



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos

Área de Conocimiento Expresión Gráfica

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE UNA LÁMPARA ADAPTADA PARA PERSONAS
CON TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA (TEA)**

Máster en Representación y Diseño en Ingeniería y Arquitectura

Autor/a: Ana Sánchez González

Tutor/a: Elidia Beatriz Blázquez Parra

Cotutor/a: Giusi Castaldo

MÁLAGA, julio de 2025

RESUMEN

El objetivo de este Trabajo de Fin de Máster es presentar el diseño y desarrollo de un producto lumínico que busca mejorar el bienestar y emocional de los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA). Se propone una lámpara interactiva vinculada a una pulsera que mide la frecuencia cardíaca durante el sueño. Cuando detecta un aumento en las pulsaciones relacionado con estrés o ansiedad, la lámpara activa un modo de respiración guiada a través de la luz. Además, el sistema se complementa con un objeto sensorial transportable que mantiene ayuda con la autorregulación sensorial de los más pequeños.

Se ha fabricado un prototipo mediante impresión 3D y programado con componentes electrónicos accesibles. Aunque no se han realizado pruebas reales con usuarios, es un punto de partida para futuras consideraciones en entornos reales.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Contexto del objeto de estudio	6
1.2. Justificación del trabajo.....	6
1.3. Objetivos del trabajo	7
2. TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA (TEA).....	8
2.1. Definición de Trastorno del Espectro Autista (TEA).....	8
2.2. Características generales	10
2.3. Necesidades sensoriales y ambientales de las personas con TEA ...	12
2.4. Percepción visual de las personas con TEA.....	14
3. SENTIDOS Y ESTIMULACIÓN	15
3.1. Conceptos generales.....	15
3.1.1. Sentido de la vista	15
3.2. La luz	17
3.2.1. Impacto emocional de la luz	18
3.2.2. Importancia de la luz en entornos terapéuticos y educativos	20
3.3. El color.....	21
3.3.1. Psicología del color.....	21
3.3.2. Percepción del color en personas con TEA.....	23
3.4. El sonido	25
3.4.1. Impacto emocional del sonido.	26
3.4.2. Impacto del sonido en personas con TEA.....	27
3.5. El tacto.....	29
3.5.1. Importancia de los materiales en el sentido del tacto.	30
3.5.2. Relación entre los materiales y las necesidades de las personas con TEA.	30
3.5.3. Materiales aptos para productos infantiles	32
4. FRECUENCIA CARDÍACA	36
4.1. Conceptos básicos de la frecuencia cardiaca.....	36
4.2. Relación entre el aumento de la frecuencia cardiaca y los niños con TEA.	37
5. TRASTORNOS DEL SUEÑO	38
5.1. Conceptos básicos de los trastornos del sueño.....	38

5.2.	Trastornos del sueño en las personas con TEA	38
6.	RESPIRACIÓN GUIADA	40
7.	NORMATIVAS	42
8.	ESTUDIO DE CASOS	43
8.1.	Análisis de productos similares existentes en el mercado.....	43
8.1.1.	Soft Light	43
8.1.2.	Breeze	44
8.1.3.	Time Machine	44
8.1.4.	OLED	45
8.1.5.	Have a moonlight.....	46
8.1.6.	Babelt.	46
8.2.	Análisis de diseños exitosos para personas con TEA	47
8.2.1.	KEYme.	47
8.2.2.	Ivy	49
8.2.3.	Bud Buddy	50
8.2.4.	Pearism	51
8.2.5.	Cocoon	53
9.	ANÁLISIS PRELIMINAR	54
9.1.	Conceptualización de la idea	54
9.2.	Necesidades funcionales del producto	54
9.3.	Público objetivo.....	56
9.4.	Usuario	57
9.4.1.	Estudio antropométrico.....	57
9.4.2.	Medidas antropométricas	63
9.4.3.	Percentil.....	66
9.5.	Entorno	67
9.5.1.	Condiciones de uso	68
10.	DISEÑO CONCEPTUAL	69
10.1.	Definición de las necesidades. Matriz de dominancia.....	69
10.2.	Parámetros de diseño	71
10.3.	Diseño de alternativas.....	71
10.3.1.	Alternativa 1	72
10.3.2.	Alternativa 2	73
10.3.3.	Alternativa 3	74

10.3.4.	Alternativa 4	75
10.4.	Análisis de las alternativas de diseño y puntuación. Matriz de Valor Técnico Ponderado.	76
11.	DISEÑO DE DETALLE.....	79
11.1.	Colores y materiales.....	91
12.	PROTOTIPADO.....	96
12.1.	Técnicas utilizadas.....	96
12.2.	Proceso de prototipado	97
12.3.	Resultados obtenidos.....	100
12.4.	Conclusiones.....	100
13.	ELECTRÓNICA	102
13.1.	Elementos utilizados	102
14.	PRESUPUESTO.....	107
14.1.	Coste de fabricación.....	107
14.1.1.	Mano de obra directa	107
14.1.2.	Costo de materiales	108
14.1.3.	Puestos de trabajo	108
14.2.	Costes indirectos.....	108
15.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	111
16.	CONCLUSIONES	113
17.	BIBLIOGRAFÍA	114
	ANEXO I. PROGRAMACIÓN EN ARDUINO.....	124
	PLANOS	131

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de productos infantiles cada vez se centra más en encontrar un equilibrio entre la funcionalidad, la estética, la seguridad y la inclusividad. Este proyecto, se centra en el diseño de un producto dirigido a niños que padecen Trastorno del Espectro Autista (TEA), enfocándonos especialmente en sus necesidades sensoriales y emocionales.

El proyecto se ha desarrollado centrándonos en el usuario, explorando cómo la luz, la forma, los materiales y la interacción pueden ser utilizados como herramientas de apoyo para la autorregulación emocional.

A lo largo del trabajo se llevará a cabo el desarrollo de una lámpara que se activa en momentos de ansiedad durante el sueño, conectada a una pulsera que mide la frecuencia cardiaca del niño. Además, esta lámpara está vinculada a un objeto transportable sensorial, que será personalizable por el propio niño. El producto completo se ha diseñado teniendo en cuenta la experiencia emocional del usuario y su relación con el entorno tanto doméstico como terapéutico.

1.1. Contexto del objeto de estudio

Los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) presentan alteraciones en el proceso sensorial que afectan a su calidad de vida y a su interacción con el entorno. Algunas de estas alteraciones pueden ser sentirse molestos por la luz o por sonidos, problemas de sueño o dificultades para gestionar situaciones de estrés o ansiedad. En respuesta a estas necesidades, nuestro proyecto propone una solución de diseño basada en la luz como herramienta reguladora del estado emocional y conciliación del sueño.

Este trabajo parte como continuación y desarrollo de una línea de investigación abierta por Giusi Castaldo, cotutora de este proyecto. En este estudio, denominado LuxAbility, analiza cómo la luz afecta a la percepción, el comportamiento y el estado emocional en personas con discapacidad intelectual, con el objetivo de introducir una iluminación más inclusiva. Esta referencia ha servido de partida para abordar el diseño de un producto lumínico funcional, orientado a satisfacer las necesidades de los niños con TEA.

1.2. Justificación del trabajo

Este trabajo nace de la necesidad de diseñar productos pensados de forma inclusiva, que realmente se adapten a cómo se sienten y perciben el mundo los niños que padecen Trastorno del Espectro Autista (TEA).

En lugar de crear un objeto solamente tecnológico, se ha buscado una solución que tenga también un valor emocional, que acompañe al niño tanto cuando está descansando como en sus actividades diarias.

A través de la luz y de las diferentes texturas sensoriales, el producto busca ayudar al niño a calmarse, a cuidarse mejor y dormir con mayor tranquilidad. Esto también implica ayudarlo no solo a corto plazo, si no a ganar cada vez más autonomía, autorregulándose y conociéndose mejor a él mismo.

Además, se ha querido que el niño y su familia puedan formar parte del proceso de creación del objeto, ya que las texturas que forman el objeto son personalizables, pudiendo elegir las que mejor satisfagan sus necesidades y adaptándose a diferentes momentos. Esto convierte la experiencia en algo más cercano y personal, fortaleciendo el vínculo emocional entre el niño y el producto.

1.3. Objetivos del trabajo

Objetivo general:

- Diseñar un producto lumínico interactivo y sensorial adaptado a niños con Trastorno del Espectro Autista que ayude a gestionar situaciones de ansiedad y mejore la calidad del descanso.

Objetivos específicos:

- Integrar un sistema de medición de frecuencia cardíaca que active el modo de respiración en la lámpara ante episodios de estrés nocturno.
- Diseñar un objeto transportable vinculado emocionalmente con la lámpara, que el niño pueda llevar consigo en su día a día.
- Utilizar formas geométricas y materiales sensoriales adecuados a las características perceptivas del TEA.
- Garantizar un diseño ergonómico, seguro y adaptable al contexto doméstico, educativo o terapéutico.
- Basar las decisiones de diseño en estudios científicos actuales sobre la percepción, el estrés, la iluminación y el desarrollo sensorial en niños con TEA.

2. TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA (TEA)

La comprensión tradicional del autismo ha cambiado de manera significativa desde sus primeras descripciones. Hoy en día, el autismo no se considera de un único tipo ni con síntomas fijos, por lo que es preferible usar el término Trastornos del Espectro Autista (TEA), (Bonilla & Chaskel, 2016).

2.1. Definición de Trastorno del Espectro Autista (TEA)

Los trastornos del espectro autista consisten en un grupo de afecciones que involucran al sistema neurológico y al desarrollo personal. En las personas que lo padecen, esto influye en la forma de relacionarse socialmente, en la manera en la que se expresan, cómo procesan el aprendizaje y cómo se comportan en respuesta a su entorno (NIH, 2022).

Se le conoce como “trastorno del desarrollo” ya que, de manera general, es durante los dos primeros años de vida de la persona, cuando empiezan a aparecer los síntomas. Sin embargo, este trastorno puede diagnosticarse a cualquier edad (NIH, 2022).

En el siglo XVI, se tienen las primeras menciones sobre pacientes con características relacionadas con trastornos del espectro autista. El monje alemán Johannes Mathesius relató el caso de un niño de 12 años que contaba con rasgos autistas. Martín Lutero, el padre de la reforma protestante, expresó que este muchacho carecía de espíritu y estaba poseído por el demonio. Un siglo después, en el siglo XVII, se describe en el libro anónimo titulado *Las florecillas de San Francisco*, al fraile Junípero Serra con comportamientos asociados al TEA. Algunos de estos comportamientos son dificultades en la comunicación, en la interpretación del lenguaje no verbal y en la comprensión de las intenciones de los demás (Herrera-Del Aguila, 2021).

El término autismo fue utilizado por primera vez por Eugene Bleuler en su obra *Dementia praecox oder Grupper der Schizophrenien*. El término se refería a la pérdida de contacto con la realidad de un paciente con esquizofrenia de edad adulta o de adolescente. Bleuler utiliza el término autismo, que procede del griego “autos” que significa “en sí mismo” (Herrera-Del Aguila, 2021).

Años más tardes de que Bleuler utilizara este término, Carl Jung introdujo para describir a la personalidad de las personas, los conceptos de introvertivo y extrovertido. Según Jung, las personas introvertidas tendían a centrar su atención en su mundo interno y a ser contemplativas. En ese momento, se consideraba que una introversión extrema caracterizaba al autismo y estaba presente en algunos pacientes con esquizofrenia (Herrera-Del Aguila, 2021).

En 1943, Leo Kanner introdujo el término de autismo en el mundo infantil. Para su estudio recogió una muestra de 11 niños que presentaban conductas

extrañas. Estos niños destacaban por ser incapaces de establecer contacto con los demás, tenían alteración en el uso del lenguaje y se centraban en mantener su ambiente sin cambios realizando rituales (Herrera-Del Aguila, 2021).

En el año 1944, el pediatra austraco Hans Asperger, publicó observaciones muy parecidas a las que Kanner había descrito. Documentó el caso de cuatro pacientes que describía bajo el término de autista. En ellos destacaban los rasgos de falta de empatía, ingenuidad, dificultad para hacer amigos, lenguaje repetitivo y pedante, problemas de comunicación no verbal, intereses rígidos hacia temas específicos y movimientos torpes y descoordinados. Además, estos pacientes hablaban con gran detalle sobre sus temas de interés, razón por la que Asperger los llamaba “kleine Professoren”, que significa en español “pequeños profesores” (Herrera-Del Aguila, 2021).

Con esto podemos observar que el autismo fue identificado antes de la publicación del Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM) y la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), dos de los manuales más usados en la rama de psiquiatría para poder clasificar y diagnosticar las diferentes enfermedades mentales (Bonilla & Chaskel, 2016).

Aun así, en el DSM 1 publicado en 1952 no se incluye el autismo en la clasificación. Tampoco apareció como tal en el DSM 2 de 1962, se introdujo el autismo como parte de la esquizofrenia infantil (Herrera-Del Aguila, 2021).

Fue en nuevo manual DSM 3 de 1980 donde se contempla como entidad diagnóstica propia, introduciendo el término “autismo infantil”. Posteriormente en 1987 aparece el DMS 3-R, donde se modifica el término anterior por “Trastorno autista”. En el tiempo comprendido entre 1994 y 2000 se publicaron los manuales DSM 4 y DSM 4 TR. Aquí se definió el autismo bajo 3 características primordiales (Herrera-Del Aguila, 2021):

- Alteración en la interacción social
- Alteración en la comunicación
- Patrones de comportamiento, intereses y actividades restringidas, repetitivas y estereotipadas.

Por último, en el DSM 5, que es más actual, se consolidó el concepto denominado “Trastorno del Espectro Autista (TEA), que reemplaza el término “Trastornos Generalizados del Desarrollo”. En esta nueva denominación se incluyen los siguientes aspectos (Herrera-Del Aguila, 2021):

- Trastorno autista
- Trastorno de Asperger
- Trastorno desintefativo infantil

- Trastorno generalizado del desarrollo no especificado

Por otra parte, en 1974 la OMS incluyó un capítulo en especial para los trastornos mentales en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE). En el CIE 9 se introdujo el concepto de Trastorno Generalizado del Desarrollo. En el CIE 10 se desarrollaron modificaciones relevantes hasta que en el CIE 11 se denominó como Trastorno del Espectro Autista (TEA), (Herrera-Del Aguila, 2021).

2.2. Características generales

Anteriormente hemos hablado del Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM), que se trata de una guía creada por la Asociación Americana de Psiquiatría. Esta guía es utilizada por los profesionales para diagnosticar trastornos mentales. Como hemos visto, el manual más actual es el DSM 5 y es donde se recoge que las personas con TEA suelen tener las siguientes características (NIH, 2022):

- Dificultad en la comunicación y en la interacción con otras personas
- Intereses limitados y comportamientos repetitivos
- Aspectos que afectan a la capacidad de la persona para desempeñar su trabajo en la escuela, trabajo y otras situaciones de la vida.

Estas características se describen de manera general. Para poder profundizar más sobre el TEA necesitamos conocer los comportamientos más frecuentes de las personas que sufren este tipo de trastorno. A continuación mencionaremos gran cantidad de comportamientos asociados al TEA. Esto no quiere decir que todas las personas padezcan todos estos comportamientos, pero si que tendrán algunos de ellos.

Los comportamientos encontrados que se relacionan con la dificultad para comunicarse e interactuar con otras personas son los siguientes (NIH, 2022):

- Hacer poco contacto visual o en el caso de que se haga, hacerlo de manera inconsistente.
- En una conversación, parece que no miran o escuchan a las personas que están hablando.
- Con poca frecuencia comparten intereses, emociones, objetos o actividades de las que disfrutan.
- Cuando se les llama para captar su atención, no suelen responder o suelen tardar en hacerlo.
- Tener dificultades para seguir una conversación.

Diseño de una lámpara adaptada para personas con trastorno de espectro autista (TEA)

- Hablar un tiempo prolongado sobre un tema de interés para ellos, sin permitir que otros puedan responder o sin darse cuenta de la indiferencia que muestran las personas que están escuchando.
- Presentar expresiones faciales, movimientos y gestos que no tienen concordancia con lo que están diciendo.
- Tener tono inusual de voz, como si estuviera cantando, o como si fuera un robot con un tono monótono.
- Presentar problemas a la hora de comprender el punto de vista de otra persona, o dificultad para predecir o entender las acciones que otros realizan.
- Problemas de adaptación de su propio comportamiento a las diferentes situaciones sociales.
- Dificultad para compartir en juegos imaginativos o para hacer amigos.

En cuanto a los comportamientos restringidos o repetitivos podemos incluir los diferentes aspectos (NIH, 2022):

- Repetición de determinadas conductas o comportamientos inusuales, tales como la repetición de palabras.
- Interés intenso y duradero sobre temas específicos. Suelen ser números, detalles o datos.
- Mostrar un interés muy elevado en cosas específicas, como pueden ser, objetos en movimiento o parte de algunos objetos.
- Sentir incomodidad ante modificaciones pequeñas en la rutina, además de experimentar dificultad para adaptarse.
- Tener mayor o menor sensibilidad que otras personas ante estímulos sensoriales, como la luz, el sonido, la textura de la ropa o la temperatura.

Por otro lado, las personas con TEA pueden tener muchos puntos fuertes, como por ejemplo (NIH, 2022):

- Tener la capacidad de aprender cosas de forma detallada y retener la información durante largos períodos de tiempo.
- Poseer una gran memoria visual y auditiva.
- Destacar en ámbitos como las matemáticas, ciencias, música o arte.

Además de estos comportamientos, más del 70% de personas con TEA sufren de trastornos o problemas de salud mental adicionales. Profundizaremos en algunos de ellos a continuación (Confederación Autismo España, 2019):

- Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). El diagnóstico de TDH es común en niños y niñas con TEA, afectando entre el 30% y el 60% de los casos, con más frecuencia en chicos que en chicas. Cuando ambos trastornos coexisten, los síntomas se agravan, aumentando las dificultades en el colegio, la participación en actividades y la socialización. A menudo, los síntomas como la falta de atención o la hiperactividad pueden confundirse con manifestaciones del TEA, lo que dificulta un diagnóstico preciso y tratamientos adecuados.
- Problemas de ansiedad. Entre el 40% y el 55% de niños y jóvenes con TEA presentan algún trastorno de ansiedad. Son más frecuentes en chicas que en chicos. Los síntomas más frecuentes pueden ser temores y fobias concretas, muchas veces relacionadas con sus hipersensibilidades sensoriales; ansiedad social, dificultando la interacción y comprensión de las situaciones sociales; por último, ansiedad generalizada.
- Depresión y otros trastornos del estado de ánimo. Los trastornos relacionados con el estado de ánimo son entre dos y tres veces más frecuentes en niños y jóvenes con TEA que en la población general. La dificultad de expresión y reconocimiento de las emociones, junto con comportamientos repetitivos, puede dificultar la detección de la depresión en personas con TEA. Además, es común que los síntomas depresivos sean malinterpretados como mejoras en los rasgos característicos.
- Ideas suicidas y autolesiones. Los pensamientos y conductas suicidas son temas poco estudiados en el contexto del TEA, aunque suelen ser más frecuentes en personas que presentan TEA que en la población general. Estas conductas pueden manifestarse de manera diferente a como suelen presentarse en personas que no padecen TEA. El riesgo de desarrollar estas conductas es mayor en quienes reciben un diagnóstico tardío y en aquellos que no presentan discapacidad intelectual asociada.

