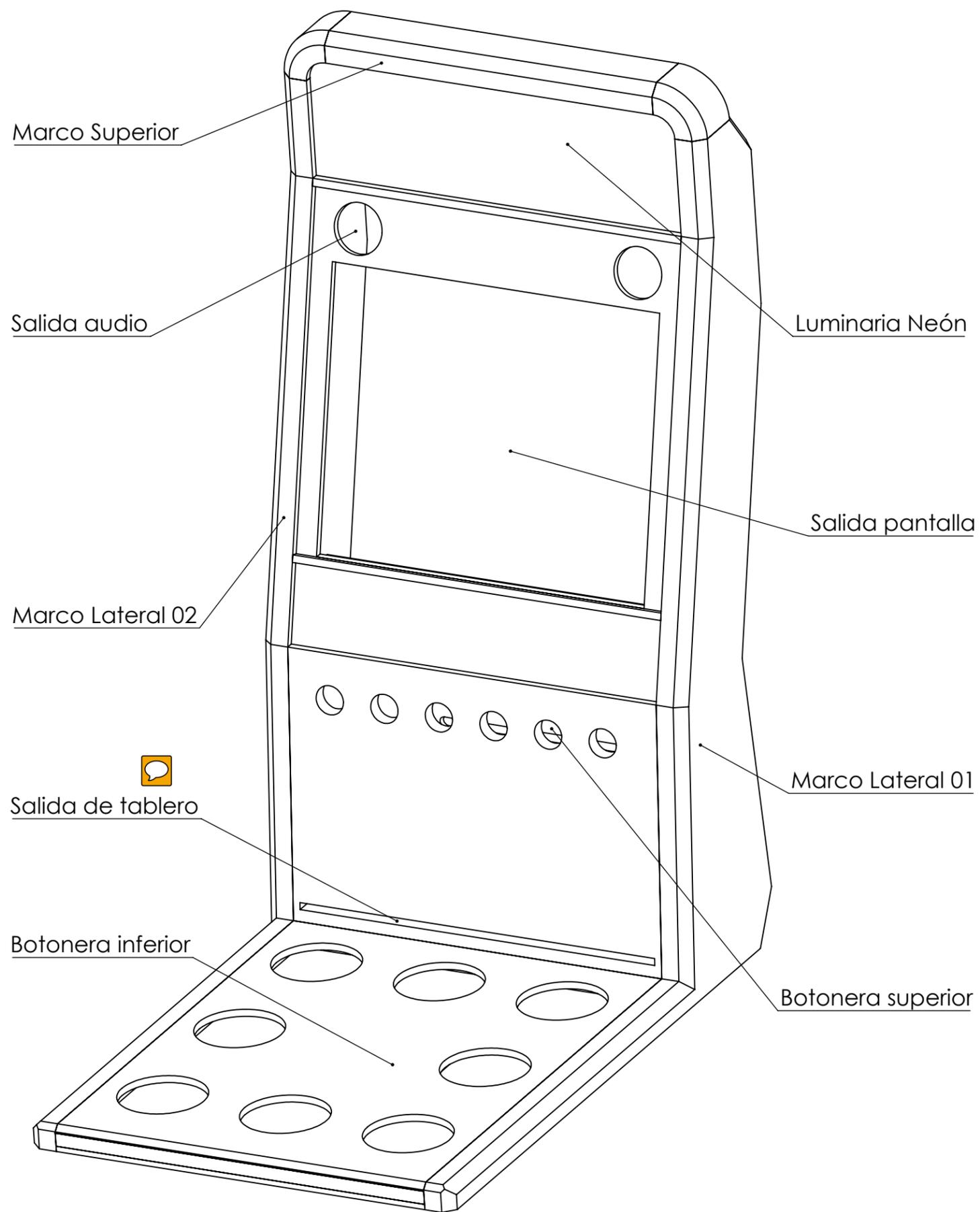
5. Colores asignados a un ritmo o nota musical. Se da un pequeño tutorial y luego se reproducirá una canción donde debe seguirse la secuencia de colores y sonido. (Buscar Piano Tiles como referencia)

8. Secuencias de números desde negativos hasta positivos, deben ordenarse de menor a mayor. (Ejemplo: -16, -7, 2, 11, 20, 29, 38...Secuencia= 9)

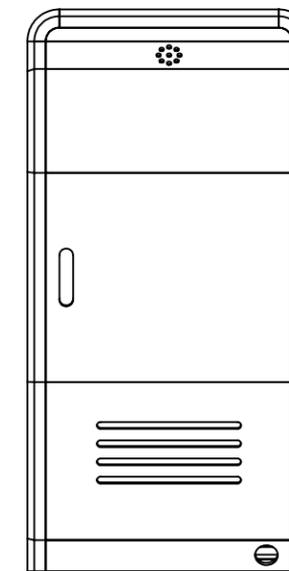
15. Casillas con los valores de las moneda nacional (monedas y billetes). Se debe lograr la sumatoria para el precio mostrado en pantalla de todas las maneras posibles en el menor tiempo posible.

20. Cálculo combinatorio. Se dan 3 ó 4 colores y deben formarse todas las combinaciones posibles en un tiempo determinado (ej: RRR, RRB, RRG, RGR, RGB, etc...)

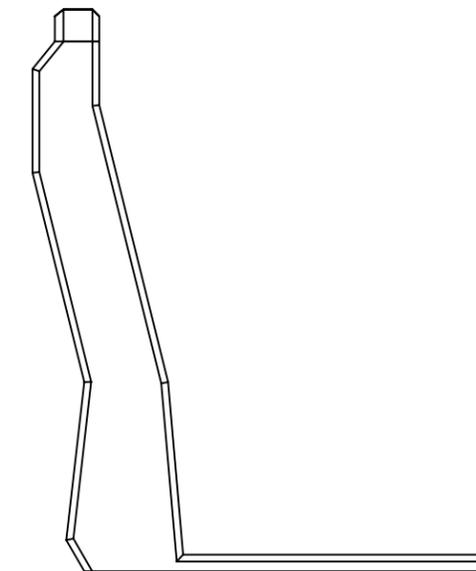
Puntaje (0-2)																					
Criterios de selección	Propuesta 01	Propuesta 02	Propuesta 03	Propuesta 04	Propuesta 05	Propuesta 06	Propuesta 07	Propuesta 08	Propuesta 09	Propuesta 10	Propuesta 11	Propuesta 12	Propuesta 13	Propuesta 14	Propuesta 15	Propuesta 16	Propuesta 17	Propuesta 18	Propuesta 19	Propuesta 20	
Modular	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Aritmética explícita	2	0	2	0	2	1	1	1	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2
Aritmética implícita	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Transportable	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	2
Pasivo/Activo	1	0	2	0	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2
Intuitivo	1	0	1	0	1	2	0	0	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2
Dificultad	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	0
Requiere habilidad adicional	0	2	1	2	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Utiliza accesorio	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
Estimula otros sentidos	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Desafiante	0	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	2	2	2
Facilidad de manufactura	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0
Seguridad	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	2	2	2	0	0	2	0	0	0
Cantidad de componentes	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	2	2
Costo de manufactura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0
Atractivo	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	0	0
Movilidad Brazos	2	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Movilidad Piernas	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Total	9	11	22	19	22	14	12	12	12	12	11	11	18	20	20	11	11	31	22	22	