2.3. Necesidades sensoriales y ambientales de las personas con TEA

En nuestro día a día interactuamos con el mundo que nos rodea mediante complejos sistemas sensoriales que nos permiten captar y procesar la

información nuestro entorno. Estos sistemas desempeñan un papel fundamental en nuestra supervivencia, desarrollo y aprendizaje (Autismo Madrid, 2024).

Sin embargo, las personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA) pueden tener dificultades y problemas a la hora de procesar y organizar la información del entorno que perciben. Algunas de las dificultades más comunes son las siguientes (TAJIBO, 2023):

- **Hipersensibilidad sensorial.** Las personas con TEA pueden presentar una sensibilidad extrema ante una serie de estímulos sensoriales, como pueden ser, sonidos intensos, luces muy brillantes, texturas específicas en alimentos o el tacto de algunas telas en su piel. Esta sensibilidad puede provocar reacciones negativas. Algunas de estas respuestas negativas pueden ser, taparse los ojos, cerrar los ojos, rechazar o evitar ciertos alimentos o prendas de vestir. Incluso pueden llegar a manifestar una respuesta de huida o defensa.
- **Hiposensibilidad sensorial.** De forma contraria, algunas personas con TEA pueden presentar una menor sensibilidad ante determinados estímulos sensoriales, como pueden ser, el calor, el frío o el dolor. Esto puede llevar a que estas personas no sean conscientes su entorno y que no lo perciban con la misma intensidad. Además, puede que no respondan o reacciones ante situaciones de riesgo.
- **Dificultades para filtrar información sensorial.** También es posible que las personas con TEA puedan experimentar dificultades para distinguir entre la información sensorial importante y la irrelevante, contando, por tanto, con problemas para seleccionar la información sensorial que es relevante y descartar la que no lo es. Esto puede dificultar la capacidad de estas personas para concentrarse en tareas específicas o evitar distracciones. A su vez, esto puede influir en su procesamiento de la información y en la toma de decisiones.
- **Dificultades para integrar información sensorial.** Las personas con TEA pueden experimentar dificultades para combinar información sensorial proveniente de distintas fuentes. Por ejemplo, pueden tener problemas a la hora de procesar de manera simultánea estímulos visuales y auditivos. Esto puede afectar a su capacidad para seguir instrucciones verbales o para reaccionar adecuadamente a estímulos visuales.
- **Dificultades en la regulación sensorial.** Las personas con TEA pueden presentar dificultades para ajustar su reacción ante los estímulos sensoriales. Esto puede generar respuestas intensas o inadecuadas. Por ejemplo, pueden tener problemas para gestionar su reacción emocional frente a un sonido fuerte o un olor molesto.

2.4. Percepción visual de las personas con TEA

Aproximadamente el 80% de la información del entorno se percibe a través de la visión. Cualquier dificultad en el procesamiento de esta información puede afectar de manera significativa a la comprensión de la realidad. Las personas con TEA presentan desafíos en el procesamiento visual, por lo que esto influye en la manera de percibir el entorno (Jofré Romeo, 2016).

Las personas con TEA tienden a enfocarse en detalles específicos de los objetos, sin captar la imagen en su totalidad lo que dificulta su percepción espacial. Esto hace que los cambios en el entorno sean frustrantes, ya que deben volver a examinar de forma minuciosa cada detalle para comprender las modificaciones (Jofré Romeo, 2016).

Las disfunciones visuales pueden generar cambios en la postura y el movimiento de la persona. Puede llevar a balanceos, caminar de puntillas o aleteos que dificulten el caminar, ya que, de forma aparente, estas posturas ayudan a la orientación espacial de la persona, generando una sensación de profundidad (Jofré Romeo, 2016).

Las personas que padecen TEA pueden presentar dificultades como puede ser, problemas de motilidad ocular o estrabismo, impidiéndoles mirar un objeto que se encuentra en movimiento o realizar bruscos cambios de búsqueda visual. También puede presentar dificultades para enfocar objetos, problemas de percepción de profundidad y problemas de coordinación entre lo que se observa y la acción que se realiza con las manos. Otra dificultad característica de las personas con TEA es el problema de percepción visual. Esto lleva a mala memoria visual, visión doble o borrosa, problemas para identificar y entender la perspectiva, volumen, profundidad y problemas para comprender el cierre de figuras (Jofré Romeo, 2016).

Dado que la visión es su principal medio de procesamiento del entorno, los niños con TEA pueden no ser conscientes de los problemas visuales que afectan a su aprendizaje y vida diaria (Jofré Romeo, 2016).

3. SENTIDOS Y ESTIMULACIÓN

3.1. Conceptos generales

Para percibir el entorno en el que vivimos lo hacemos a través de nuestros cinco sentidos principales. Estos sentidos son: la vista, el oído, el tacto, el gusto y el olfato. Son los encargados de enviar la información del exterior a nuestro cerebro para ayudarnos a percibir el mundo que nos rodea (Tamir & Ruiz Beviá, 2014).

Cada uno de estos sentidos principales mencionados, desempeñan un papel específico que es fundamental para nuestra supervivencia y para la manera en la que nos relacionamos con nuestro entorno. Además de estos sentidos principales, existen otros menos conocidos como el sentido de la propiocepción, el equilibrio, y la percepción del dolor y la temperatura (Rhoton, s.f.).

La propiocepción permite que podamos saber dónde posicionamos nuestra mano sin tener que mirarla, el equilibrio permite nuestra estabilidad sin llegar a caernos y, por último, la nocicepción, que es la percepción consciente del dolor, nos alerta sobre estímulos dañinos para el cuerpo (Rhoton, s.f.).

A continuación estudiaremos con mayor profundidad el sentido de la vista, ya que es el que se relaciona con la luz y el color, conceptos en los que profundizaremos más adelante. El apartado siguiente nos servirá de introducción a estos conceptos.

3.1.1. Sentido de la vista

El órgano relacionado con la visión es el ojo, aunque en realidad, el encargado del proceso de visión es el cerebro. El ojo desempeña la función de traducir las vibraciones electromagnéticas de la luz en impulsos nerviosos que son transmitidos al cerebro (Bernard, 2009).

El ojo, también conocido como globo ocular, es una estructura esférica de unos 2,5 cm de diámetro, con un abombamiento de la superficie frontal. Su cubierta consta de tres capas: la esclerótica, que protege el ojo; la úvea, que se compone de las coroides, el cuerpo ciliar y el iris; y, por último, la retina, que es la capa más interna y sensible a la luz (Bernard, 2009).

La córnea, compuesta por cinco capas, es una membrana resistente a través de la cual la luz penetra a través de ojo. Por su parte, el iris, es una estructura pigmentada que cuenta con una abertura circular en el centro, la pupila. La pupila regula la cantidad de luz que entra en el ojo, controlando su tamaño a través del músculo que rodea sus bordes, contrayéndolo y relajando según la cantidad de luz que pase (Bernard, 2009).

La retina es una estructura compleja que está formada por células nerviosas en su mayoría. Detrás de una capa de tejido pigmentado, se encuentran las células

receptoras sensibles a la luz, que tienen forma de conos y bastones, y se encuentran organizadas de manera ordenada (Bernard, 2009).

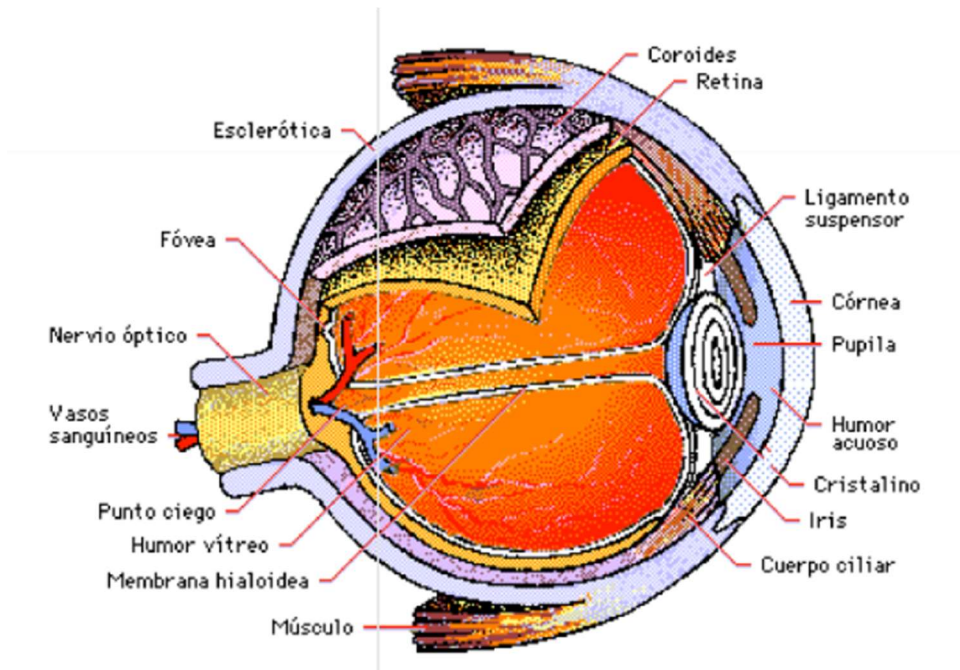


Figura 1. Partes del globo ocular. (Bernard, 2009)

Como hemos expresado anteriormente, mediante la vista podemos conocer el volumen, la forma, el color y el tamaño de los objetos que nos rodean. Esto es posible debido a las impresiones luminosas, siendo la luz el estímulo específico y el campo receptor de la retina (Canal Mónaco, 2009).

Para explicar el comportamiento del ojo, se compara con el funcionamiento de una cámara. Los rayos luminosos excitan las células sensoriales receptoras que se encuentran en la retina y forman la imagen invertida del objeto al que se está mirando. La imagen es invertida debido a que las densidades de los medios que refractan la luz son diferentes. Por tanto, los rayos luminosos superiores se proyectan en la parte inferior de la retina y los inferiores se dirigen a la parte superior. En la región occipital del cerebro, donde se hace consciente la percepción visual, la imagen se corrige y se endereza mediante un mecanismo aún desconocido, pero que se cree que tiene un origen psicológico (Canal Mónaco, 2009).

El ojo también sufre una doble acomodación, a la luz y a la distancia (Canal Mónaco, 2009).

En la acomodación a la luz, el iris regula la cantidad de luz que entra en el ojo. Para ello, reduce el tamaño de la pupila cuando la luz es intensa y la dilata cuando la luz es débil.

Por otro lado, en la acomodación a la distancia, el cristalino ajusta su curvatura para enfocar objetos a diferentes distancias. Se vuelve más curvado para la visión cercana u se aplana para la visión lejana.

Para la visión de color, son necesarias las células mencionadas anteriormente: los conos y los bastones. El ojo humano puede percibir una amplia gama de colores gracias a la visión cromática, que se basa en un sistema de tres colores primarios: rojo, verde y azul. Este sistema se forma a través de los conos y bastones (Foucault, 2021).

Los conos permiten distinguir alrededor de 7 millones de colores. Poseen un pigmento específico que les permite absorber la luz en diferentes niveles dentro del espectro visible. Esta absorción se representa mediante una curva. Según su eficiencia en distintas longitudes de onda, los conos se clasifican en tres tipos: onda corta, cuya máxima absorción es alrededor de 430 nm; onda media, cuya máxima absorción es 530 nm aproximadamente; y onda larga, que la absorción máxima oscila sobre los 560 nm (Foucault, 2021).

Por su parte, los bastones no contribuyen a la percepción del color, sino que su función se relaciona con la visión en condiciones de baja intensidad luminosa (Foucault, 2021).

Con toda esta información podemos concluir que, cuando la luz entra en la retina, activa las células receptoras encargadas de transformar los estímulos luminosos en impulsos eléctricos. Estos impulsos viajan al cerebro a través de la vía óptica. La percepción del color resulta de la interacción entre los diferentes fotorreceptores, la absorción de la luz visible, la transmisión de la señal y su posterior interpretación en el cerebro.

3.2. La luz

Podemos definir la luz como una radiación electromagnética radiante que el ojo humano puede percibir. Las ondas electromagnéticas son de tipo transversal, lo que significa que sus oscilaciones eléctricas y magnéticas ocurren en dirección perpendicular a su propagación. Una de sus particularidades es que no requieren un medio material para desplazarse, por lo que pueden viajar en el vacío. La luz, en el vacío, se mueve a una velocidad de 300000 km/s, siendo esta la velocidad máxima posible ya que no puede ser superada por ningún otro movimiento de la naturaleza (Moreno Fernández, 2009).

La luz experimenta distintos fenómenos debido a sus propiedades particulares, cuando ocurren determinadas condiciones o pasan por diferentes medios físicos:

- Refracción. Es el fenómeno por el que la luz altera su dirección al atravesar un medio transparente con una densidad diferente. Esto lo vemos, por ejemplo, cuando introducimos una cuchara dentro de un vaso

lleno de agua, dando la sensación de que la cuchara está rota (Jiménez Hervás, 2021).

- Difracción. Este fenómeno ocurre cuando la luz atraviesa aperturas que se encuentran en cuerpos opacos, provocando que el haz de luz se expanda y se haga más ancho. Esto lo podemos observar, por ejemplo, cuando la luz del sol atraviesa el borde de una cortina y se expande (Jiménez Hervás, 2021).
- Dispersión. Este efecto permite visualizar el espectro completo de colores de la luz. Esto sucede, por ejemplo, cuando la luz atraviesa gotas de agua y forma un arcoíris o al pasar a través de un prisma. Además, la percepción del color en los objetos ocurre porque estos absorben ciertas longitudes de onda y reflejan otras. Por ejemplo, un plátano refleja la luz amarilla y absorbe el resto, mientras que un pantalón verde refleja el verde. Los objetos blancos reflejan todas las longitudes de onda, mientras que los negros absorben por completo las ondas de todos los colores (Jiménez Hervás, 2021).
- Absorción. Consiste en la conversión de luz en otra forma de energía. Normalmente se suele convertir en energía calórica, en energía eléctrica o en energía química (UNP, 2020).
- Reflexión. Sucede cuando las ondas electromagnéticas encuentran una superficie que no absorbe su energía (UNP, 2020).

3.2.1. Impacto emocional de la luz

Como hemos visto, la luz es un elemento fundamental en nuestro entorno. Sin embargo, no solo influye en nuestra percepción visual, también lo hace en nuestro bienestar emocional y mental. A continuación, desarrollaremos cómo pueden influir los diferentes tipos de iluminación en nuestro estado de ánimo, comportamiento y productividad.

En primer lugar, estudiaremos las diferencias entre la luz cálida y la luz fría. Las luces que cuentan con tonos más cálidos como pueden ser el amarillo y el naranja, son ideales para crear ambientes acogedores y relajantes. Se usa en salas de estar o en restaurantes. Sin embargo, las luces con tonos más fríos, como puede ser el color azul, promueven la concentración y la alerta. Suelen utilizarse para oficinas o áreas de estudio (Campos, 2024).

Por otro lado, veremos las diferencias entre luz natural y luz artificial. La luz natural es un factor clave para la regulación del ritmo cardiaco. Esto afecta al ciclo de sueño y vigilia. La luz natural puede mejorar de manera significativa el bienestar y la productividad. No obstante, también es necesaria la luz artificial,

sobre todo en espacios con poca iluminación natural. En los espacios de interior, es importante intentar reproducir el ciclo natural de la luz (Campos, 2024).

Por ello, es importante encontrar una iluminación que sea adecuada, suficiente y sin excesos. Una iluminación insuficiente puede provocar malestar en el usuario, como puede ser la fatiga ocular o la somnolencia. Sin embargo, una iluminación excesiva también puede generar malestares como dolor de cabeza y estrés (Campos, 2024).

La luz también está vinculada con la salud mental. La exposición a la luz natural puede reducir los síntomas de trastornos como la depresión estacional, ya que vincula con la mejora del estado de ánimo (Campos, 2024).

Existe una terapia que se basa en la luz natural para tratar el Trastorno Afectivo Estacional. Este trastorno consiste en episodios depresivos que siguen un patrón estacional, produciéndose únicamente en otoño e invierno ya que en primavera y verano es asintomático. El psiquiatra sudafricano Norman E. Rosenthal, fue el pionero en el estudio y uso de la fototerapia como tratamiento a este trastorno (Gatón Moreno, González Torres, & Gaviria, 2015).

Es por ello, que la luz natural tiene un impacto sobre muchas facetas que afectan a nuestro estado de ánimo. Vamos a desarrollar algunos de los beneficios de la luz natural con más detalle (Delloye, 2024):

- Mejora en la productividad. La presencia de luz natural en el entorno laboral se asocia con el aumento de productividad y satisfacción en el trabajo. Los empleados confirman que se sienten más motivados y comprometidos cuando sus espacios están bien iluminados con luz natural.
- Mejora en la calidad del sueño. Exponernos durante el día de forma regular a la luz natural contribuye a equilibrar el ciclo de sueño-vigilia. Esto provoca mejoras en la calidad del sueño, favoreciendo un mejor descanso y un estado de ánimo más positivo.
- Ayuda a reducir los síntomas de la depresión. Esto podemos verlo en el caso comentado anteriormente, para personas que padecen de Trastorno Afectivo Emocional. En casos como este, se usa la luz natural como tratamiento.
- Mejora en la salud mental. Las investigaciones indican que quienes residen en lugares bien iluminados con luz natural, suelen experimentar tasas más bajas de ansiedad y depresión.

La luz natural es capaz de influir en nuestros procesos biológicos y psicológicos. Mostraremos a continuación algunos mecanismos claves (Delloye, 2024):

- Producción de serotonina. La luz natural estimula la producción de serotonina, que es conocida como la hormona del “bienestar”. El aumento de los niveles de esta hormona se relaciona con una mejora en el estado de ánimo y una disminución de los síntomas depresivos.
- Síntesis de vitamina D. La luz natural es una fuente esencial de vitamina D, la cual influye en la estabilidad del estado de ánimo. La falta de esta vitamina se asocia con afecciones como el Trastorno Afectivo Estacional, que como mencionamos anteriormente, provoca síntomas depresivos en épocas de menor exposición a la luz.
- Reducción de las hormonas del estrés. Está comprobado que la luz natural ayuda a disminuir los niveles de hormonas del estrés. Un ejemplo de estas hormonas es el cortisol. Una reducción en los niveles de cortisol se relaciona con menor estrés y ansiedad.

3.2.2. Importancia de la luz en entornos terapéuticos y educativos

Los entornos terapéuticos y educativos suelen ser espacios donde las personas pasan muchas horas a la semana, por lo que la iluminación es un factor clave.

El impacto de la luz en el rendimiento escolar ha sido objeto de estudio durante más de 50 años. En la década de los 60, en Estados Unidos, Collins propuso el uso de techos con cristales y luces cenitales para estimular el aprendizaje creativo. Con este estudio, Collins pudo concluir que la ausencia de grandes ventanas no afecta significativamente al desempeño estudiantil, aunque desaconseja diseñar aulas sin ventanas. En 1979, Weinstein también concluyó que la presencia o ausencia de ventanas no influye en la concentración ni en el rendimiento académico (Cachán, Carbelo, García, & Mateo, 2012).

Por otro lado, en el año 1992, Kuller y Lindsten llevaron a cabo un estudio en Suecia a cerca de los efectos de la luz natural frente a la iluminación fluorescente en el aula. Los resultados mostraron que la falta de luz natural altera los patrones hormonales, afectando a la concentración y a la cooperación. También a largo plazo podría afectar al crecimiento y salud de los estudiantes, llegando a provocar retrasos en su desarrollo cronobiológico y mayor vulnerabilidad a contraer enfermedades escolares (Cachán, Carbelo, García, & Mateo, 2012).

Estudios realizados en la Clínica de Psicología Infantil y Juvenil del hospital de Hamburgo por el profesor Schulte-Markwort, en 2009, aportan información relevante sobre la disminución de la hiperactividad en las clases en un 79%,

utilizando el ajuste de la luz Calma del sistema ideado por Phillips, denominado SHOOVISION. También se comprobó con esta investigación que la velocidad de lectura aumentaba un 35% cuando se utilizaba este sistema de iluminación para leer. Además, los errores de comprensión lectora se redujeron a un 45% con este sistema (Cachán, Carbelo, García, & Mateo, 2012).

De otro estudio que se realizó en 21000 estudiantes estadounidenses, en 1999, se obtuvieron datos de que los resultados de los exámenes fueron un 25% más altos en aquellos estudiantes que recibieron las clases en aulas con más luz natural (Cachán, Carbelo, García, & Mateo, 2012).

Por tanto, como vemos, la iluminación es un factor muy importante que puede afectar en el desarrollo del aprendizaje, comportamiento emocional y comportamiento cognitivo.

3.3. El color

Como hemos explicado en apartados anteriores, el color y la luz están muy relacionados. Somos capaces de percibir los colores cuando una luz incide en un objeto. Este objeto refleja las longitudes de ondas que vemos y absorbe las demás. Nuestros ojos captan la luz que refleja el objeto a través de los conos que se encuentran en la retina. Esta información viaja al cerebro donde se procesa y se interpretan, creando así la percepción del color.

3.3.1. Psicología del color

La psicología del color estudia cómo los colores influyen en nuestras emociones, percepciones y comportamientos. Cada color puede evocar diferentes sensaciones que desarrollaremos posteriormente.

Aunque estas emociones pueden variar dependiendo de la cultura y la experiencia personal. El entorno visual también es un factor que juega un papel importante en la percepción del color, ya que las personas nos exponemos a distintos patrones cromáticos de la naturaleza y niveles de luz solar diferentes dependiendo de la ubicación geográfica. Esto puede influir en la manera en la que se perciben y valoran los colores (Sánchez Borrero, 2024).

Sin embargo, el contexto y la geografía pueden influir no solamente en la percepción del color a nivel visual, también a nivel emocional. Los colores pueden evocar recuerdos y sentimientos que están profundamente conectados con el entorno en el que una persona ha crecido y sus experiencias vividas (Sánchez Borrero, 2024).

Los colores pueden utilizarse como métodos para estimular la creatividad, calmar la ansiedad o aumentar la energía. Debemos tener en cuenta que la

percepción del color, como hemos explicado anteriormente, es subjetiva y puede variar dependiendo de la persona. Sin embargo, cuentan con características generales que desarrollaremos a lo largo de este apartado.

Los colores se pueden denominar cálidos o fríos dependiendo de su posición en el espectro electromagnético. Los colores cálidos corresponden a ondas largas, mientras que los fríos provienen de ondas más cortas. La percepción de estos colores está vinculada a su asociación con elementos que evocan sensaciones térmicas. Por eso, los colores como el amarillo, rojo y sus tonalidades se asocian con el sol, el calor y el fuego, mientras que los azules, verdes y algunos violetas evocan sensaciones de frescura, profundidad, humedad, agua y hielo (EASD, 2018).



Figura 2. Gama de colores cálidos y fríos. (EASD, 2018)

Los colores cálidos generan una sensación de expansión, por lo que sobresalen cuando contrastan con otros, acercándose al observador. En cambio, los colores fríos absorben la luz, creando un efecto de profundidad y dando la impresión de estar más distantes (EASD, 2018).

La gama de colores fríos suele relacionarse con la tranquilidad, la calma, la pasividad, y, asociándose con el invierno y el frío. En el caso contrario, los colores cálidos transmiten energía, dinamismo, alegría y entusiasmos, relacionándose con el verano y el calor (EASD, 2018).

Sin embargo, los colores se interpretan de diferentes maneras dependiendo del contexto. A continuación, vamos a identificar los colores más importantes que cuentan con significados aceptados con carácter general y explicar sus principales características. También desarrollaremos los atributos asociados a los diferentes campos sociales, culturales, religiosos o de otro tipo. (EASD, 2018).

El color amarillo se asocia con la luz, el oro, la riqueza y el poder. Además, transmite energía y estimulación. En la religión, el “amarillo oro” simboliza la divinidad. Sin embargo, también puede representar emociones negativas como la envidia, la ira y la traición, e incluso generar irritación (EASD, 2018).

El color naranja, por su parte, simboliza entusiasmo y acción. Está vinculado a religiones orientales y tiene significados que tienen que ver tanto con lo terrenal,

como la lujuria y sensualidad; como con lo divino o espiritual, representando la exaltación (EASD, 2018).

El rojo es un color intenso que trasmite alegría y celebración, pero también simboliza la sangre, el fuego, la pasión y la fuerza. Puede asociarse con la destrucción, la violencia y el peligro. Al ser un color cálido, da sensación de cercanía y expansión (EASD, 2018).

El azul evoca el espacio, la lejanía y el infinito. Se asocia, en publicidad, con limpieza y frescura. Trasmite tranquilidad, afecto, frialdad e inteligencia. Al ser un color frío, da la impresión de alejamiento (EASD, 2018).

El verde representa la naturaleza y la esperanza, además de simbolizar el equilibrio emocional. Sin embargo, también tiene connotaciones negativas como el veneno, lo demoniaco y los celos (EASD, 2018).

El color violeta se vincula con la pasión, el sufrimiento y la muerte. También se asocia con la tristeza y penitencia. Su variante púrpura está relacionada con la realeza, la dignidad, la melancolía y la delicadeza (EASD, 2018).

El marrón es un color sobrio que evoca al otoño, transmitiendo gravedad y equilibrio. Se percibe con un color realista debido a su asociación con la tierra (EASD, 2018).

El blanco se asocia con pureza, limpieza, paz y virtud, mientras que el negro representa oscuridad, muerte y luto. En ocasiones el color negro también puede simbolizar elegancia (EASD, 2018).

Por último, los tonos grises son colores neutros, pasivos y sin energía. Además, estos transmiten resignación (EASD, 2018).

3.3.2. Percepción del color en personas con TEA.

Diversos estudios han documentado respuestas inusuales al color en personas con TEA, incluyendo afinidades o rechazos hacia ciertos colores. Algunas investigaciones han encontrado efectos inesperados del color en la percepción y el procesamiento visual en las personas que padecen TEA. Esto sugiere que pueden experimentar la información cromática de manera distinta a la población que no padece TEA (Simmons, y otros, 2009).

El primer estudio sobre la visión del color en TEA, realizado por Ludlow, Wilkins, & Heaton (2006), demostró que el uso de filtros de color mejoraba la velocidad de lectura en niños autistas, lo que respalda la idea de que los colores pueden influir en la activación de ciertas áreas de la corteza visual (Simmons, y otros, 2009).

Otras investigaciones han explorado también la discriminación de los diferentes colores y la memoria de estos en niños con TEA. Heaton, Hudry, Ludlow, & Hill (2008) realizaron un experimento con 3 grupos de niños, de los cuales uno, estaba formado por niños con TEA. Primero se realizó la discriminación de colores. Se mostraban 3 parches de color, dos de ellos eran iguales y el tercero tenía un tono ligeramente diferente, debiendo elegir el que era diferente. En este primer estudio hubo diferencias entre los niños que padecen TEA y los que no. Después se realizó el estudio basado en la memoria del color. Para ello se asociaron imágenes de animales familiares con los colores rojo, azul, verde y amarillo, luego se pedía que los niños se mostraba el animal y los niños debían señalar el color correspondiente a cada animal. Ambos grupos estuvieron igualados, situándose ambos por encima del azar. Sin embargo, hicieron una segunda parte de este experimento en el que esta vez se presentaron tres colores alternativos para cada imagen de animal mostrada, eran de la misma categoría de color, pero con diferentes tonos. En este resultado se obtuvo que el grupo de niños con TEA fue el único que superó el azar.

Estos estudios concluyeron que los niños con TEA mostraban dificultades para discriminar colores y para la primera fase del experimento de la memoria. Sin embargo, destacaron en la segunda fase del experimento de la memoria del color, debido a que se relaciona con su capacidad verbal (Simmons, y otros, 2009).

Se plantea que la capacidad verbal influye en la percepción del color. Los niños con desarrollo típico asocian los colores con etiquetas verbales, lo que puede generar confusión en tareas de memoria cuando los colores tienen nombres similares. En cambio, los niños con dificultades en el lenguaje dependen más de su percepción visual para recordar los colores. Esto les permite diferenciarlos mejor siempre y cuando las variaciones sean evidentes (Simmons, y otros, 2009).

Otra investigación relacionada la realizó Paron Wildes A. (2005) donde descubrió que los conos y bastones del ojo en niños con TEA presentaban anomalías debido a desequilibrios químicos o deficiencias neuronales. El 85% de los evaluados percibía los colores con mayor intensidad que los neurotípicos, especialmente los rojos y los colores primarios en tonos fluorescentes y vibrantes. Un 10% veía los colores de manera similar a los niños sin TEA, mientras que un 5% los percibía en tonos apagados o grises. Se concluyó que era recomendable el uso de colores de baja saturación ya que tienen un efecto calmante, un ejemplo de este color podría ser el rosa pálido. Las diferentes tonalidades de los colores fríos como el azul o el verde también producen este efecto tranquilizador. También se sugirió emplear esquemas monocromáticos y evitar patrones lineales e intrusivos en telas y tapices, reservando los colores primarios únicamente para juguetes ligeros que pueden situarse a distancia (Jofré Romeo, 2016).

En general, estos estudios indican que los niños con autismo presentan dificultades en la percepción del color. Esto podría tener implicaciones importantes para comprender el procesamiento visual en las personas con TEA.

3.4. El sonido

Podemos definir el sonido como la percepción en nuestro cerebro de las variaciones de presión generadas por una vibración que se propaga a través de un medio elástico y que es captada por el oído. Su ausencia se conoce como silencio, aunque este es relativo, ya que no existe en la naturaleza un silencio absoluto (Luque Ordoñez, 2022).

La vibración se trasmite a través a través del medio elástico en forma de ondas mecánicas longitudinales de presión, que se denominan ondas sonoras. Al ser el sonido una onda sonora, posee las siguientes características distintivas (Luque Ordoñez, 2022):

- Onda mecánica. A diferencia de las ondas electromagnéticas, las ondas mecánicas necesitan un medio material (sólido, líquido o gaseoso) para propagarse, por lo que el sonido no puede viajar en el vacío. Generalmente, el aire es el medio por el cual el sonido llega a nuestros oídos. Además, debemos tener en cuenta que el medio debe ser elástico para permitir la transmisión de vibraciones. El sonido se propaga mediante la compresión y expansión del medio, transmitiendo la perturbación de una partícula a otra en un movimiento en cadena.
- Onda longitudinal. Las partículas del medio vibran en la misma dirección en la que se propaga la onda sonora.
- Onda esférica. El sonido se desplaza en tres dimensiones, formando frentes de onda en forma de esferas que se expanden desde la fuente emisora.

Por tanto, el sonido es un fenómeno vibratorio que se propaga en forma de ondas. Para que se produzca sonido, es necesario que exista una fuente que genere la vibración (Luque Ordoñez, 2022).

Dentro del sonido, es importante hablar del concepto de ruido, que podemos definir de manera resumida como un sonido que no es deseado. Se puede definir el ruido como una mezcla de sonidos no coordinados que generan una sensación molesta en el oído. Se considera ruido cualquier sonido que interrumpa o dificulte una actividad humana. La percepción del ruido es subjetiva, ya que un sonido agradable para una persona puede resultar molesto para otra en determinado momento (Luque Ordoñez, 2022).

El término “contaminación acústica” se refiere al exceso de sonido de alta intensidad generado por actividades humanas, que altera el equilibrio ambiental en una zona específica. Aunque el ruido no se acumula ni perdura en el tiempo como otros contaminantes, puede afectar la calidad de vida y provocar daños fisiológicos y psicológicos si no se controla adecuadamente. Las principales fuentes que causan la contaminación acústica incluyen el transporte, la construcción y la industria, entre otras (Luque Ordoñez, 2022).

3.4.1. Impacto emocional del sonido.

Investigaciones recientes señalan que la contaminación sonora es uno de los factores ambientales con mayor impacto en la salud ya que influye de forma negativa en aspectos como la salud cognitiva (Riccomini, 2024).

Existe una clasificación de los efectos que tiene el ruido como contaminante ambiental en la salud. Se divide en dos grandes grupos (Riccomini, 2024):

- Efectos auditivos. Estos se producen debido a la exposición a niveles elevados de sonido. Pueden provocar pérdida auditiva debido al desplazamiento del umbral auditivo. La continua exposición a ruidos intensos puede causar daños permanentes en la audición. Los ruidos repentinos y de gran intensidad, aunque sean breves, pueden llegar a producir también daños permanentes. El ruido excesivo también puede causar síntomas como zumbidos o sensación de ensordecimiento, que puede revertirse con el descanso. Sin embargo, si no se toman precauciones, el daño auditivo puede volverse irreversible, afectando la comunicación, el desarrollo cognitivo y socioemocional, el rendimiento académico y las oportunidades laborales.
- Efectos no auditivos. Dentro de esta categoría se clasifican cinco tipos de efectos (Riccomini, 2024):
 - Molestia y malestar. Suelen ser las reacciones a sonidos indeseados. Puede llevar a síntomas físicos, como el dolor de cabeza.
 - Trastorno del sueño. El ruido puede afectar a la conciliación del sueño, interrumpiendo el descanso o disminuyendo su calidad.
 - Estrés y consecuencias. La constante exposición al ruido, al afectar al descanso, concentración y comunicación, puede generar diversas consecuencias en la salud. Entre ellas se incluye la fatiga crónica, reducción del rendimiento, insomnio, enfermedades cardiovasculares, alteraciones en el sistema inmunológico y problemas psicofísicos, como la ansiedad, depresión, irritabilidad, náuseas, migrañas y trastornos psiquiátricos. Además, puede

afectar a la conducta, llevando a actitudes antisociales como intolerancia, agresividad y aislamiento social.

- Interferencia en la comunicación. La presencia de ruido puede llevar a dificultades en el proceso de comunicación hablado.
- Concentración y rendimiento. El ruido afecta de forma negativa al desempeño de tareas que requieren atención y concentración, reduciendo el rendimiento. Del mismo modo, dificulta la percepción de estímulos sonoros cuando hay ruido ambiental, ya que interfiere en su correcta recepción.

En el lado opuesto se encuentra la Musicoterapia, que consiste en una técnica terapéutica cada vez más utilizada con la intención de prevenir, restaurar y acrecentar la salud física y mental del ser humano (Poch Blasco, 2001).

La música en el ser humano provoca diferentes efectos que desarrollaremos seguidamente (Pérez Vallejo, 2010):

- Efectos fisiológicos. La música provoca aceleraciones o retardo de las principales funciones orgánicas. Tiene efectos en la presión arterial, ritmo cardíaco y pulso, respiración, respuesta galvánica de la piel, respuestas musculares y motóricas, y, respuestas cerebrales.
- Efectos psicológicos. La música influye en el sistema nervioso, por lo que puede provocar efectos sedantes, estimulantes o enervantes en el ser humano. También la música puede evocar, provocar, despertar, fortalecer y desarrollar sentimientos en los seres humanos.
- Efectos intelectuales. La música ayuda a desarrollar la capacidad de atención, imaginación, reflexión, memoria... También facilita en los niños, el aprendizaje, la formación del pensamiento lógico y el desarrollo del orden y análisis.
- Efectos sociales. La música es capaz de favorecer la expresión de uno mismo, sugerir sentimientos e ideas sin necesidad de palabras o de actuar como agente socializante.

3.4.2. Impacto del sonido en personas con TEA

Estudios clínicos observan comportamientos atípicos en personas con TEA, como respuesta a ciertos sonidos y voces particulares (Michel, Ricou, Bonnet-Brilhault, Houy-Durand, & Latinus, 2024). Presentan alteraciones en el procesamiento sensorial, que puede manifestarse como una mayor sensibilidad al ruido o, por el contrario, una reacción reducida a ciertos sonidos (Rotschafer, 2021).

Una de las dificultades más comunes en el TEA es la incapacidad para filtrar los sonidos relevantes del ruido de fondo, lo que afecta a la comprensión y discriminación auditiva. Infiere en la capacidad de las personas para concentrarse en una conversación o en una actividad auditiva cuando hay sonidos presentes en el entorno (Rotschafer, 2021).

De manera conductual, muchas personas con TEA muestran una baja tolerancia a ruidos intensos o inesperados. Además, muestran dificultades para habituarse a estímulos auditivos repetitivos. Estos factores pueden generar estrés y ansiedad en el desarrollo y comprensión de lenguaje, ya que el procesamiento de palabras y frases puede verse alterado (Rotschafer, 2021).

Estas dificultades que presentan las personas con TEA en la percepción del sonido, también se reflejan en el procesamiento y la comprensión del lenguaje (Rotschafer, 2021).