Vista frontal



Vista posterior



Vista lateral

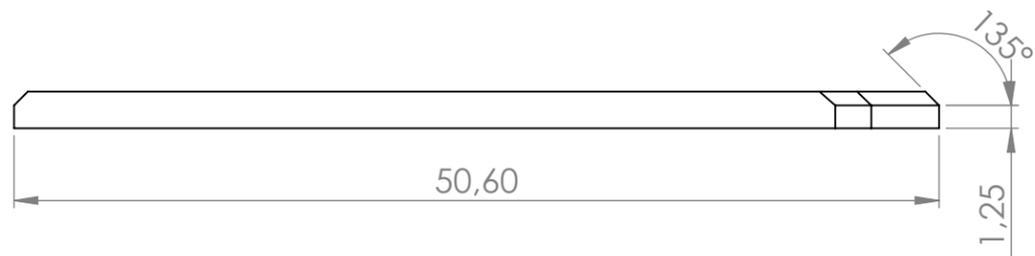
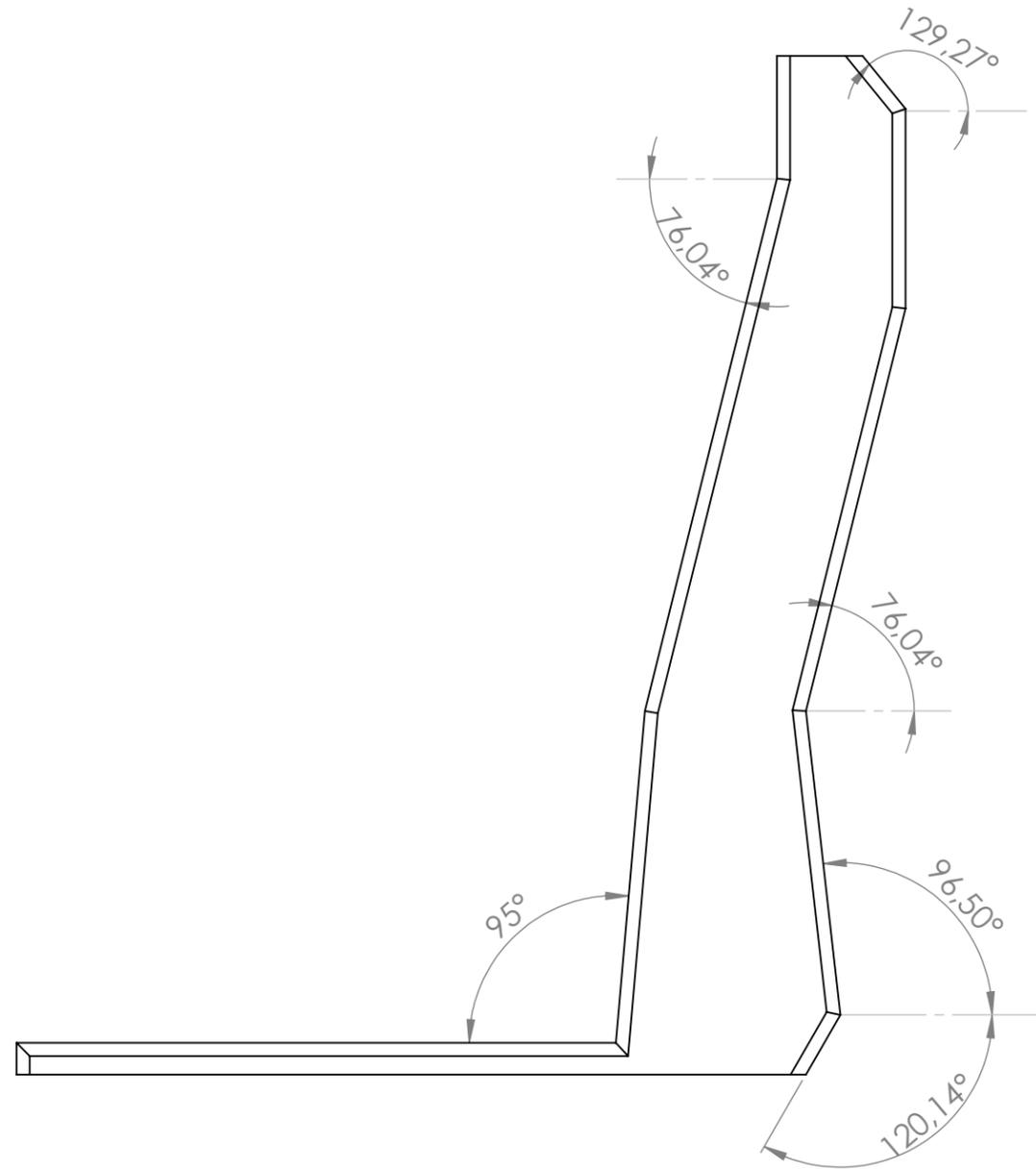
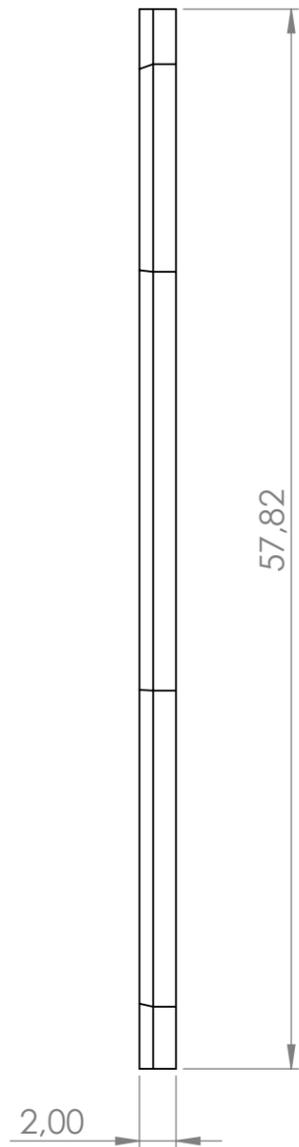
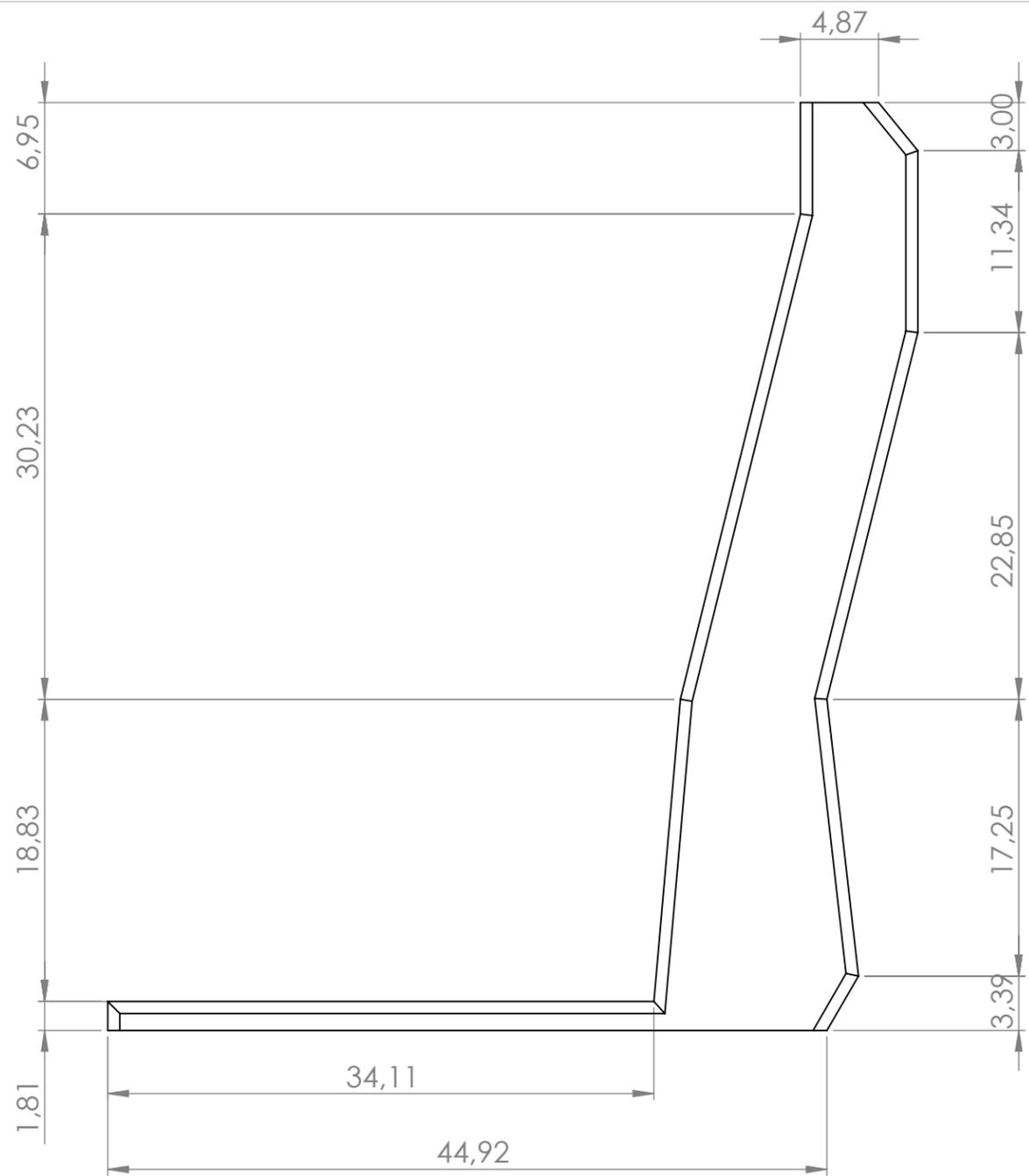
No.	Nombre	Material
01	Panel lateral 01	MDF/Plywood
02	Panel Lateral 02	MDF/Plywood
03	Marco superior	MDF/Plywood
04	Panel Neón Ventilación	MDF/Plywood
05	Luminaria Neón	Acrílico Lechoso
06	Soporte Luminaria	MDF/Plywood
07	Puerta trasera	MDF/Plywood
08	Panel trasero Ventilacion	MDF/Plywood
09	Salida audiovisuales	MDF/Plywood
10	Botonera superior	MDF/Plywood
11	Botonera inferior	MDF/Plywood
12	Soporte botonera	MDF/Plywood
13	Suelo	MDF/Plywood/Hule

ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
09/05/16	Michelle Moreno Arverás		

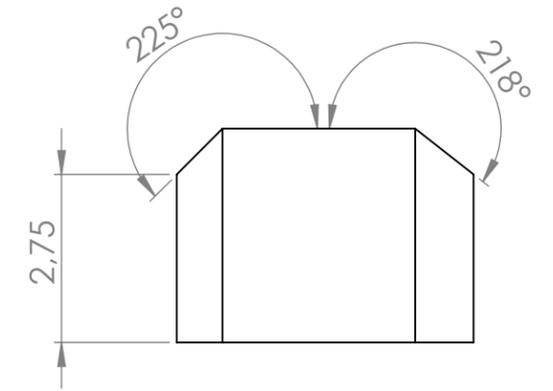
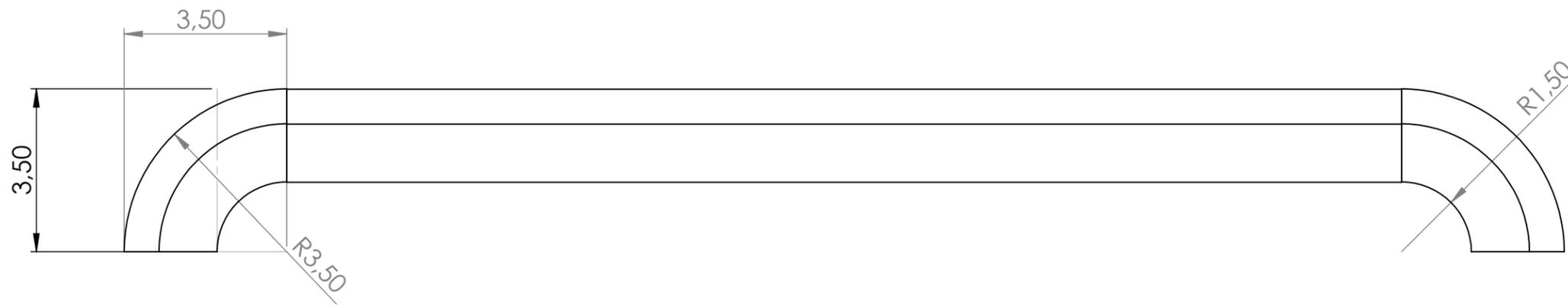
1:8

Dance mat(h)

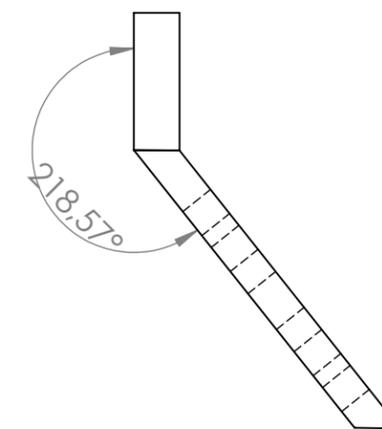
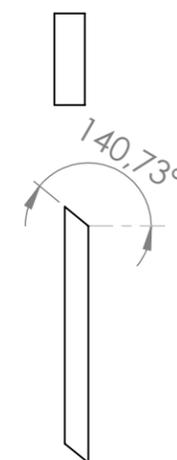
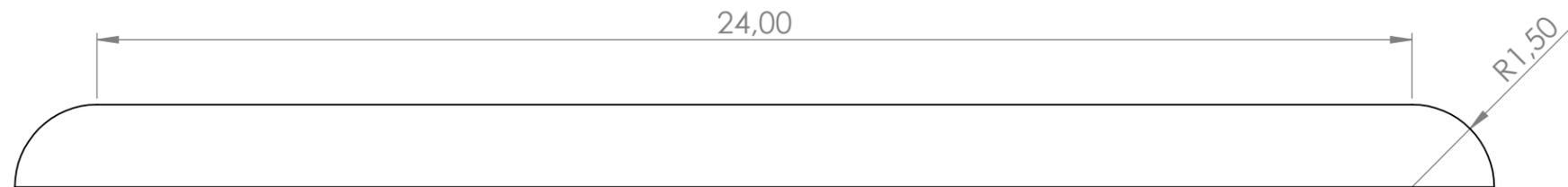
1/11