Se ha observado que presentan respuestas inusuales a los fonemas, que son los sonidos básicos del lenguaje. Esto puede deberse a que presentan dificultades para percibir estímulos auditivos complejos o problemas específicos en la atención auditiva hacia los elementos lingüísticos. Existen indicios de que las dificultades en la percepción de sonidos pueden afectar a la comprensión del lenguaje, aunque también hay evidencias de que los problemas pueden estar relacionados con la información lingüística (Rotschafer, 2021).

El ruido de fondo afecta especialmente la capacidad de las personas con TEA para comprender el habla, y ciertas características de este ruido pueden dificultar aún más la discriminación de palabras. Se ha demostrado que los individuos con TEA tienen más dificultades para identificar el habla cuando el ruido de fondo presenta caídas temporales.

En un experimento llevado a cabo por Groen, y otros (2009) y diseñado para evaluar esta dificultad, se pidió a los participantes con TEA y a un grupo de personas neurotípicas que repitieran palabras presentadas sobre un fondo de "ruido rosa", un sonido distribuido en las frecuencias del sistema auditivo humano. Los resultados mostraron que ambos grupos tuvieron dificultades cuando el ruido de fondo presentaba caídas temporales, pero la afectación era mayor en el grupo de personas con TEA. De manera similar, cuando se evaluó la capacidad de extraer las oraciones completas en diferentes condiciones de ruido de fondo, las personas con TEA mostraron un desempeño significativamente peor en aquellas en las que había caídas temporales o espectrotemporales en fondos similares al habla. Una de las hipótesis que se plantean con este experimento es que las personas neurotípicas pueden reconstruir las oraciones utilizando pistas por el contexto. Sin embargo, las personas con TEA son menos capaces de reunir estas pistas (Rotschafer, 2021).

Estos hallazgos sugieren que las personas con TEA pueden requerir un entorno auditivo más controlado para optimizar su capacidad de procesamiento del lenguaje. La dificultad para integrar información auditiva en presencia de ruido podría explicar parte de sus desafíos en la comunicación y la interacción social (Rotschafer, 2021).

Por otro lado, nos encontramos con la musicoterapia, herramienta que es de gran ayuda para ayudar a las personas con TEA. Según el estudio realizado por Ghasemtabar y otros (2015) se confirma que son muchas las ventajas que produce la musicoterapia en personas con TEA. Esta puede satisfacer sus necesidades básicas, desarrollar su autoconcepto, favorecer su involucración en relaciones sociales.

En el libro titulado Musicoterapia en Educación Especial se explica cómo muchos niños han mejorado su deficiencia gracias al uso de la musicoterapia, aunque esta mejora también dependerá del grado de deficiencia que la persona padezca. La musicoterapia ayuda a estas personas a favorecer la manifestación de tensiones, problemas, inquietudes, miedo, bloqueos, etc. Además, es de ayuda para aliviar y disminuir la ansiedad. Puede servir también como medio de expresión y comunicación, favorecer el desarrollo emocional y mejorar las percepciones, motricidad y afectividad de una manera muy notable (Garrote Rojas, Pérez Angulo, & Serna Rodríguez, 2018).

Con la musicoterapia se consigue que estas personas tengan un mayor equilibrio psicofísico y emocional, y, que se establezca una comunicación a través del arte, que es más inmediata y profunda que la comunicación mediante palabras. Los estímulos que se general a través de la música producen un aumento en el rendimiento corporal y en el riego sanguíneo cerebral (Garrote Rojas, Pérez Angulo, & Serna Rodríguez, 2018).

3.5. El tacto

El tacto fue el primer sentido que apareció en la historia de la evolución. Se considera que es la base de los demás sentidos, como la vista, el oído, el olfato y el gusto. De forma tradicional, se conoce al tacto como la “madre de los sentidos” debido a su papel fundamental en la percepción. Conforme avanza la edad del ser humano, la estructura y función del tacto puede cambiar, pero sigue siendo esencial para la experiencia sensorial (Montagu, 2004).

La piel, es el órgano más grande del cuerpo, y es clave en este proceso. El sistema táctil es el primero en activarse tanto en los seres humanos como en otras especies animales que se han estudiado hasta el momento. De hecho, el tacto es el primer sentido en desarrollarse en el embrión humano y, junto con el

cerebro, es uno de los sistemas más importantes del organismo (Montagu, 2004).

El tacto es el sentido que nos permite tener la sensación de realidad, es decir, se basa en percibir y concebir todo lo que existe a nuestro alrededor. Existen diferentes elementos que participan en el sentido de la piel. Estos pueden ser la presión, el dolor, el placer, la temperatura, los movimientos musculares de la piel, el roce, etc. (Montagu, 2004).

3.5.1. Importancia de los materiales en el sentido del tacto.

Durante sus primeros años de vida, los niños empiezan a sentir curiosidad por el entorno que les rodea. Empiezan a investigar, experimentar con los objetos de su alrededor y a manipular todo lo que encuentren a su mano. Esto refuerza el aprendizaje y desarrollo de los más pequeños, ofreciéndoles experiencias, conocimientos sobre sí mismos y sobre el entorno que les rodea, propiedades de los materiales y cualidades de los objetos. El tacto juega un papel esencial en esta etapa ya que ayudará en la mejora de las habilidades motrices, destrezas, y habilidades cognitivas (Moreno Lucas, 2015).

Los materiales suelen tomar gran importancia durante la etapa de educación infantil de los más pequeños, siendo protagonistas en el aprendizaje. Esto es debido a que los niños aprenden mientras tocan los diferentes materiales que componen los productos de su alrededor, ya que así estimulan gran cantidad de procesos cognitivos (Moreno Lucas, 2015).

Para trabajar el sentido del tacto, los niños pueden realizar actividades con materiales de diferentes texturas, como pueden ser cartones, papeles de lija o papeles de seda, en las que los más pequeños puedan hacer clasificaciones y así aprender a diferenciarlos. La pedagoga Montessori realizó grupos de objetos según sus cualidades, como el color, la forma, las dimensiones o el sonido, formando así una serie de materiales sensoriales que se colocaban en lugares de fácil acceso para los niños. Se pretendía que los niños pudieran elegir libremente los objetos a usar, siguiendo sus preferencias y creando una gran motivación en el aprendizaje (Moreno Lucas, 2015).

La tendencia que estos niños tienen a tocar todo lo que les rodea, se verá intensificada conforme vaya creciendo. Consiste en una de las principales vías de aprendizaje para llevar a cabo su desarrollo y madurez (Moreno Lucas, 2015).

3.5.2. Relación entre los materiales y las necesidades de las personas con TEA.

Los materiales tienen gran importancia en el diseño del producto, para ofrecer al usuario comodidad, seguridad, y, accesibilidad física, cognitiva y sensorial. Las

personas con TEA tienen dificultades para ordenar, procesar e integrar la información sensorial del entorno y de los objetos de su alrededor. Por ello, se deben seleccionar los materiales de manera óptima con el objetivo de mejorar la interacción usuario-producto, reducir el estrés y mejorar la aceptabilidad de las tareas (Cañete, Picardo, Trueba, Torres, & Peralta, 2024).

Las personas con TEA que sufren hipersensibilidad cuentan con bajos límites sensoriales. Esto puede llevar a que le provoquen malestar sensorial muchos estímulos del entorno, provocando respuestas exageradas en la persona. Debido a esto, los productos diseñados para que lo usen este tipo de personas deben centrarse en el objetivo de relajar y evitar la sobrecarga sensorial (Cañete, Picardo, Trueba, Torres, & Peralta, 2024).

En el caso contrario, las personas con TEA que padecen hiposensibilidad cuentan con elevados límites sensoriales. Esto hace que estas personas no detecten muchos de los estímulos de su alrededor, llevando a respuestas insuficientes. Por ello, los productos que se diseñen específicamente para las personas que padecen estas características deben centrarse en la estimulación sensorial (Cañete, Picardo, Trueba, Torres, & Peralta, 2024).

A continuación, detallaremos algunos de los atributos que deben tenerse en cuenta a la hora de la elección de materiales para el diseño de productos destinados a personas con TEA (Cañete, Picardo, Trueba, Torres, & Peralta, 2024):

- Atributos físicos. Para el caso de las personas con hipersensibilidad, lo más adecuado es utilizar materiales de poca densidad. Sin embargo, para el caso de las personas con hiposensibilidad, será más correcto el uso de materiales de mayor densidad.
- Atributos mecánicos. Las personas con TEA en situaciones de crisis y ansiedad pueden realizar movimientos impulsivos, bruscos y repetitivos, por lo que los materiales del producto deben ser resistentes.
- Atributos térmicos. Lo ideal es utilizar materiales que no se deformen con los cambios de temperatura. Deberán ser materiales que cuenten con un bajo coeficiente de expansión.
- Atributos eléctricos. Son beneficiosos los materiales que cumplen con funciones conductoras en productos interactivos e inteligentes.
- Atributos ópticos. Se deben priorizar el uso de tonos azules, verdes y morados. Se deben evitar los tonos rojos y blancos, a no ser que se usen para resaltar algún elemento específico.

- Atributos de procesamiento. Es de importancia para las personas con hipersensibilidad, utilizar materiales que se puedan moldear fácilmente y evitar bordes afilados. Por otro lado, para las personas hiposensibles son beneficiosos los bordes afilados y formas complejas.
- Atributos estéticos. Se basan en las características visuales. En el diseño de productos destacan las texturas que son texturizadas, sobre todo con acabados naturales. Esto mantendrá la atención del usuario. También son importantes las superficies rugosas y elementos flexibles que atraigan al usuario, aunque el cuerpo principal del objeto debe percibirse como rígido para evitar equivocaciones al reconocer la forma principal del objeto.

3.5.3. Materiales aptos para productos infantiles

La elección de los materiales para el diseño y fabricación de productos que van destinados a niños, es un factor muy importante tanto para la funcionalidad como para la estética, pero también para la seguridad y durabilidad del producto.

Los polímeros plásticos son materiales muy utilizados en el sector de los juguetes debido a la gran cantidad de ventajas que ofrecen. Algunas de estas ventajas son su facilidad de moldeo, que permite crear formas complejas y con mucho detalle; su resistencia al impacto y ligereza, que son de gran importancia para garantizar que el producto resiste el uso intensivo y los posibles golpes que pueda tener y la capacidad de coloración, ya que permiten crear productos estéticos (Quimisor, 2022).

A continuación, vamos a estudiar diferentes polímeros y sus propiedades:

- Policloruro de Vinilo (PVC)

El cloruro de polivinilo (PVC) es un material plástico muy versátil y económico. Es muy utilizado en la producción de gran cantidad de productos, como los juguetes infantiles. Se trata de un material que tiene una textura suave y su peso es robusto, permitiendo obtener muy buenos acabados de pintura (Demeng, 2024).

El PVC es un plástico que es duro y rígido en su estado natural. Para los juguetes infantiles se suele modificar sus características para hacerlos suaves y blandos. Esto se hace añadiendo químicos conocidos como ftalatos. Sin embargo, existen estudios que la exposición a los ftalatos puede provocar daños en el hígado, los riñones y el sistema reproductivo, además de interferir con los sistemas hormonales que regulan el crecimiento y desarrollo normal en niños (Canadian, 2004).

- Polipropileno (PP)

El polipropileno es una de las opciones más seguras y duraderas para la fabricación de productos infantiles. Destaca por su elevada resistencia al impacto y a la humedad (Mercai, 2024).

También soporta bien el calor y garantiza seguridad en los juguetes que pueden exponerse a altas temperaturas, y es fácil de moldear (Mercai, 2024).

- Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)

El Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) es uno de los polímeros más empleados en juguetes que necesitan que sean muy precisos y resistentes. Es conocido por ser el material de los bloques de LEGO. Destaca por su gran estabilidad dimensional y resistencia a impactos (Mercai, 2024).

Este material es muy utilizado para productos que deben mantener su forma exacta con el paso del tiempo, incluso con mucho uso. Además, el ABS proporciona un acabado liso y brillante. Esto proporciona estética superior en los productos (Mercai, 2024).

- Polietileno (PE)

El polietileno (PE) es un polímero muy versátil que se usa comúnmente en la industria del juguete. Existen dos tipos de polietileno:

- Polietileno de baja densidad (LDPE). Es flexible y resistente, ideal para juguetes suaves, inflables o que necesitan aguantar desgarros. Es muy común que se use para muñecos inflables y juguetes de exterior.
- Polietileno de alta densidad (HDPE). Es más rígido y robusto que el LDPE, lo que lo hace perfecto para productos con estructura.

- Bioplásticos

Los bioplásticos son la alternativa a los plásticos provenientes de combustibles fósiles que más se conocen. Consisten en plásticos que se sintetizan a partir de materia orgánica vegetal como la caña de azúcar, el maíz, o el almidón de patata o arroz. En comparación con los plásticos tradicionales, su producción genera menos emisiones de gases de efecto invernadero (Pérez Martínez, 2023).

Sin embargo, también cuentan con inconvenientes, ya que requieren de grandes superficies de cultivo y pueden generar contaminación ambiental debido al uso

de fertilizantes, pesticidas y químicos en su fabricación. Además, no todos los bioplásticos son biodegradables (Pérez Martínez, 2023).

También vamos a estudiar materiales que son alternativas al plástico:

- Madera

Para los productos que se fabrican en madera es importante que estén tratados con productos naturales. Tiene muy alta durabilidad y resistencia. Además, siempre que no se le añadan aditivos o pinturas con tóxicos, es un material no tóxico (Pérez Martínez, 2023).

- Caucho natural

El caucho natural se obtiene de la savia del árbol *Hevea Brasiliensis*. Esta savia se introduce en moldes y se seca con alta temperatura y baja humedad. Con este material se crean objetos suaves, flexibles e ideales para niños (Pérez Martínez, 2023).

Es de gran importancia asegurarnos de que los juguetes y accesorios infantiles, que puedan estar en contacto con la boca, estén hechos sin aditivos, es decir, íntegramente de caucho natural (Pérez Martínez, 2023).

- Bambú

El bambú es una planta que crece normalmente en climas cálidos y húmedos. Los bosques de bambú se regeneran rápido y de forma natural, sin necesidad de usar pesticidas ni fertilizantes. Se trata de un material muy resistente, que está siendo cada vez más popular como alternativa al plástico que se usa en productos de un solo uso (Pérez Martínez, 2023).

El bambú absorbe más dióxido de carbono y libera más oxígeno que otros árboles. Sin embargo, el bambú que consumimos de forma local no viene de plantaciones cercanas ni es utilizado por fabricantes de proximidad (Pérez Martínez, 2023).

- Corcho

El corcho es un material que ofrece propiedades muy interesantes para los juguetes: es suave, flota, es impermeable y tiene cualidades naturales que retardan la lama. Este material se obtiene principalmente de la corteza del alcornoque, un árbol muy abundante en la región mediterránea (Pérez Martínez, 2023).

- Tela

La mayoría de las fibras naturales, como el algodón, el lino y la lana, son aptas para fabricar productos para niños. Es esencial que provengan de cultivos ecológicos y que no se tiñan con colorantes sintéticos para garantizar que no contengan tóxicos y sean completamente biodegradables. también es importante que no se traten con productos químicos durante su producción (Pérez Martínez, 2023).

4. FRECUENCIA CARDÍACA

4.1. Conceptos básicos de la frecuencia cardiaca.

La frecuencia cardiaca consiste en el número de veces que el corazón se contrae a lo largo de un minuto. Los médicos consideran que el corazón funciona correctamente si el número de latidos por minuto se encuentra en el rango adecuado, es decir se considera una adecuada frecuencia cardiaca (Fundación Española del Corazón, 2022).

Cuando nacemos, la frecuencia cardiaca es más elevada. Con el crecimiento, la frecuencia cardiaca va disminuyendo hasta alcanzar las cifras normales de un adulto. Los expertos afirman que este rango se encuentra entre los 50 y 100 latidos por minuto en reposo en personas adultas (Fundación Española del Corazón, 2022).

Sin embargo, la frecuencia cardiaca puede variar dependiendo de diversos factores como puede ser la constitución, la edad, la frecuencia con la que se hace deporte, el estrés... Es por ello que, la frecuencia cardiaca puede variar de una persona a otra dependiendo de las circunstancias en la que se encuentre. Incluso una misma persona puede tener diferentes valores de frecuencia cardiaca en diferentes momentos del mismo día. Por ejemplo, las emociones pueden aumentar esta frecuencia cardiaca, o, por el contrario, el sueño puede disminuirla (Fundación Española del Corazón, 2022).

La frecuencia cardiaca podemos medirla tomando el pulso en la muñeca. Para ello, se debe colocar los dedos índice y corazón a una distancia de dos centímetros del pliegue de la muñeca. Una vez se tenga esta posición, se debe presionar suavemente la parte interna de la muñeca. Cuando se sienta el primer latido, se cuentan cuántos se producen en 30 segundos. Este resultado se multiplica por dos y obtenemos así la frecuencia cardiaca (Fundación Española del Corazón, 2022).

Dado que la frecuencia cardiaca varía dependiendo de la actividad que se esté realizando, siempre se debe medir cuando la persona está sentada, en reposo y en un ambiente tranquilo. También es recomendable que la persona no haya consumido en las horas previas a la medición, cafeína o algún tipo de excitante (Fundación Española del Corazón, 2022).

Para mantener una buena frecuencia cardiaca, los expertos recomiendan realizar ejercicio físico regular, mantener un peso saludable y mejorar los factores de riesgo cardiovasculares (Fundación Española del Corazón, 2022).

Los resultados normales de la frecuencia cardiaca en reposo para niños de diferentes edades son los siguientes (NIH, 2023):

- Recién nacidos de 0 a 1 mes de edad: 70 – 190 latidos por minuto

- Bebés de 1 a 11 meses de edad: 80 – 160 latidos por minuto
- Niños de 1 a 2 años de edad: 80 – 130 latidos por minuto
- Niños de 3 a 4 años de edad: 80 – 120 latidos por minuto
- Niños de 5 a 6 años de edad: 75 – 115 latidos por minuto
- Niños de 7 a 9 años de edad: 70 – 110 latidos por minuto
- Niños de 10 años o más y adultos (incluso ancianos): 60 a 100 latidos por minuto
- Atletas bien entrenados: 40 – 60 latidos por minuto

4.2. Relación entre el aumento de la frecuencia cardiaca y los niños con TEA.

Varias investigaciones evidencian el valor de la frecuencia cardiaca como herramienta para una mejor comprensión del estrés y trastornos del sueño en personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA).