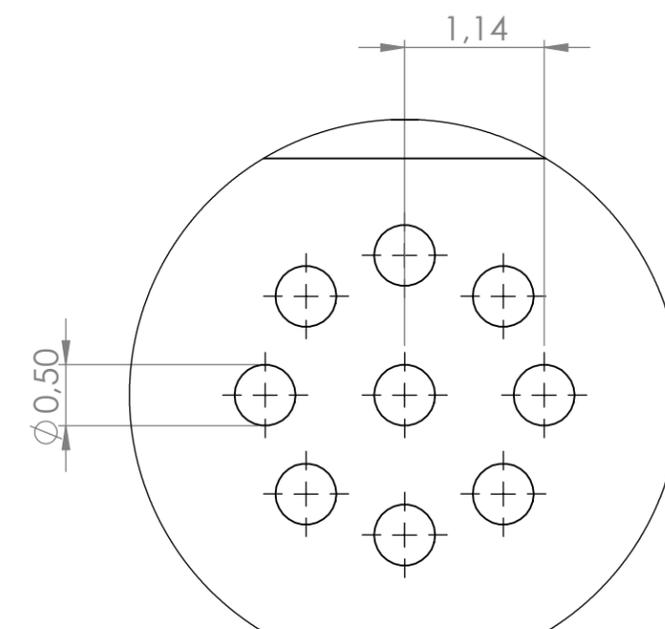
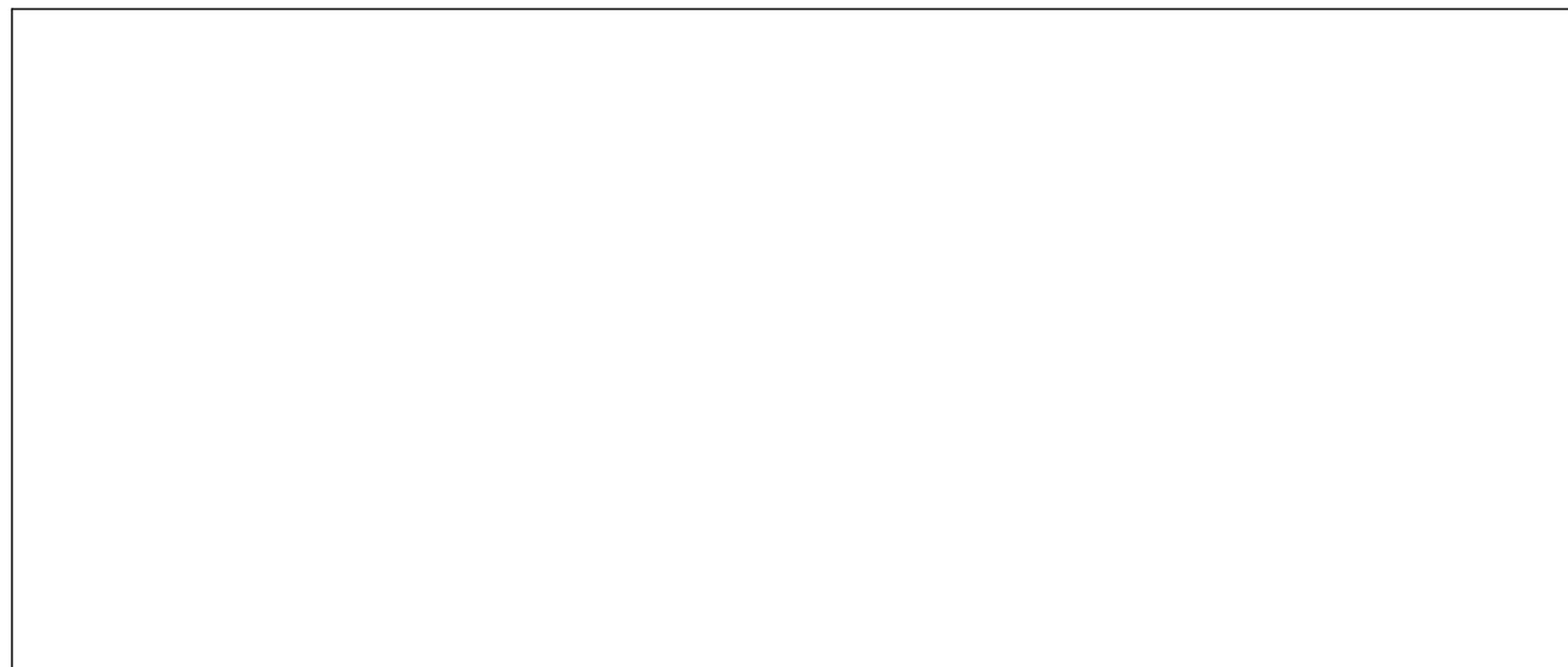
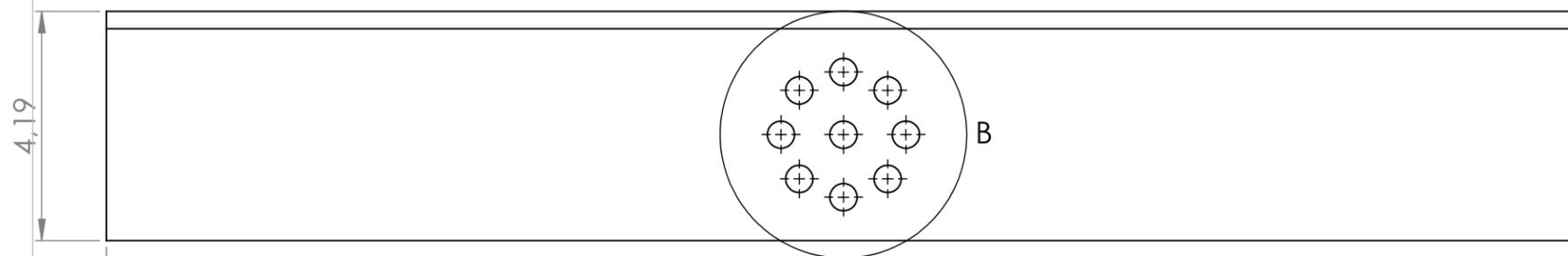
ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:10	Panel lateral		2/11



ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:3	Marco Superior		3/11



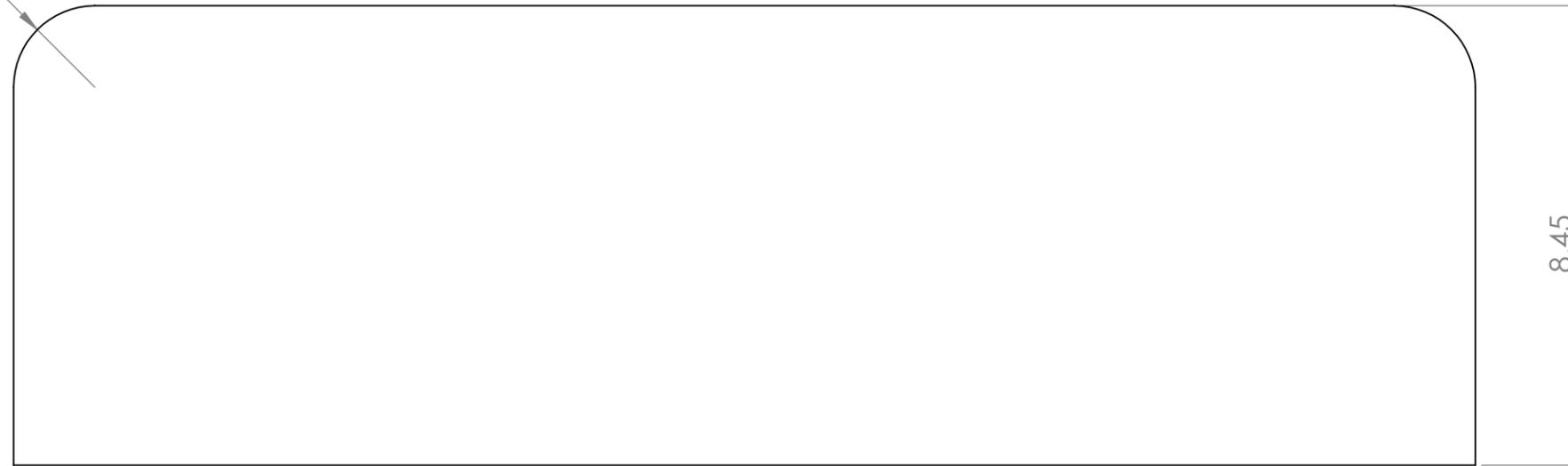
DETALLE A  
ESCALA 1 : 2



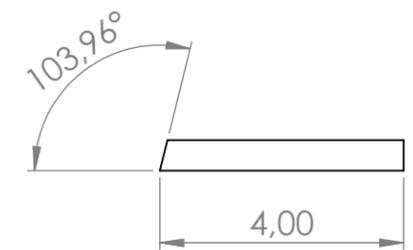
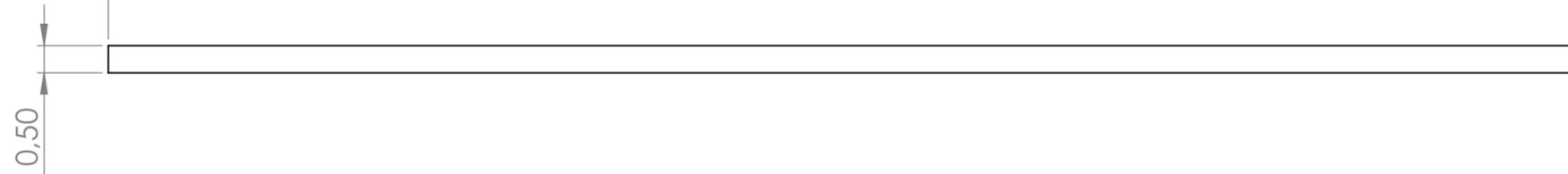
DETALLE B  
ESCALA 2 : 3

ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:3	Panel Ventilación Neón		4/11

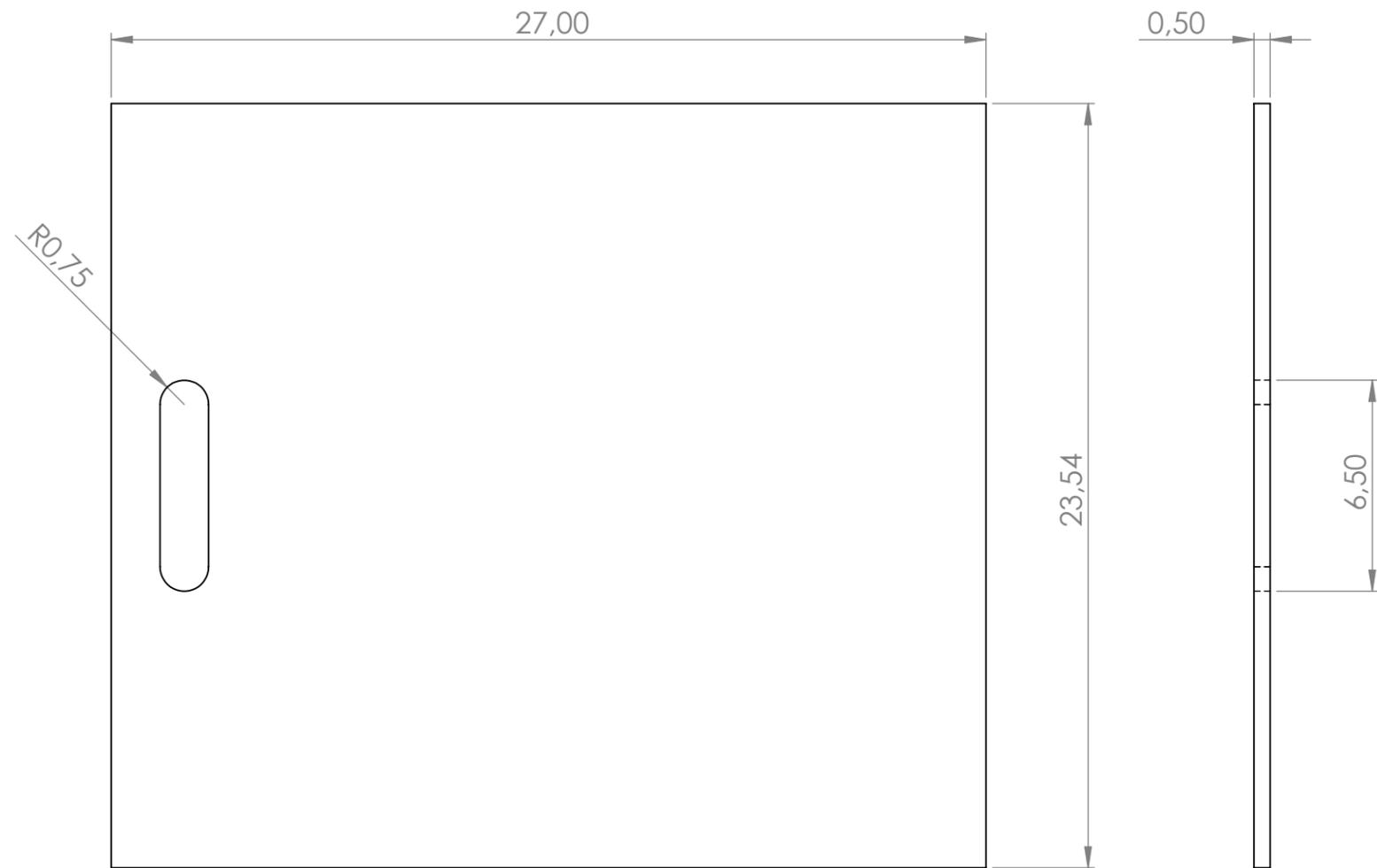
R1,50



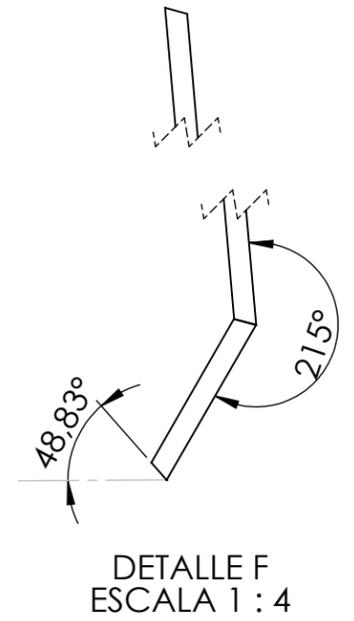
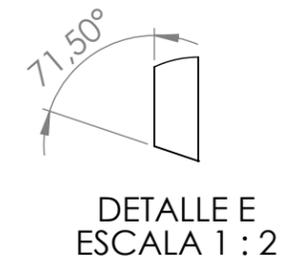
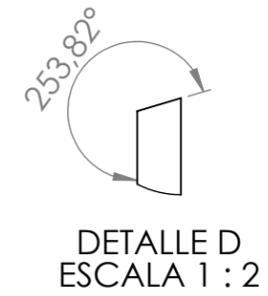
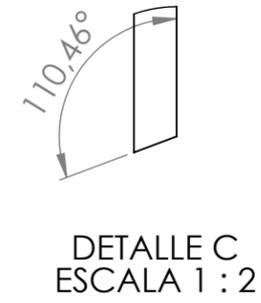
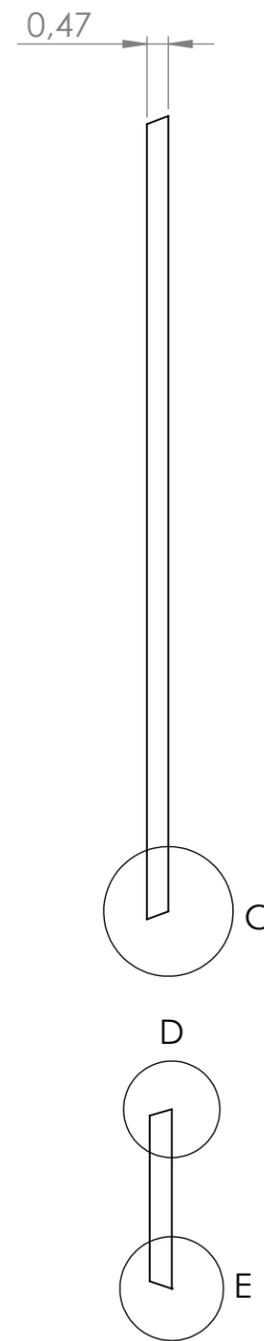