El estudio llevado a cabo por Fioriello, y otros (2020), destaca cómo las variaciones en la frecuencia cardiaca pueden asociarse con respuestas al estrés en niños con TEA. A través de monitorización durante diversas actividades interactivas, los investigadores observaron que el aumento de la frecuencia cardiaca estaba relacionado con una mayor sintomatología del TEA. Esto se vio sobre todo en momentos de alta estimulación social, como cuando jugaban al juego de las burbujas. Se comprobó que el estrés fisiológico observado está vinculado al comportamiento autista.

El estudio también resalta que este tipo de monitorización puede ser una herramienta útil para desarrollar estrategias de intervención más personalizadas y efectivas (Fioriello, y otros, 2020).

Otra revisión, respalda la utilidad de la tecnología basada en la biorretroalimentación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en personas con TEA para el manejo de la ansiedad. Se han recabado diferentes estudios que indican que esta técnica muestra efectos positivos a corto plazo en la reducción de síntomas de la ansiedad (Coulter, y otros, 2024).

Sin embargo, también señala que se requieren más investigaciones a largo plazo, que evalúen con precisión el tipo de dispositivo usado, los entornos de aplicación y las medidas complementarias como la medición del cortisol (Coulter, y otros, 2024).

5. TRASTORNOS DEL SUEÑO

5.1. Conceptos básicos de los trastornos del sueño

El sueño se define como una función biológica de gran importancia para los seres vivos. Durante el sueño se producen diversos procesos biológicos que tienen gran relevancia. Algunos de ellos son la conservación de la energía, la regulación metabólica, la consolidación de la memoria, la eliminación de sustancias de desecho, o la activación del sistema inmunológico (Carrillo Mora, Barajas Matínez, Sánchez Vázquez, & Rangel Caballero, 2017).

El sueño suele dividirse en dos grandes fases, que siempre ocurren en el mismo orden. Comienza con el que se denomina sueño sin movimientos oculares rápidos (No MOR), que cuenta con varias fases, y a continuación comienza el sueño con movimientos oculares rápidos (MOR) (Carrillo Mora, Barajas Matínez, Sánchez Vázquez, & Rangel Caballero, 2017).

Los trastornos del sueño se pueden definir como los problemas que tienen las personas para dormir. Estos trastornos incluyen dificultades para conciliar el sueño o para permanecer dormido, problemas debido a quedarse dormido en momentos que no son apropiados, dormir demasiado y conductas inusuales durante el sueño que interrumpen el sueño (Enciclopedia Médica A.D.A.M, 2023).

Esto puede impactar negativamente en el estado de salud de las personas que lo padecen. Muchas personas están familiarizadas con los efectos negativos que pueden producir una o algunas malas noches de sueño. Estos pueden ser somnolencia diurna, irritabilidad, problemas de concentración, dolor de cabeza, fatiga, etc. No obstante, las consecuencias de una mala calidad de sueño crónica son mucho más graves, ya que suponen un factor de riesgo significativo para gran diversidad de enfermedades crónicas (Carrillo Mora, Barajas Matínez, Sánchez Vázquez, & Rangel Caballero, 2017).

5.2. Trastornos del sueño en las personas con TEA

Las personas que padecen TEA presentan cierta vulnerabilidad biológica a los problemas de sueño, entre el 40 y 80%. Los problemas de sueño se empiezan a manifestar de manera más relevante en los primeros años de vida, pudiendo eliminarse el trastorno con el tiempo, o, por el contrario, desarrollarse de forma crónica (Iannizzotto, Paez, Zanin, Azpiroz, & De Bortoli, 2013).

Según el estudio realizado por Pace, Dumortier, Favre-Juvin, Guinot, & Bricout, (2016) la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante el sueño en niños con TEA muestra alteraciones significativas si se compara con la población

neurotípica. Los estudios indican que estos niños presentan una menor modulación vagal (componente del sistema parasimpático que regula la relajación y el descanso) y una mayor actividad simpática, incluso durante el sueño. Esto implica alteraciones en la calidad del sueño y en el comportamiento diurno.

6. RESPIRACIÓN GUIADA

La investigación realizada por el International Journal of Environmental Research and Public Health ha demostrado que las técnicas de respiración son una estrategia efectiva para mitigar la ansiedad y el estrés en estudiantes de primaria (Vallejo, 2025).

El uso de ejercicios de respiración ofrece muchos beneficios (Vallejo, 2025):

- Reducción de la ansiedad. Estas técnicas contribuyen a disminuir los niveles de ansiedad en niños.
- Mejorar la capacidad de regulación emocional. Ayuda a los niños a gestionar mejor sus respuestas emocionales en situaciones de estrés.
- Aumento de la concentración. Puede mejorar la concentración y el enfoque, facilitando el rendimiento académico.

Algunas de las técnicas más destacadas son (Vallejo, 2025):

- Respiración abdominal (diafragmática). Consiste en inhalar profundamente, expandiendo el abdomen para después exhalar lentamente. Esta técnica ayuda a activar el sistema nervioso parasimpático, promoviendo la calma.
- Respiración cuadrada (Box Breathing): Implica inhalar, mantener la respiración, exhalar y mantener la respiración. Cada fase dura el mismo tiempo, lo que ayuda a calmar la mente y el cuerpo.
- Respiración de burbujas. Consiste en una técnica que se basa en el juego, donde los niños imaginan que están soplando burbujas. Esto regula su exhalación y puede ser muy efectivo para los más pequeños.

La integración de estas técnicas en el día a día de los niños como parte de sus rutinas puede ayudarlos a enfrentar desafíos emocionales (Vallejo, 2025).

Diseño de una lámpara adaptada para personas con trastorno de espectro autista (TEA)

También se conecta en esta parte un botón táctil que funciona como interfaz de encendido y apagado manual.

7. NORMATIVAS

Para el diseño del producto se deberán tener en cuenta las siguientes normativas:

- UNE-EN 71-1:2015+A1:2019. Seguridad de los juguetes. Parte 1: Propiedades mecánicas y físicas.
- UNE-EN ISO 7250:1998. Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico.
- UNE-EN 1005-3:2002+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.
- UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas.
- UNE-EN ISO 15536-1:2008. Ergonomía. Maniqués informatizados y plantillas del cuerpo humano. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 547-3:1997+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 3: Datos antropométricos.
- UNE 170001-1:2007. Accesibilidad universal. Parte 1: Criterios DALCO para facilitar la accesibilidad al entorno
- UNE-EN IEC 60598-1:2022. Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos.

8. ESTUDIO DE CASOS

8.1. Análisis de productos similares existentes en el mercado.

Vamos a realizar una búsqueda de productos que cumplan algunas de las funciones o que estén relacionados con nuestro producto. Desarrollaremos varios ejemplos en este apartado.

8.1.1. Soft Light

Consiste en una lámpara cuyas propiedades principales es que es suave y flexible. Está hecha de poliuretano expandido y la intención de su diseño es que el usuario pueda adaptarla a lo que necesite, no ceñirse a un lugar específico. Las propiedades del material, así como su ductilidad permite usar la lámpara para tapar grietas, colocarse entre dos objetos o entre una pared y un objeto (Frambach, 2013).

Cuenta con una luz cálida, que invita al usuario a tocarla. Puede usarse en la cama como lámpara para leer por las noches, o, incluso como almohada para acostarse en ella (Frambach, 2013).



Figura 3. Lámpara Soft Light. (Frambach, 2013)

8.1.2. Breeze

Este producto consiste en una lámpara que imita el inicio y la extinción de fuegos naturales. El fuego puede trasladarse de un sitio a otro y cuando se pretende encender o apagar una llama de fuego natural, lo que hacemos es soplar. Este producto lo que hace es utilizar tecnologías digitales para imitar estos procedimientos que realizamos con el fuego. Se estimula la luz debido a las diferentes interacciones corporales (Yang, 2025).

Cuando Breeze detecta un soplo suave de aire, la lámpara se iluminará ligeramente. Si detecta un soplo más fuerte apagará la luz, como cuando apagamos una vela. Breeze es una lámpara portátil que puede encender otra lámpara si se acerca a esta. Si se usa en espacios de exterior, la propia brisa natural interactúa con la luz como si de fuego se tratase (Yang, 2025).

Puede usarse en diferentes espacios y entornos, pero hay que tener en cuenta que el mango es muy fino y no permite que se sostenga en pie por si sola (Yang, 2025).

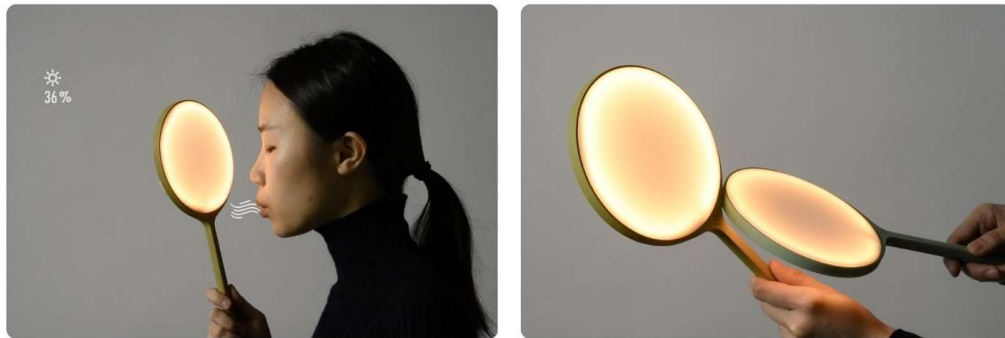


Figura 4. Lámpara Breeze. (Yang, 2025)

8.1.3. Time Machine

La lámpara Time Machine tiene apariencia de reloj de arena y fue diseñada con el objetivo de crear un ambiente de luz suave para antes de dormir, Permite controlar intuitivamente el paso del tiempo ya que la luz tarda 60 minutos en pasar de una mitad del reloj a la otra. Una vez se consumen estos 60 minutos, la lámpara gira y comienza el proceso de nuevo (Sheth, 2020).

Esta lámpara permite cronometrar las actividades nocturnas antes de dormir de una manera rápida y divertida (Sheth, 2020).

Time Machine ganó el premio K-Design en el año 2020 (Sheth, 2020).



Figura 5. Time Machine. (Sheth, 2020)

8.1.4. OLED

Esta lámpara portátil está inspirada en las antiguas lámparas de gas, combinando el pasado con el potencial del futuro. Se compone de dos partes, la parte inferior, es una base para recargarla energía, y, la parte superior, es una luz portátil. El usuario puede utilizarla como lámpara portátil (Kocer & Guven, 2015).

El material utilizado para fabricar el cuerpo de la lámpara es polipropileno y el del mango es goma (Kocer & Guven, 2015).

Este proyecto tiene como objetivo crear una lámpara portátil que una el pasado con la actualidad, ya que antiguamente se solía usar lámparas de linterna (Kocer & Guven, 2015).



Figura 6. Lámpara OLED. (Kocer & Guven, 2015)

8.1.5. Have a moonlight.

Have a moonlight es una lámpara que está diseñada para disminuir el uso del teléfono en la cama antes de dormir ya que este hábito tiene un impacto negativo en las personas. La luz del teléfono dificulta que la persona tenga un sueño reparador, además de causarle trastornos del sueño (Gee Ho, Chan Su, Jae Hyun, & Seung Oh, 2018).

Para solucionar este problema este proyecto propone una lámpara en la que el usuario tenga que colocar el teléfono antes de irse a la cama y esta lo ayudará a conciliar el sueño. Cuando el usuario coloca el teléfono en la lámpara, no podrá recuperarlo hasta por la mañana, cuando suene la alarma (Gee Ho, Chan Su, Jae Hyun, & Seung Oh, 2018).

Este producto está inspirado en la transición de la luna, cambiando la forma de la lámpara de luna lleva a luna creciente. Esto ofrece una experiencia visual al usuario (Gee Ho, Chan Su, Jae Hyun, & Seung Oh, 2018).



Figura 7. Lámpara Have a moonlight. (Gee Ho, Chan Su, Jae Hyun, & Seung Oh, 2018)

8.1.6. Babelt.

Este producto consiste en una pulsera inteligente diseñada para bebés desde recién nacidos hasta los 2 años. Esta pulsera mide la temperatura, frecuencia cardiaca y sueño de tu bebé (Daniel, 2016).

La pulsera puede conectarse al smartphone por Bluetooth y Wifi, donde la aplicación personalizada mostrará los valores de los atributos que mide, además de notificar cualquier cambio inusual (Daniel, 2016).

Cuenta con un diseño flexible que se adapta a diferentes bebés. Los materiales son suaves y antialérgicos con el objetivo de evitar daños en la piel del bebé (Daniel, 2016).

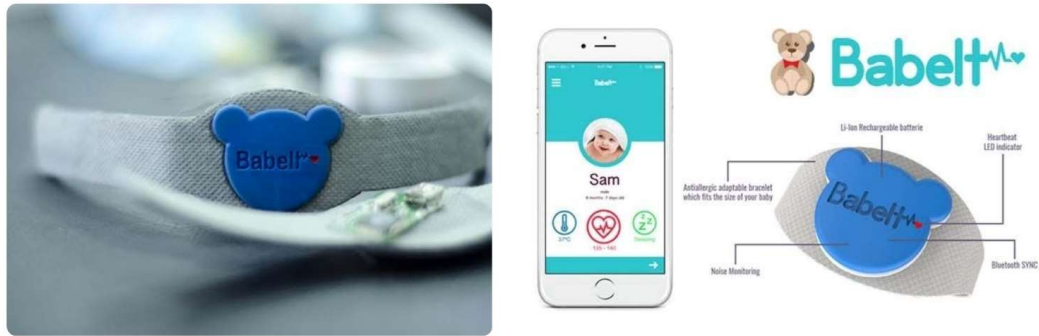


Figura 8. Pulsera inteligente Babelt. (Daniel, 2016)

8.2. Análisis de diseños exitosos para personas con TEA

En este apartado vamos a realizar una investigación sobre los diferentes estudios relacionados con en el diseño de productos para personas con TEA.

8.2.1. KEYme.

Se trata de un juguete inteligente e interactivo que permite que entre el producto y el usuario exista una interacción autónoma. La estructura del juguete cuenta con sensores que recolectan la información de las acciones que realiza el niño durante el juego y la información del entorno. Además, un conjunto de actuadores proporciona la respuesta autónoma del producto, cerrando el bucle de información entre la interacción existente entre el usuario y el producto. Se pretende que el producto ayude a los niños con TEA a desarrollar las habilidades en las que tienen dificultades (Cañete, López, & Peralta, 2021).

Los objetivos que se establecieron para el diseño del producto son los (Cañete, López, & Peralta, 2021):

- Diseño de un producto como tecnología de asistencia que se base en juegos. El producto debe mejorar las habilidades del niño a la vez que se divierte.
- Juguete multifuncional. Debe satisfacer diferentes necesidades de los niños con TEA en un mismo producto. Combinando comunicación e interacción social, flexibilidad de pensamiento y comportamiento, permitiendo que pueda usarse por usuarios de diferentes edades y con diferente grado de autismo.

- Producto interactivo e inteligente. Interacción necesaria entre el objeto y los usuarios, fomentando la realización de tareas con un propósito. Debe tratarse de un producto autónomo que cree un entorno interactivo propio, por lo que las interacciones deben encontrarse dentro de la estructura física.
- Secuencias de juego. El desarrollo de estas secuencias tiene el objetivo de integrar actividades sensoriales, motoras y cognitivas en un mismo dispositivo.
- Imitación. Se prioriza su uso en las secuencias de juego con el objetivo de mejorar la interacción entre el niño con TEA y el compañero que se encuentre jugando con él.
- Producto colaborativo. Debe poder utilizarse para facilitar la integración social y para mejorar las habilidades cognitivas, motoras y sensoriales de estos niños.
- Producto adaptable. Se debe poder adaptar a contextos de uso diferentes como pueden ser, entornos de interior o entornos de exterior.

Además, se seleccionaron las diferentes necesidades primarias que satisface el producto (Cañetel, López, & Peralta, 2021):

- Mejorar la interacción del niño con TEA con los compañeros.
- Estimulación sensorial.
- Mejorar motricidad gruesa y fina.
- Provocar sentimientos de disfrute e interés.
- Reducir la frustración que puede provocar el juego en el niño con TEA.
- Aumentar reciprocidad emocional y social.

Una vez obtenidos los objetivos y necesidades se llevó a cabo un proceso de diseño conceptual y de detalle, llevando al producto final.

Para el diseño se llevó a cabo un estudio antropométrico de la población a la que va dirigida, en este caso a la población infantil entre 3 y 12 años. Para la implementación de las propiedades inteligentes se ha utilizado el software Arduino IDE.

Una vez terminada esta etapa de diseño de detalle, se obtiene el resultado final, que mostraremos en la Figura 9.

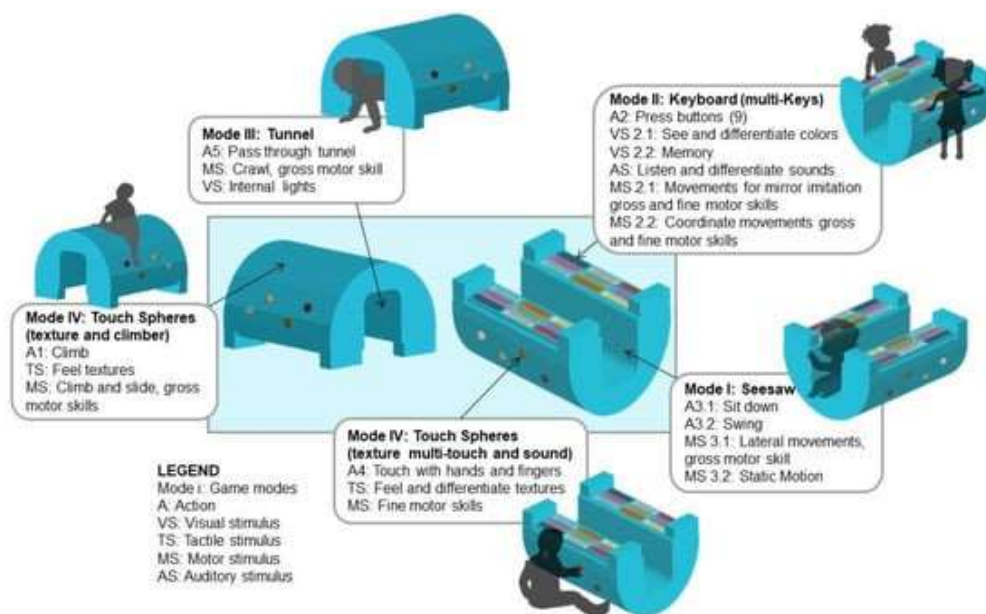


Figura 9. Resultado final KEYme. (Cañetel, López, & Peralta, 2021)

8.2.2. Ivy

Las personas con TEA en muchas ocasiones dependen de estructuras, rutinas y planificación para hacer frente a las acciones del día a día. Los cambios en sus rutinas pueden causar mucho estrés a estas personas, haciendo que se encuentren ansiosas y molestas. El objetivo que tiene este proyecto es diseñar un producto que ayude a las personas con TEA a planificar sus acciones cotidianas y adaptarse a cambios repentinos, aliviando el estrés que esto conlleva (Guldager, 2021).

Ivy consiste en un producto diseñado para que funcione como herramienta de planificación de rutinas sensoriales para niños con TEA, a través de melodías que se construyen mediante piezas con diferentes texturas y colores. Cada pieza tiene un sonido único, por lo que el niño asociará cada tarea a las piezas que se elijan y se colocan en la línea de tiempo de manera individual. Esta combinación de piezas va a crear una melodía del día que se va a guardar en Ivy. Durante el día, el niño puede apretar a Ivy para calmarse o para recordar lo que se ha planeado (Guldager, 2021).

Después del proceso de investigación y diseño del producto se ha llegado al producto final.



Figura 10. Resultado final Ivy. (Guldager, 2021)

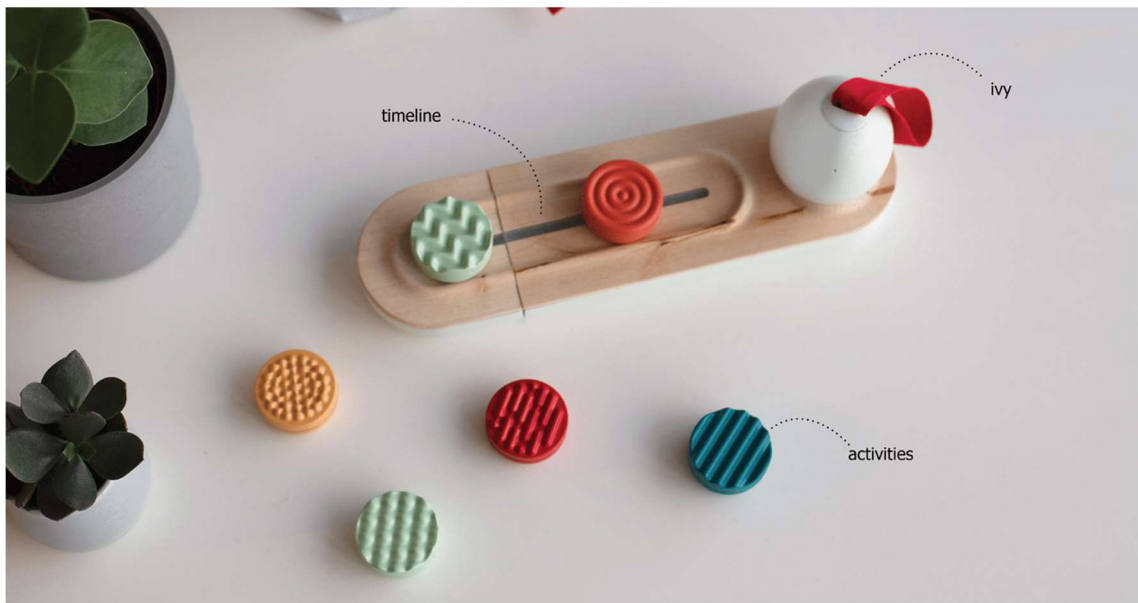


Figura 11. Componentes de Ivy. (Guldager, 2021)

8.2.3. Bud Buddy

Bud Buddy es un producto diseñado para otorgar independencia a los niños con TEA, conteniendo los instrumentos básicos que recomiendan los psicólogos.

El producto se controla mediante tres botones que se encuentran en la parte lateral. Estos botones son: izquierda, derecha y seleccionar. Al lado de estos, se encuentra el botón de encendido/apagado. En el menú, el niño puede elegir qué

guía visual va a utilizar, correspondiente a las tareas básicas del día a día. Cada guía muestra paso a paso lo que debe hacer durante el tiempo que determine el temporizador. Cuando la rutina se haya completado, el niño recibe un logro positivo (Maruelli, 2023).

Además, el producto puede conectarse a una aplicación móvil que permite la personalización de acuerdo con las necesidades de los más pequeños (Maruelli, 2023).

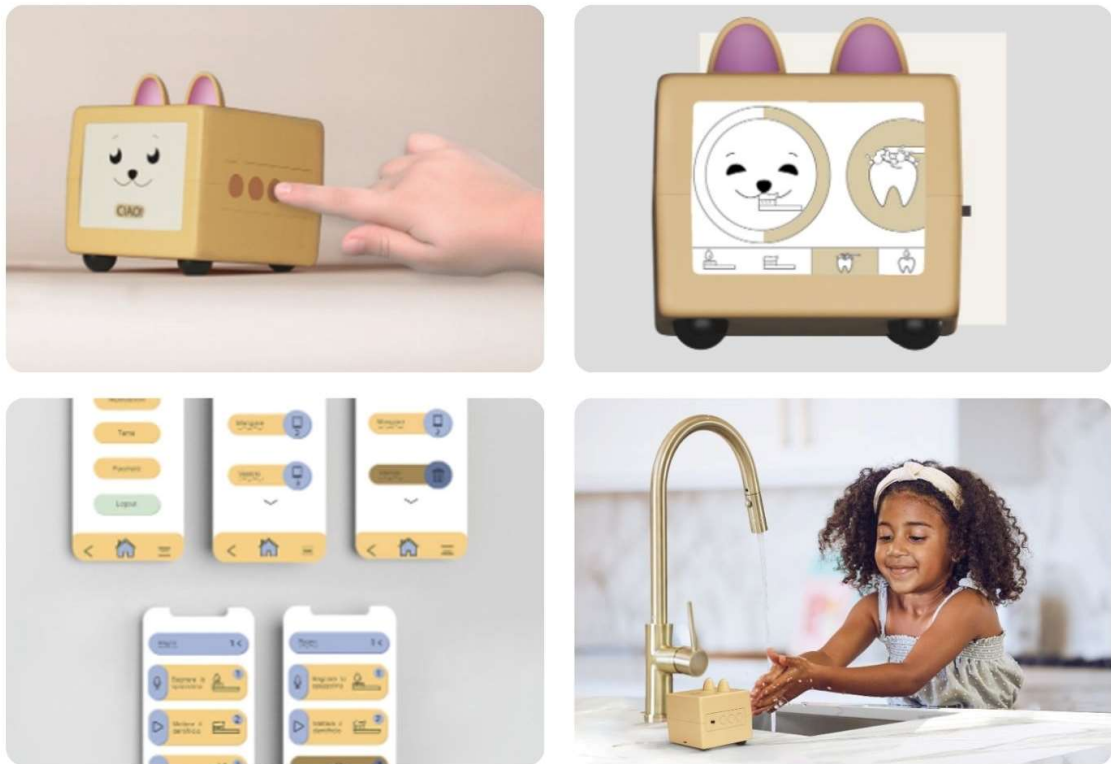


Figura 12. Resultado final Bud Buddy. (Maruelli, 2023)

8.2.4. Pearism

El producto cuenta con la forma parecida a la de una pera, dividida en diferentes partes horizontalmente. Cada parte tiene agujeros en forma de figuras geométricas con colores atractivos que atraen al niño a colocar cada forma 3D en su lugar correspondiente. Cuando se coloca una pieza de manera correcta, emite una luz de color fosforito para motivar al niño a poner más piezas en su lugar. Una vez todas las piezas estén colocadas en el sitio correcto, el producto empieza a girar sobre sí mismo con las luces fosforitas encendidas. Cada parte gira en la dirección contraria a la otra (Tarek, ElWahab, & Salem, 2020).

Este proyecto surge para ayudar a las personas con autismo que no pueden usar gestos para explicar lo que habla, que evitan el contacto visual con las personas o que se sienten frustrados a la hora de expresar sus sentimientos, pensamientos y necesidades (Tarek, ElWahab, & Salem, 2020).

Los objetivos que se pretenden conseguir con este proyecto son los siguientes (Tarek, ElWahab, & Salem, 2020):

- Mejorar la interacción entre el niño con TEA y sus padres
- Centrarse en la interacción física y no en la online.
- Uso de la luz.
- Imitación.
- Dejar espacio para que el niño hable y se exprese.
- Adaptación a los intereses del niño.
- Simplificación del lenguaje.
- Motivar al niño a hablar.

Para llevar a cabo el proyecto, los autores tuvieron una entrevista con un especialista en TEA. El resultado de todo el proceso se muestra a continuación.



Figura 13. Resultado final Pearism. (Tarek, ElWahab, & Salem, 2020)

8.2.5. Cocoon

Cocoon es un producto diseñado para ayudar a mantener la terapia de los niños con TEA, y progresar en cualquier entorno en el que puedan encontrarse. Trata de ser un producto que una el entorno terapéutico con la vida cotidiana, ya que podrán jugar con Cocoon sin importar en qué contexto se encuentren (De Marchi, 2023).

Este producto se centra en la falta de coordinación entre la terapia y la generalización de las habilidades básicas, conduciendo a problemas como la falta de continuidad en la terapia. Esto es debido a que el niño aprende habilidades nuevas vinculadas al contexto o a la persona con quién la aprendió, pero luego es incapaz de replicarlas fuera de ese contexto. Cocoon actúa como un estímulo visual durante la terapia, que le ayuda a impulsar la habilidad que desea (De Marchi, 2023).

Además, Cocoon es personalizable, por lo que establece un vínculo más fuerte y duradero con los más pequeños. Pueden elegir entre 3 formas básicas del producto y a partir de ahí pueden personalizarlo a través de un software. Este software permite elegir entre diferentes texturas y materiales. Finalmente se crea un archivo 3D para que pueda imprimirse con impresoras FDM o SLA. Lo único que no se puede fabricar por cuenta propia son los componentes electrónicos, que están ocultos en dos cajas (De Marchi, 2023).

Cada vez que el cuidador enseña una nueva habilidad al niño, puede asociarla con un color específico que replicará el juguete. El niño asociará cada color con la habilidad correspondiente. En el caso de que el niño se encuentre en un entorno desconocido, el cuidador puede enviarle la señal para que el niño realice la conducta adecuada (De Marchi, 2023).

cocoon



Figura 14. Resultado final Cocoon. (De Marchi, 2023)

9. ANÁLISIS PRELIMINAR

9.1. Conceptualización de la idea

La propuesta parte de la necesidad de diseñar un producto que se adapte a las necesidades sensoriales, emocionales y funcionales de niños y niñas con Trastorno del Espectro Autista (TEA), tomando la luz como elemento regulador del bienestar emocional.

Tras analizar diferentes estudios científicos relacionados con el sueño, el estrés y la sensibilidad sensorial en niños con TEA, se detectó una oportunidad de intervención en los momentos nocturnos, especialmente durante el sueño, así como en situaciones del día a día que generan ansiedad o desregulación emocional. Por tanto, la idea surge como una solución que acompaña al niño en ambas dimensiones, tanto en el descanso como en la vida cotidiana, fomentando la seguridad, autorregulación y la personificación.

El diseño se basa en una lámpara que se vincula a una pulsera inteligente que monitoriza la frecuencia cardíaca durante el sueño. En caso de detectar un aumento anormal, asociado a ansiedad o trastornos del sueño, ambos problemas muy frecuentes en niños con Trastorno del Espectro Autista, se activa un modo de respiración guiada mediante luz que ayude al niño a regularse de forma intuitiva.

Durante el día, el niño lleva consigo un objeto que transforma parte de la lámpara en un accesorio o juguete portátil, y que es personalizable dependiendo de las necesidades de cada usuario. Este objeto está diseñado para que sea reconocible, manipulable y emocionalmente significativa. Su estética y tacto recuerdan al producto nocturno, estableciendo una conexión emocional entre ambos momentos del día, favoreciendo la regulación en situaciones de estrés fuera del entorno familiar.

Esta propuesta busca ir más allá de un producto funcional para convertirse en una herramienta terapéutica y emocional, fomentando el vínculo con la familia, la autonomía y el bienestar.

9.2. Necesidades funcionales del producto

El diseño del producto responde a un conjunto de necesidades funcionales que debe cumplir para alcanzar los objetivos propuestos. Estas necesidades se han identificado a partir del análisis realizado sobre las características del Trastorno del Espectro Autista. Estas necesidades contemplan tanto la usabilidad del producto en sí, como la capacidad para acompañar y facilitar procesos emocionales, sensoriales y conductuales.

Las principales necesidades funcionales del producto son:

- Ergonomía

El producto debe ser diseñado conforme a las medidas antropométricas del cuerpo humano para que sea ergonómico. Nuestro producto va dirigido a niños dentro de un rango específico de edad, por lo que debemos tener en cuenta las diferentes mediciones corporales para que se pueda adaptar a todos, para así no dejar ninguna población fuera.

- Facilidad de uso

El producto debe ser intuitivo y fácil de usar. Debe contener botones de forma que sea reconocible su función, como el de apagado o encendido. Además de una diferenciación clara de las funciones mediante formas o colores.

- Comodidad

Debe tener un tamaño, peso y forma adecuado para ser manipulado por los niños y que les resulte cómoda su manipulación. Deben tener el tamaño adecuado para que permita un agarre cómodo. Las texturas deben adaptarse a las necesidades de cada niño.

- Estética

Debe diseñarse el producto de manera que presente una estética tranquila con formas reconocibles, aportando orden visual y simetría. Estas características son muy valoradas por gran cantidad de niños que padecen Trastorno del Espectro Autista.

Su estética modular puede ofrecer variaciones visuales sin perder la estructura principal. Esto resulta estimulante sin ser molesto para el usuario.

- Modularidad

La necesidad de conversión entre la lámpara y el accesorio diurno implica diferentes características a tener en cuenta.

Debe contar con un sistema de anclaje/desacople fácil y seguro.

También debe haber una transición lógica entre ambos estados, con una estética coherente que mantenga la relación simbólica entre el objeto de noche y el de día.

Por último, el diseño debe ser robusto para que soporte el uso continuado y el transporte diario del módulo extraíble.

- Seguridad

El producto debe componerse de materiales seguros, hipoalergénicos, que no sean tóxicos y que sean resistentes a impactos.

Las superficies deben ser seguras, sin esquinas peligrosas. Las aristas deben estar redondeadas.

- Personalización

El diseño debe permitir que cada niño pueda personalizar el objeto conforme a sus gustos y necesidades. Esta función busca ser una experiencia compartida con la familia o educadores, reforzando su vínculo.

- Adaptabilidad sensorial

Los estímulos visuales y táctiles deben estar cuidadosamente dosificados. Debe existir una variedad de estímulos que puedan ser personalizables y se adapten lo mejor posible a las necesidades de cada usuario.

- Fácil de transportar

Al ser un producto que el usuario puede llevar con él en su día a día, debe tener un tamaño y peso adecuado para que pueda transportarlo con facilidad.

9.3. Público objetivo

El producto está dirigido principalmente a niños que padecen Trastorno del Espectro Autista (TEA), en un rango de edad aproximado entre 3 y 8 años, coincidiendo con una etapa clave en el desarrollo de rutinas de sueño, gestión emocional y procesos de aprendizaje sensorial.

Este grupo de edad ha sido seleccionado por ser especialmente sensible a problemas relacionados con el descanso, la ansiedad y la regulación sensorial, que tienen un impacto significativo en su bienestar y desarrollo global.

Dentro de este público, el diseño está pensado para adaptarse a una amplia variedad de perfiles dentro del espectro autista, priorizando especialmente las siguientes características comunes:

- Hipersensibilidad o hiposensibilidad sensorial, especialmente a la luz y al tacto.
- Necesidad de rutinas estructuradas y objetos de transición que aporten calma al usuario.
- Dificultades para reconocer o comunicar estados emocionales, especialmente en contextos como el sueño o los entornos escolares.

- Alta respuesta emocional a estímulos visuales, patrones repetitivos y objetos con significado simbólico o personalizado.

Además del usuario principal, se contempla también como público secundario a su entorno familiar y educativo, esto incluye a padres, madres, cuidadores y terapeutas. Estas personas desempeñan un rol esencial en la creación, personalización y uso diario del producto.

Este diseño promueve la implicación de la familia como parte del proceso emocional y funcional del niño, generando una herramienta de conexión y comunicación más allá del uso puntual del objeto.

El producto ha sido diseñado para que sea inclusivo, accesible y emocionalmente significativo. Se adapta tanto a contextos domésticos como educativos o terapéuticos. Su versatilidad, modularidad y enfoque sensorial permiten que se adapte a diferentes niveles de desarrollo dentro del Trastorno del Espectro Autista, promoviendo un uso flexible pero coherente con las necesidades de los niños.

9.4. Usuario

Para garantizar que el producto se adapte de forma ergonómica, segura y cómoda a su usuario principal, es fundamental realizar un análisis de sus características físicas y dimensiones corporales. En este caso, como el producto está destinado a niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) con un rango de edad entre 3 y 8 años, es necesario considerar las mediciones necesarias para que se adapte a toda la población a la que va dirigida.

El diseño del producto debe responder no solo a criterios estéticos y funcionales, también a principios ergonómicos que aseguren una correcta manipulación, interacción y portabilidad de este.

En los siguientes apartados se desarrollará un estudio antropométrico, que permitirá establecer las medidas antropométricas más relevantes para el diseño del producto. Además, se tendrán en cuenta los percentiles que aseguran la inclusión de un alto porcentaje de la población infantil dentro del rango objetivo.

Este análisis que desarrollaremos a continuación es esencial para que el producto sea accesible, seguro y cómodo para el usuario, adaptándose a sus necesidades.

9.4.1. Estudio antropométrico

La antropometría consiste en la ciencia que estudia las dimensiones del cuerpo humano, tomando como referencia las estructuras anatómicas. Estas son las

que nos ayudan a describir las características físicas de una persona o grupo de personas (Escuela, 2011).

Existen dos tipos de antropometría (Díaz Espinosa, 2021):

- Antropometría estática: consiste en la ciencia que estudia las medidas de las dimensiones del cuerpo humano en diferentes posiciones cuando no existe movimiento.
- Antropometría dinámica: mide las dimensiones del cuerpo humano cuando se está en movimiento. Estudia los rangos de movimiento de las partes del cuerpo, alcances y medidas de trayectorias. Este tipo está ligada a la biomecánica.

Para nuestro estudio vamos a centrarnos en la antropometría estática.

Comenzaremos analizando las diferentes dimensiones corporales que nos hacen falta para cada elemento de nuestro producto:

- Pulsera

Para dimensionar la correa de la pulsera necesitamos conocer el contorno de la muñeca del rango de edad a la que va destinado el producto. Esto es clave para evitar presión excesiva o deslizamiento, manteniendo el sensor en contacto con la piel.