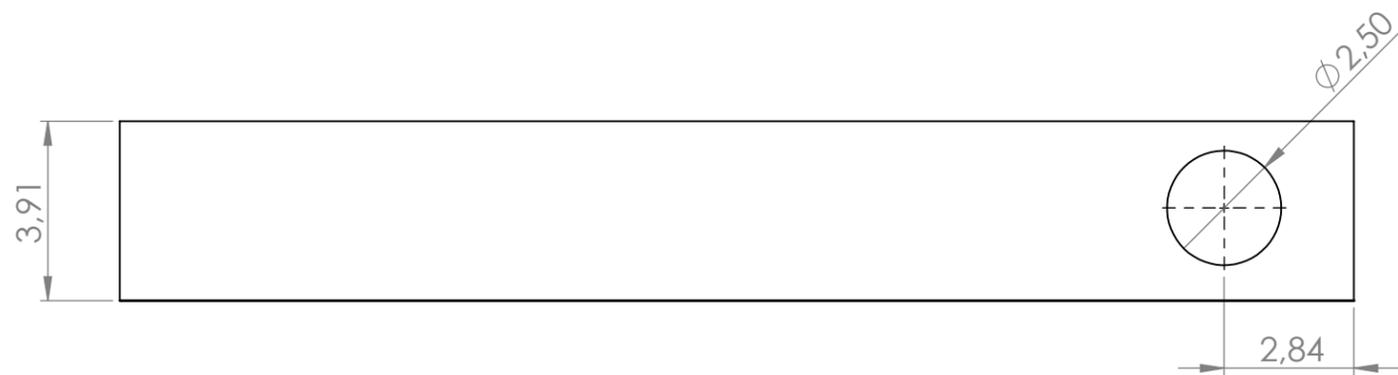
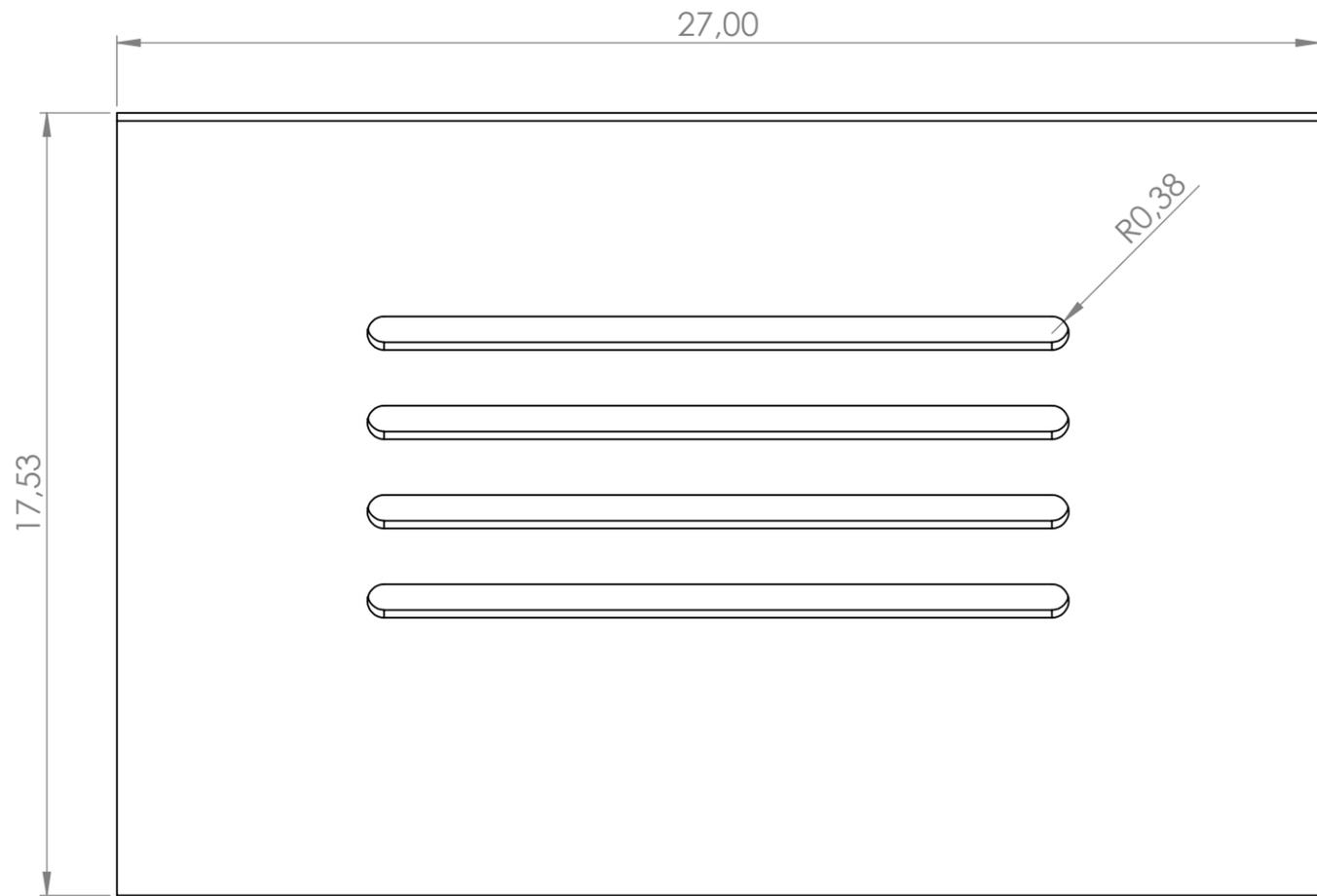
27,00



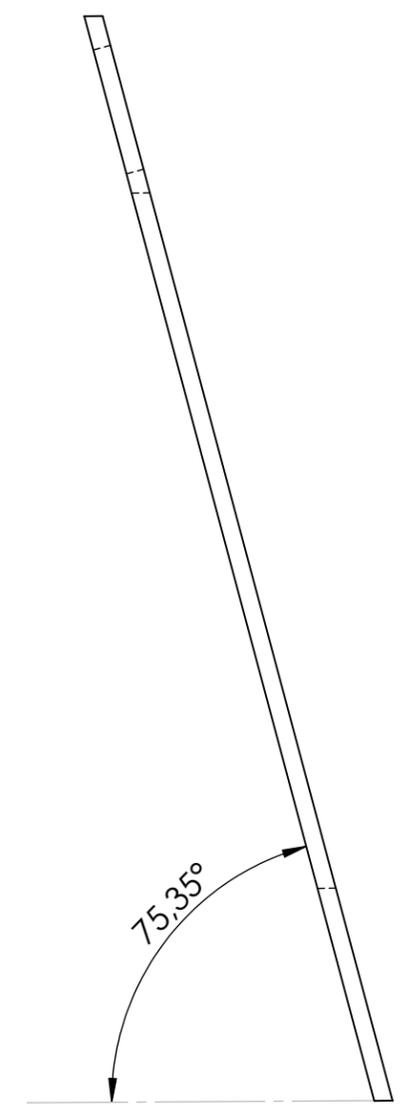
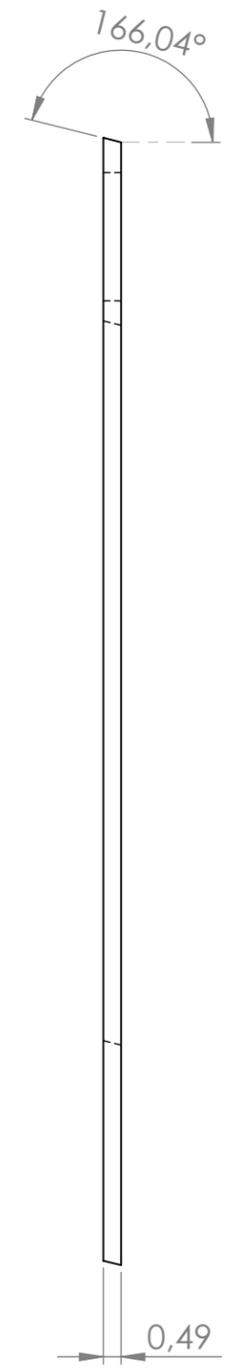
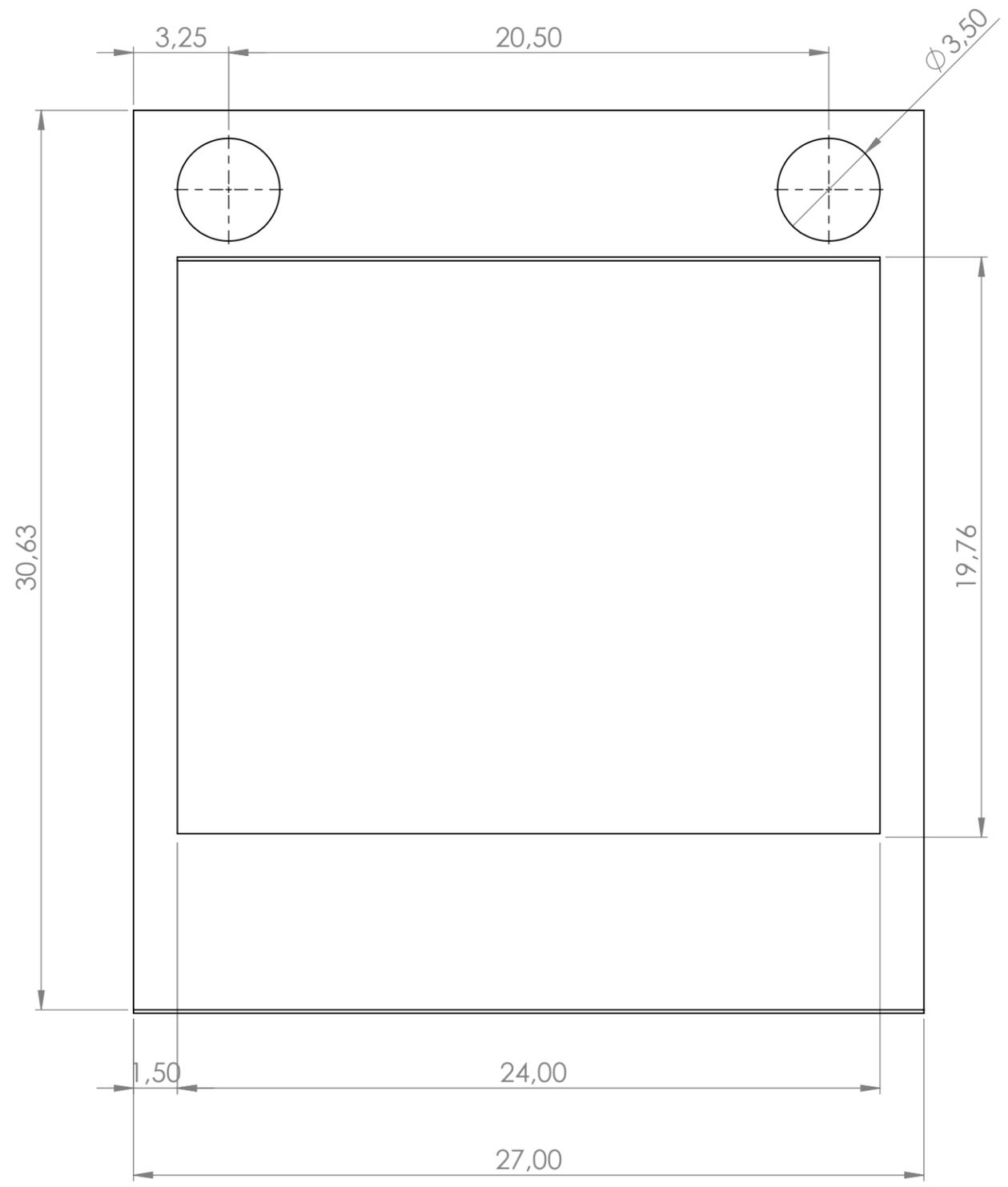
ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:3	Pantalla y Soporte Luminaria		5/11



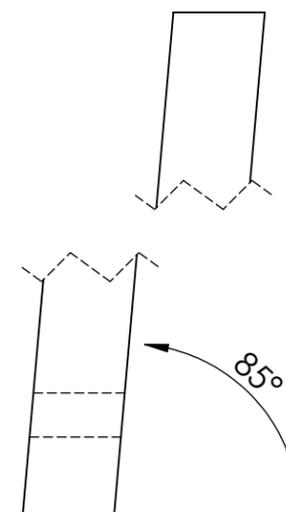
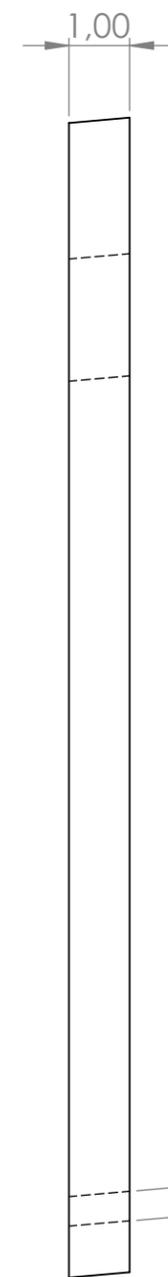
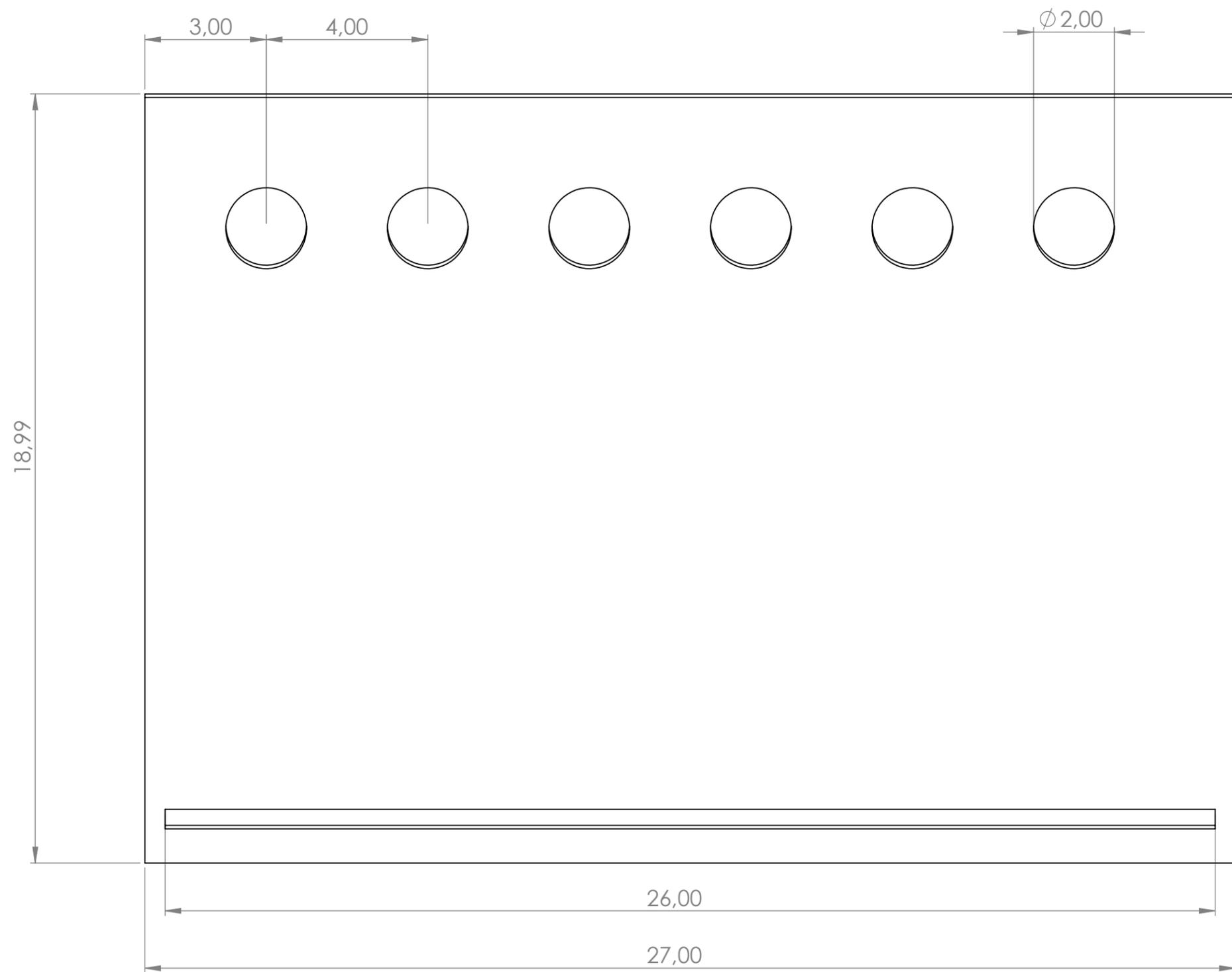
ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:5	Puerta trasera		6/11



ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:4	Ventilación trasera		7/11