Al ser un producto que va a ser usado por un rango de edad y las medidas en este rango son variadas, necesitamos que la correa de nuestra pulsera sea ajustable para que su ajuste sea cómodo y seguro durante el sueño.

Tomaremos las dimensiones más restrictivas de la población de menos edad y la de mayor edad, así obtendremos el rango de ajuste de la pulsera con el objetivo de que toda la población pueda usar el producto con comodidad.

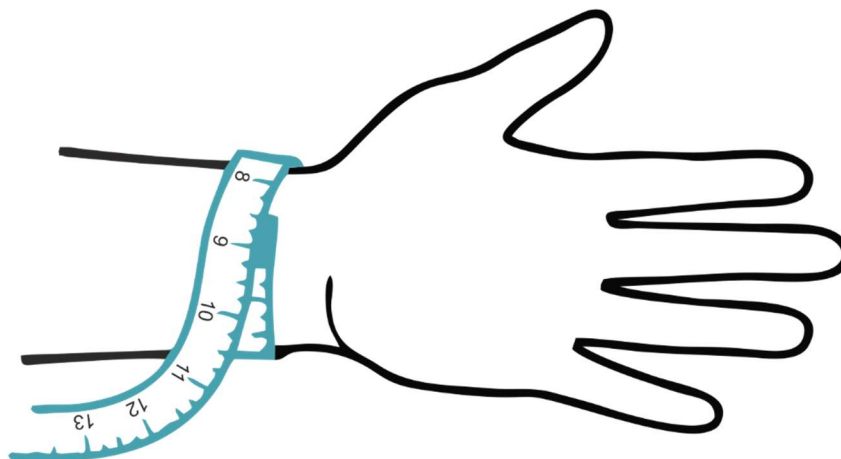


Figura 15. Contorno de muñeca. (Elaboración propia, 2025)

Necesitaremos también estudiar la anchura de la muñeca para dimensionar de forma correcta el ancho máximo de la pulsera, así como el tamaño del módulo que se integra en la pulsera.

Esta medida asegura una correcta distribución del peso y evita interferencias con el movimiento natural.

En este caso tomaremos como población más restrictiva a los niños de menor edad para ofrecerle el máximo confort posible.

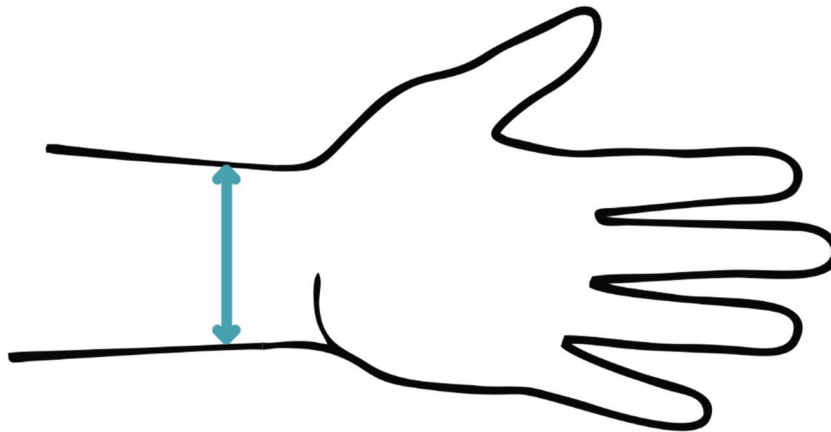


Figura 16. Ancho muñeca. (Elaboración propia, 2025)

- Lámpara

Al tratarse de una lámpara sensorial, la anchura de la mano, más concretamente, el ancho metacarpial, será necesaria para establecer el tamaño de la base sensorial de la lámpara, donde el niño podrá apoyar la mano para interactuar con diferentes texturas.

Esta es la distancia máxima medida desde las protuberancias distales de los metacarpos dos y cinco (Ruiz Ortiz, 2001).

Esta base debe tener un tamaño correcto para que los niños puedan apoyar sus manos cómodamente pero tampoco puede tener un tamaño excesivo ya que buscamos que sea fácil de transportar y que no ocupe mucho espacio.

Para dimensionar esta parte de la lámpara, tomaremos como población más restrictiva a los niños de mayor edad, es decir, a los niños de 8 años. Esto es así porque es la población que mayor dimensión tiene y queremos que todos puedan usarlo de manera cómoda.

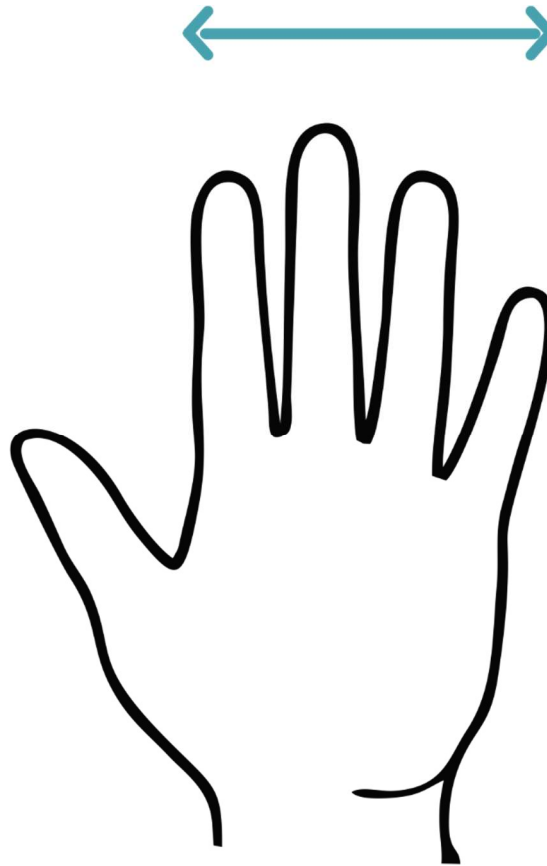


Figura 17. Ancho metacarpial. (Elaboración propia, 2025)

Otra dimensión necesaria para el diseño de la base sensorial es el largo de la mano, concretamente el largo de los dedos. Esta complementa al ancho metacarpial para ajustar la superficie sensorial a la morfología del usuario.

Esta medida tenemos que calcularla a partir de otras dos ya que no encontramos esta distancia en las tablas antropométricas. Por ello, necesitaremos el largo de la mano y a esta distancia le restaremos el largo de la palma de la mano. Haciendo esta operación obtendremos la medida deseada.

El largo de la mano es la distancia medida entre la muñeca y la parte más distal de dedo medio de la mano (Ruiz Ortiz, 2001).

Por otro lado, el largo de la palma de la mano es la distancia medida entre la muñeca y la unión de los dedos dos y tres de la mano derecha (Ruiz Ortiz, 2001).

En este caso, tomaremos también la población más restrictiva, que al igual que en el caso anterior son los niños de mayor edad.

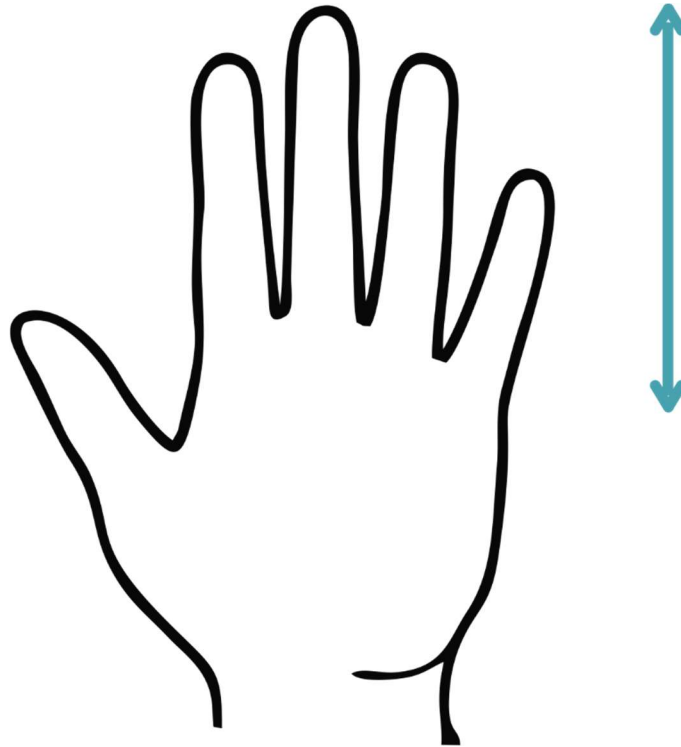


Figura 18. Largo de los dedos. (Elaboración propia, 2025)

Por último, para el diseño de la lámpara también es necesario dimensionar el botón físico de encendido/apagado. Para ello necesitamos conocer el grosor del dedo índice.

Tomaremos como referencia para su dimensionamiento a la población más restrictiva, que en este caso también es la población de mayor edad, es decir, los niños de 8 años.

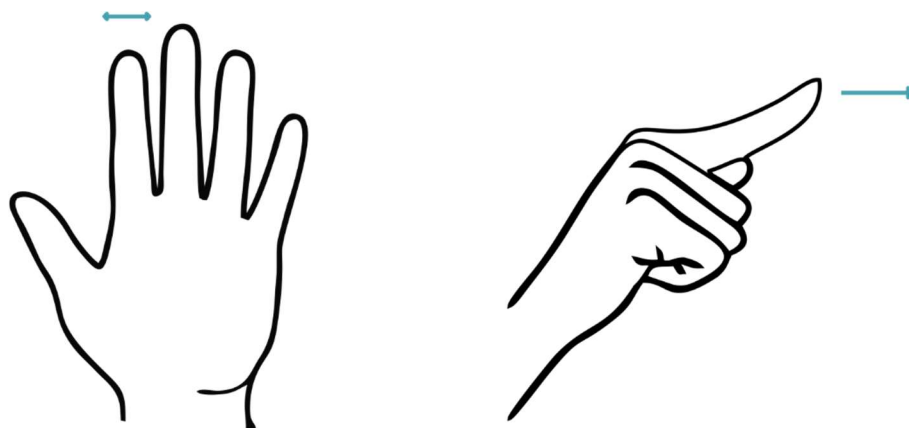


Figura 19. Grosor dedo índice. (Elaboración propia, 2025)

- Objeto

Para el diseño del objeto que el niño portará durante el día, también será necesario conocer el largo de los dedos. Esto es debido a que se trata de un objeto sensorial que debe asegurar que pueda ser manipulado de forma cómoda y natural.

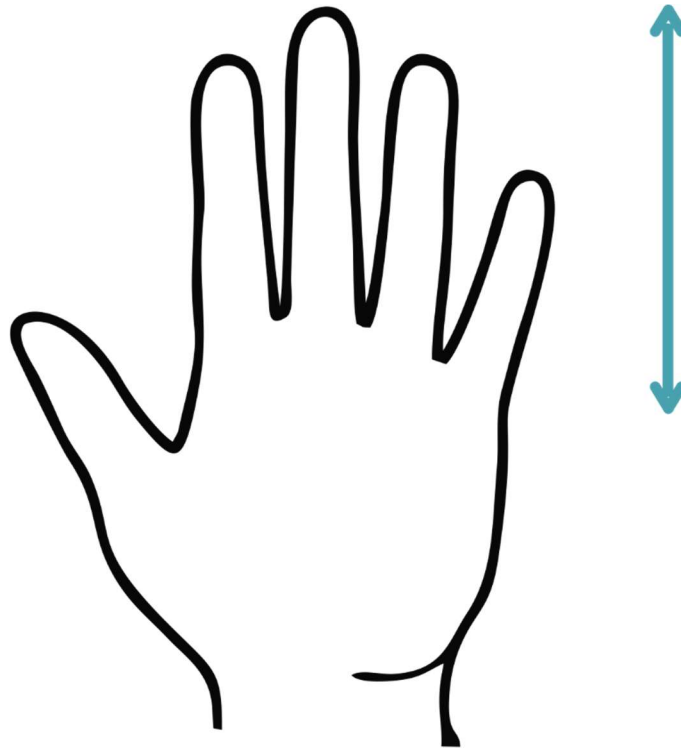


Figura 20. Largo de los dedos. (Elaboración propia, 2025)

Por otra parte, es importante tener en cuenta el diámetro de agarre de la mano. Esta medida es el perímetro obtenido juntando las puntas de los dedos pulgar e índice de la mano.

Esta medida es fundamental para determinar el grosor del objeto para que pueda ser sujetado sin dificultad. Para nuestro producto no necesitamos que los dedos índice y pulgar se unan, ya que el objeto quedará en medio. Sin embargo, esta medida nos va a ayudar a orientar las medidas del producto.

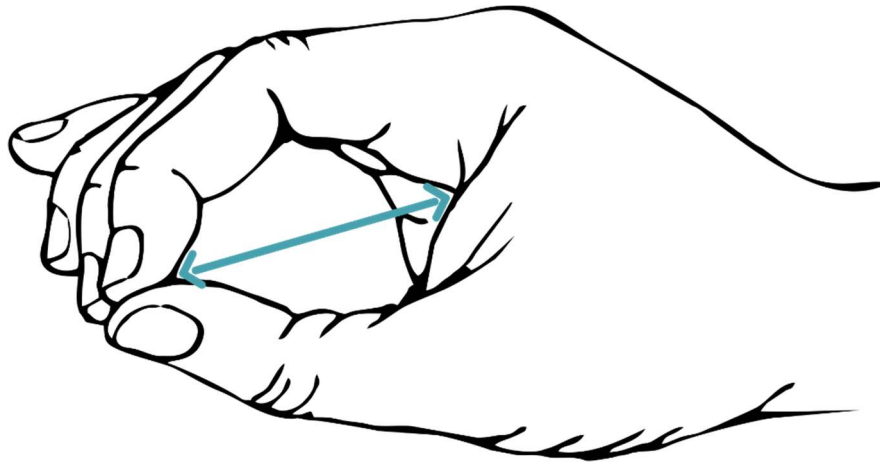


Figura 21. Diámetro de agarre de la mano. (Elaboración propia, 2025)

9.4.2. Medidas antropométricas

Una vez hemos identificado las dimensiones corporales necesarias para dimensionar nuestro producto, haremos una búsqueda en las tablas antropométricas para obtener los valores.

- Ancho metacarpial

Buscaremos los datos para la población de 8 años

	Niños			Niñas		
Dimensiones	5%	50%	95%	5%	50%	95%
Ancho metacarpial	5,6	6,2	6,7	5,2	5,9	6,4

Tabla 1. Medidas antropométricas de ancho metacarpial para población de 8 años. (Ruiz Ortiz, 2001)

Tomaremos la medida de los niños de 8 años, ya que son los que mayor dimensión de ancho metacarpial tienen.

- Largo de los dedos de la mano

Buscaremos los datos necesarios para la población de 8 años.

En este caso necesitaremos buscar dos dimensiones: el largo de la mano y el largo de la palma de la mano.

Para el largo de la mano los datos obtenidos son los siguientes:

Dimensiones	Niños			Niñas		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
Largo de la mano	12,3	13,6	14,6	12,1	13,3	14,4

Tabla 2. Medidas antropométricas del largo de la mano para población de 8 años. (Ruiz Ortiz, 2001)

Elegimos las medidas de los niños de 8 años, debido a que son mayores que las de las niñas.

Por otro lado, para el largo de la palma de la mano los datos que hemos obtenido son los siguientes:

Dimensiones	Niños			Niñas		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
Largo palma de la mano	6,7	7,5	8,2	6,5	7,5	8,4

Tabla 3. Medidas antropométricas del largo de la palma para población de 8 años. (Ruiz Ortiz, 2001)

En este caso, aunque las niñas de 8 años son las que tienen dimensiones mayores, tomaremos la medida de los niños ya que en el caso anterior tomamos la de los niños. Al ser una operación la que debemos hacer para obtener la medida que nos hace falta para nuestro producto, ambas medidas deben pertenecer a la misma población.

La medida que necesitamos la obtendremos de la siguiente manera:

$$\text{Largo de los dedos} = \text{Largo de la mano} - \text{Largo de la palma de la mano}$$

Esta medida la utilizaremos tanto para la base de la lámpara como para el objeto.

- Ancho dedo índice

El ancho del dedo índice es una medida difícil de encontrar ya que las tablas antropométricas de niños se centran más en indicadores de crecimiento y desarrollo de una manera más general.

Por tanto, para dimensionar este botón haremos un estudio centrado en tamaños y formas adecuadas para los botones en productos para niños.

- Diámetro de agarre de la mano

Para esta dimensión, necesitaremos los datos de la población de menor edad, es decir, la población de 3 años.

Sin embargo, para esta población no hemos encontrado datos. La población más pequeña de la que hemos encontrado datos es la de 5 años. Por tanto, utilizaremos esta medición ya que no necesitamos que sea precisa, buscamos una estimación para adaptarla a nuestro diseño.

	Niños			Niñas		
Dimensiones	5%	50%	95%	5%	50%	95%
Largo palma de la mano	1,9	2,5	3,5	1,5	2,5	3,8

Tabla 4. Medidas antropométricas del diámetro de agarre para población de 5 años. (Ruiz Ortiz, 2001)

Tomaremos en este caso, las medidas de la población más restrictiva, que en este caso son los niños de 5 años. Elegimos esta población ya que tiene las dimensiones menores.

- Contorno de muñeca

Durante la búsqueda de datos antropométricos correspondiente al contorno de la muñeca para la población deseada, nos encontramos con la ausencia de tablas específicas en bases de datos científicas o manuales de antropometría infantil.

Es por ello, que recurrimos a fuentes alternativas que nos proporcionan valores aproximados basados en la experiencia comercial, además de estudios y encuestas realizados en contextos educativos. Por tanto, los datos que ofrecen son fiables y orientativos.

Una de las fuentes de información ha sido la página La Fermina (2024), que ofrece una guía sobre cómo medir el contorno de muñeca y establece categorías de tallas basadas en medidas reales.

Aunque el contenido de este tipo de portales no cuenta con respaldo de estudio riguroso, se considera útil como estimación preliminar.

Por otro lado, se ha utilizado el estudio realizado por Census at School Canadá (2019). Este estudio recopila datos reales de estudiantes, mostrando la información segmentada por edad y sexo. Este estudio nos va a ser útil para la población de mayor edad ya que para niños de menos de 8 años no aparecen datos.

El estudio de Census (2019) aporta una base estadística más precisa y segmentada. La Fermina (2024), por su parte, ofrece referencias comunes en el ámbito comercial. Sin embargo. Ambos enfoques, aunque sean diferentes, coinciden en que ofrecen una medida realista y aplicable para lograr un diseño ergonómico, adaptable y cómodo para los niños que usarán el producto.