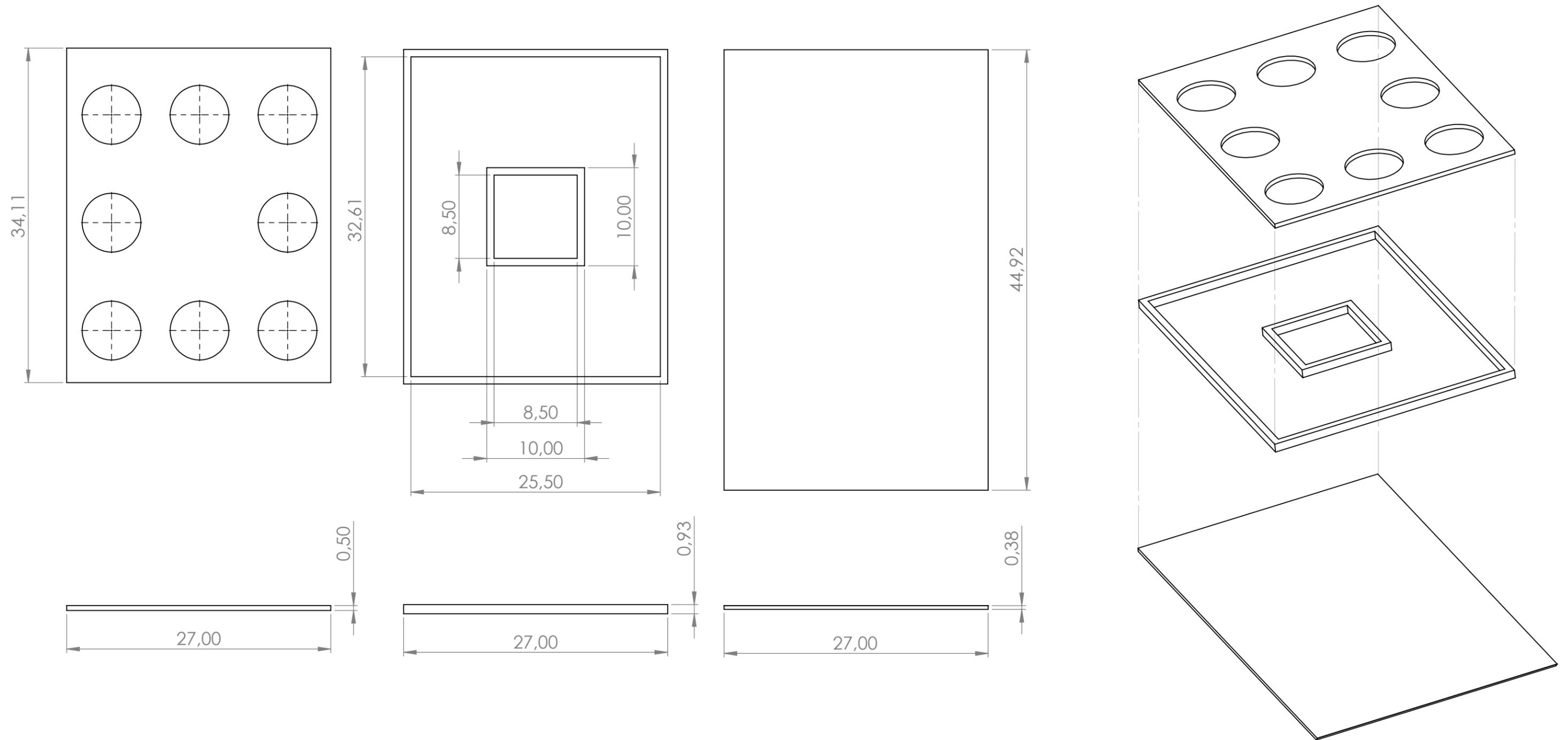


ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:5	Salida audiovisuales		8/11



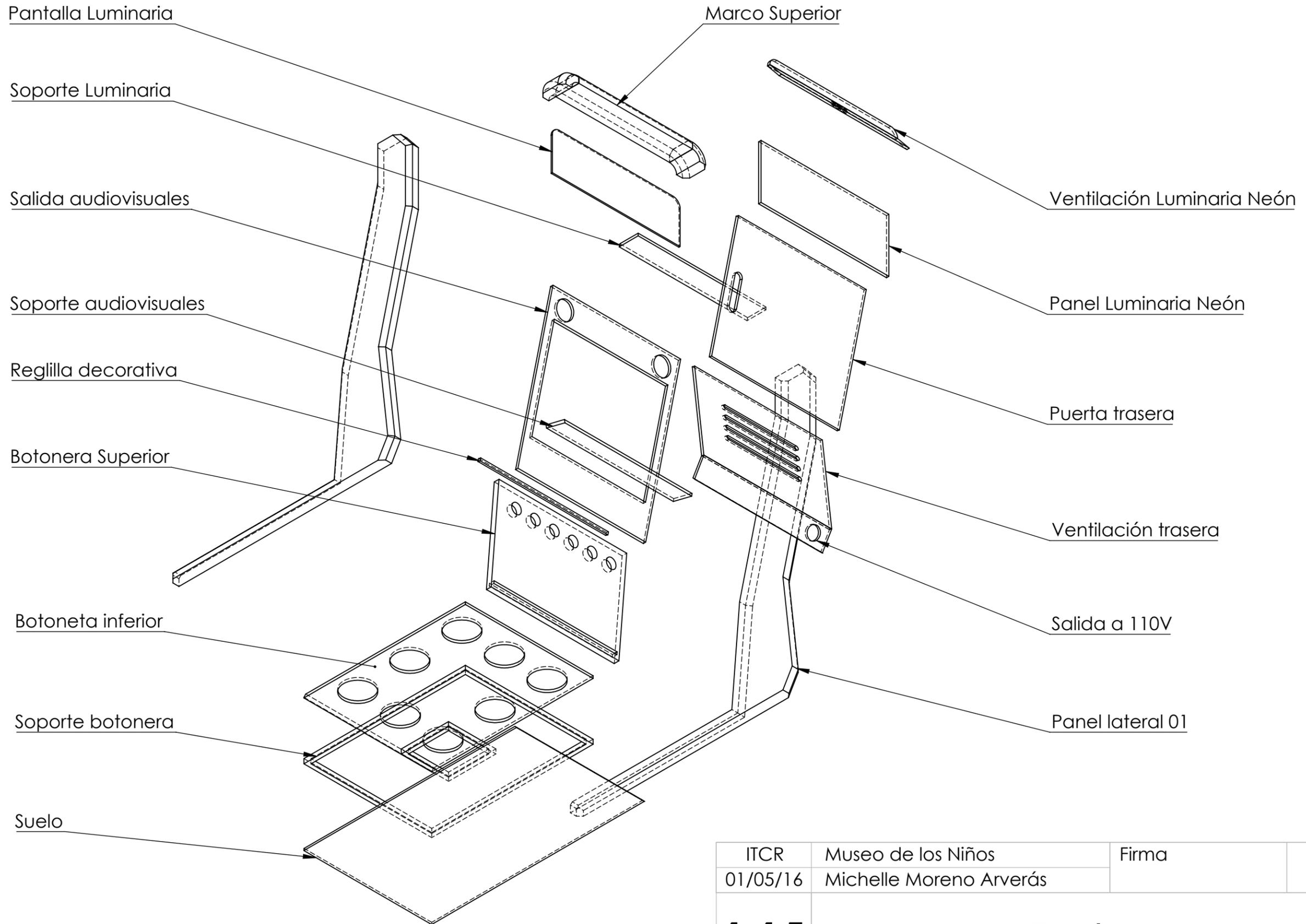
DETALLE G  
ESCALA 1 : 2

ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:3	Botonera superior		9/11



DETALLE H  
ESCALA 1 : 10

ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:10	Botonera inferior y soporte		10/11



ITCR	Museo de los Niños	Firma	Pulgadas
01/05/16	Michelle Moreno Arverás		
1:15	Explosivo		11/11