9.4.3. Percentil

Un buscados los datos antropométricos para las poblaciones que buscamos, debemos elegir el percentil que vamos a utilizar para el diseño de nuestro producto.

El percentil se usa en estadística para medir la posición usada. Se ordenan los datos de mayor a menor y se indica dado un porcentaje o percentil, las variables que se encuentran por debajo de dicho valor (Marta, 2020).

En nuestro caso, queremos proteger a un 90% de la población, por lo que utilizaremos los percentiles 5% y 95%.

Para cada dimensión, vamos a analizar qué percentil tendremos que utilizar:

- Ancho metacarpial

Queremos que toda la población pueda poner sus manos cómodamente sobre la base de la lámpara, sin que se salgan. Por tanto, utilizaremos el percentil más restrictivo: $P_{95}(\text{niños}) = 6,7 \text{ cm.}$ (Tabla 1)

- Largo de los dedos de la mano

En este caso también es una medida para dimensionar la base de la lámpara, por lo que también buscamos que toda la población pueda poner sus manos sobre la base de la lámpara de manera cómoda.

Obtendremos la medida deseada a partir de otras dos, ya que no la encontramos en las tablas, tendremos que operar. Es por ello, que, en esta ocasión, también tomaremos en ambas el percentil más restrictivo:

Largo de la mano $\rightarrow P_{95}(\text{niños}) = 14,6 \text{ cm.}$

Largo de la palma de la mano $\rightarrow P_{95}(\text{niños}) = 8,2 \text{ cm}$

Calculamos la medida del largo de los dedos de la mano:

$$\text{Largo de los dedos} = \text{Largo de la mano} - \text{Largo de la palma de la mano}$$

Largo de los dedos = $14,6 - 8,2 = 6,4$ cm

- Contorno de muñeca

Tras analizar los datos recogidos tanto de La Fermina (2024) como de Census (2019) y complementarlos, podemos concluir que el contorno medio de muñeca entre niños de entre 3 y 8 años oscila entre los 13 y los 18 centímetros aproximadamente. Por tanto, para el diseño de nuestra pulsera tomaremos como referencia estos valores.

A continuación, realizaremos una tabla resumen con los resultados obtenidos:

VARIABLES DE DISEÑO	PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS	PERCENTIL	DIMENSIONAMIENTO DEL PRODUCTO
Ancho de la base	Ancho de metacarpial	P ₉₅ (niños)	Anchura min = $6,7 \times 2 = 13,4$ cm
Largo de la base	Largo de los dedos	P ₉₅ (niños)	Largo min = 6,4 cm
Contorno de la pulsera	Contorno de la muñeca		Rango = (13-18) cm

Tabla 5. Resumen de resultados obtenidos. (Elaboración propia, 2025)

9.5. Entorno

El producto se ha diseñado teniendo en cuenta que debe adaptarse a diferentes entornos en los que se encuentran de manera habitual los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA).

En concreto se ha planteado que se usará en espacios domésticos y en entornos educativos y terapéuticos, teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada uno.

En el ámbito doméstico, el producto cumple con una doble función. Por un lado, actúa como lámpara sensorial durante la noche, ayudando a regular el sueño y calmar episodios de ansiedad. Por otro lado, el objeto portátil será el apoyo emocional del usuario durante el día.

En los entornos educativos y terapéuticos, el producto puede ser utilizado como herramienta de acompañamiento sensorial, ayudando a que los profesionales puedan trabajar la autorregulación emocional con los pacientes.

En conjunto, el producto se ha diseñado enfocado a ser versátil y adaptativo, con el objetivo de que pueda integrarse de forma natural en los principales entornos del día a día del usuario. Esto contribuye a su bienestar emocional y sensorial tanto en el hogar como fuera de él.

9.5.1. Condiciones de uso

Se trata de un producto que se va a usar en diferentes entornos, debemos tener en cuenta una serie de condiciones de uso que influyen en el producto:

- Daños. Se trata de un producto infantil, por tanto, va a ser utilizado por niños. Es por ello que debemos intentar evitar o dar soluciones a posibles daños que puedan causar los más pequeños. Con esto nos referimos a manchas, golpes, rallones...
- Uso frecuente y continuado. Esto implica que los materiales seleccionados deben ser resistentes al desgaste, fáciles de limpiar y seguros. También es importante que resistan caídas o golpes por accidente, ya que se trata de un producto que van a usar niños pequeños.
- Seguridad. Nos referimos a seguridad tanto eléctrica como física. El sistema de iluminación no debe calentarse en exceso ni tener componentes accesibles que puedan provocar daños. Además, todas las piezas deben ser lo suficientemente grandes para evitar riesgos de asfixia y cumplir con las normativas de seguridad infantil.
- Condiciones ambientales. El producto puede estar expuesto a cambios de temperatura, humedad, polvo... sobre todo si se utiliza en diferentes entornos.
- Interacción del usuario. Es importante que el funcionamiento sea intuitivo, accesible y adaptado a las capacidades motoras de los niños. Por esta razón, se ha optado por botones fácilmente reconocibles y que no requieran fuerza excesiva ni precisión fina.
- Manipulación y transporte. Al tener una doble función, el producto debe ser fácil de transportar y manipular por el usuario. Esto implica que el diseño sea ligero, cómodo de agarrar, y que sea agradable para el usuario, evitando la frustración o el rechazo.
- Estrés sensorial. El producto puede utilizarse en momentos en los que el niño es más sensible a los estímulos del entorno como ruidos fuertes o luces intensas. Por ello, el diseño busca ser lo menos intrusivo posible, con una estética calmada, colores suaves y formas geométricas que transmitan orden, seguridad y familiaridad. La idea es que el producto no sature al niño, sino que le ayude a sentirse más seguro y relajado cuando más lo necesita.

10. DISEÑO CONCEPTUAL

10.1. Definición de las necesidades. Matriz de dominancia.

Anteriormente hemos definido las necesidades funcionales de nuestro producto (9.2. Necesidades funcionales del producto). Seguidamente tomaremos estas necesidades para clasificarlas y organizarlas formando una matriz de dominancia.

La matriz de dominancia nos permitirá ver la relación que tienen las diferentes necesidades y la importancia entre ellas. Nos permitirá organizar las funciones en base a su importancia.

En primer lugar, vamos a definir todas las necesidades que vamos a utilizar:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	TOTAL	PESO	ORDEN
A	Ergonomía		1	1	1	1	0	1	1	1	7	7,77	2
B	Facilidad de uso	0		0	1	1	0	1	1	0	4	4,44	4
C	Comodidad	0	1		1	1	0	1	0	1	5	5,55	3
D	Estética	0	0	0		1	0	0	0	0	1	1,11	8
E	Modularidad	0	0	0	0		0	0	0	1	1	1,11	9
F	Seguridad	1	1	1	1	1		1	1	1	8	8,88	1
G	Personalización	0	0	0	1	1	0		1	0	3	3,33	7
H	Adaptabilidad sensorial	0	0	1	1	1	0	0		1	3	3,33	5
I	Fácil de transportar	0	1	0	1	0	0	1	0		3	3,33	6

Tabla 6. Matriz de dominancia. (Elaboración propia, 2025)

Compararemos siempre 2 necesidades entre sí y hallaremos cuál de las dos es más importante. En la que sea más importante pondremos “1” y en la que sea menos importante pondremos “0”. Por ejemplo, en el primer caso, comparamos Ergonomía (A) con Facilidad de uso (B). Ergonomía (horizontal) respecto a Facilidad de uso (vertical) es más importante, por lo que situaremos “1”. De lo contrario, Facilidad de uso (horizontal) respecto a Ergonomía (vertical) es menos importante, por lo que pondremos “0”.

Así lo haremos con todas, y una vez lo tengamos, procederemos a calcular el total. Contaremos todos los “1” obtenidos para cada necesidad y situaremos esta suma en la columna “Total”.

A continuación, calcularemos los pesos. Para ello utilizaremos el resultado obtenido en total y lo dividiremos por el número de necesidades disponibles en la matriz de dominancia, en este caso son 9.

Una vez tengamos los pesos, pasamos a ordenarlos de mayor a menos. Si encontramos alguna necesidad que tenga el mismo peso, se ordenará dependiendo del criterio de importancia que se tome.

Una vez realizada la matriz de dominancia, obtenemos este orden de importancia:

- Seguridad
- Ergonomía
- Comodidad
- Facilidad de uso
- Adaptabilidad sensorial
- Fácil de transportar
- Personalización
- Estética
- Modularidad

Todas las necesidades son importantes y debe satisfacerlas nuestro producto, sin embargo, como hemos visto, debemos ordenarlas según su importancia.

Vemos que la necesidad prioritaria está relacionada con la seguridad del usuario, Le siguen las relacionadas con la ergonomía (Ergonomía, comodidad, facilidad de uso, adaptabilidad sensorial y fácil de transportar). Por último, tenemos las necesidades más específicas de nuestro producto (Personalización, estética modularidad).

Como vemos, las necesidades relacionadas con la seguridad y ergonomía tienen mayor importancia ya que se relaciona con los atributos obligatorios de un producto. Estos atributos deben estar siempre en los productos puesto que si no aparecen generarán gran insatisfacción en el usuario. Son atributos que el usuario espera que estén presentes, por lo que si lo están no aumentará su satisfacción.

El resto de las necesidades, más específicas de nuestro producto, tienen mayor influencia en la satisfacción del usuario. Por lo que, si no aparecen, no crearán insatisfacción, pero si aparecen aumentará la satisfacción del usuario.

Con nuestro producto pretendemos cumplir con todas las expectativas del usuario y que aumente en todo lo posible la satisfacción del mismo. Es por eso que debemos añadir todas las necesidades propuestas.

10.2. Parámetros de diseño

Realizaremos un resumen con los parámetros de diseño que debe cumplir el producto, obtenidos a partir del análisis realizado a lo largo del proyecto.

- Debe ser un conjunto de productos formado por: una lámpara, una pulsera que mide las pulsaciones y un objeto transportable.
- Producto adaptado al usuario objetivo al que va dirigido. Debe cumplir con las mediciones corporales y ajustarse a los movimientos del cuerpo humano.
- El producto debe cumplir con sus objetivos de viabilidad técnica.
- Debe garantizar la seguridad del usuario. Se trata de un factor muy importante que nuestro producto debe contemplar. Además, como hemos visto en la matriz de dominancia, es la necesidad con más prioridad.
- Los materiales usados deben adaptarse a los usos y entornos de nuestro producto.
- Se debe utilizar una estética acorde con el estilo infantil, con el objetivo de que sea de agrado para los más pequeños.

10.3. Diseño de alternativas

Una vez analizados los parámetros de diseño que debemos tener en cuenta para el diseño de nuestro producto, comenzaremos a realizar diferentes bocetos de las ideas iniciales que nos surjan y que cumplan con los atributos propuestos.

Las alternativas propuestas se basarán en el diseño de la lámpara y del objeto transportable, ya que la pulsera no requiere un diseño complejo ni destacable. Esta cumple con su función con un diseño sencillo, ergonómico y discreto, lo que la hace adecuada sin necesidad de grandes variaciones.

10.3.1. Alternativa 1

Esta primera alternativa consiste en una lámpara cuya estructura principal está formada por una rejilla tridimensional, que se diseña a partir de un patrón geométrico repetitivo. La idea de esta estructura con rejilla no es solamente estética, sino también sensorial, debido a que permite que el usuario explore la superficie con las manos. Esto generará en el usuario diferentes sensaciones táctiles.

Esta estructura cuenta con una parte diseñada como superficie de apoyo para las manos, donde el patrón se densifica. Esto hace que se creen una variedad de relieves y texturas más marcadas, que están pensadas para que el usuario sienta calma al tocarlas en momentos de autorregulación o ansiedad.

Además, al ser una rejilla, permite que la luz de la lámpara proyecte sombras en las paredes del entorno, generando un ambiente relajado. Esta proyección de luces y sombras se plantea como un recurso terapéutico y agradable.

Como complemento a esta lámpara, se ha diseñado un objeto transportable de tamaño más pequeño que la lámpara y que tiene la misma forma que esta. Este objeto incorpora texturas sensoriales similares a las del patrón de la rejilla. Esto permite que el usuario sea capaz de establecer una conexión emocional y sensorial entre ambos elementos.

Con este objeto se pretende que el niño pueda llevarlo consigo fuera del entorno doméstico. Por ello se ha diseñado con un tamaño compacto y con materiales suaves para que el usuario pueda manipularlo cómodamente y que lo ayude en momentos de estrés o sobreestimulación.

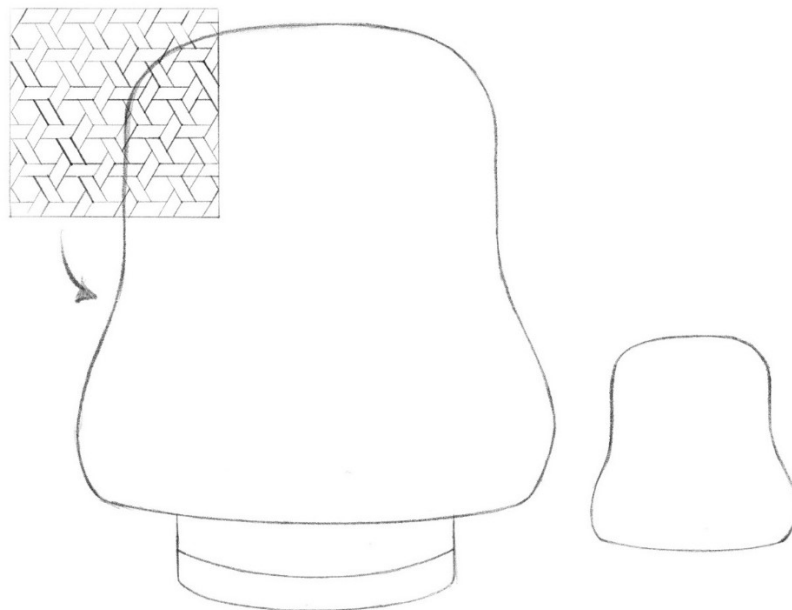


Figura 22. Alternativa 1. (Elaboración propia, 2025)

10.3.2. Alternativa 2

En esta segunda alternativa, nos hemos basado en las formas geométricas de los poliedros para el diseño. Concretamente, el cuerpo principal de nuestra lámpara tiene la forma de un icosaedro truncado, formado por pentágonos y hexágonos. Se ha elegido esta figura ya que su estructura atractiva simboliza orden y estabilidad, que son características muy relevantes en el diseño de productos para niños que padecen Trastorno del Espectro Autista (TEA), debido a que la regularidad y simetría genera calma y seguridad en los usuarios.

La lámpara se apoya sobre una base fija que le da estabilidad y permite que el usuario interactúe con el cuerpo de la lámpara, que se divide en dos partes, por un lado, la parte sensorial para que el usuario pueda tocarla y, por otro, la parte que se ilumina y difumina la luz de la bombilla que hay dentro.

El objeto transportable está basado en la figura del icosaedro regular, pero con una forma más compacta y ligera. A diferencia de la lámpara, este objeto no tiene iluminación, pero mantiene la continuidad formal y geométrica. Esto refuerza la conexión emocional entre ambos elementos.

El diseño de este objeto está pensado para que el usuario lo manipule de forma directa ya que sus caras están compuestas con diferentes acabados y texturas sensoriales. Esto permite que el usuario lo utilice como herramienta de regulación sensorial en momentos de ansiedad, sobreestimulación o de espera. Al tener la misma apariencia que la lámpara, se refuerza el vínculo entre los entornos domésticos y los espacios exteriores como el colegio o la consulta terapéutica.

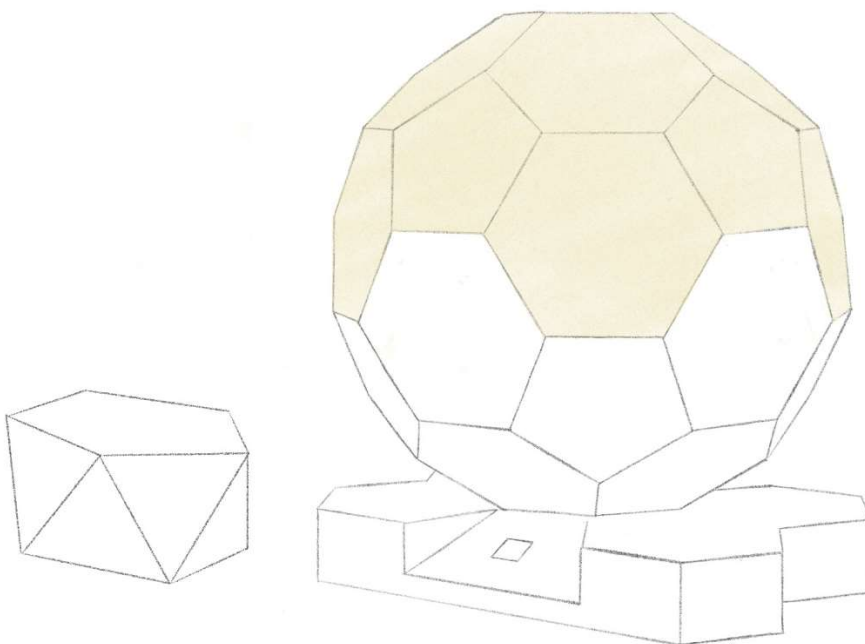


Figura 23. Alternativa 3. (Elaboración propia, 2025)

10.3.3. Alternativa 3

En la tercera alternativa, proponemos una lámpara que se basa en la modularidad. Se ha mantenido para esta alternativa la base de la anterior, pero con una novedad, no es una base sólida, sino que está formada por diferentes piezas individuales con distintas texturas. Esto permite que el usuario interacciones de forma táctil con ella.

En este caso, el cuerpo principal está formado por la mitad de un dodecaedro formado por piezas con texturas. La parte que emite la luz de la lámpara, en este caso es media esfera translúcida.

Tanto las piezas de la base como del cuerpo están pensadas para favorecer la estimulación sensorial del niño y ofrecerle calma en momentos de agobio.

Por su parte, el objeto transportable se basa también en la forma del icosaedro. Sin embargo, a diferencia del caso anterior no es un cuerpo fijo, está formado por las mismas piezas texturizadas que componen el cuerpo y la base de la lámpara. El usuario puede combinarlas como quiera para ofrecer una versión del objeto más personalizada. Las piezas se desmontan de la lámpara y se ensamblan en la estructura transportable.

Esto convierte al objeto en un elemento personalizable y que el usuario puede manipular a su gusto, pudiendo construir el objeto que le acompañará durante el día con las texturas y colores que desee. Esta propuesta no solo fortalece el vínculo emocional, si no que ayuda a desarrollar la motricidad, visión espacial y la autonomía, ya que el usuario puede decidir cómo se ve y se siente su objeto.

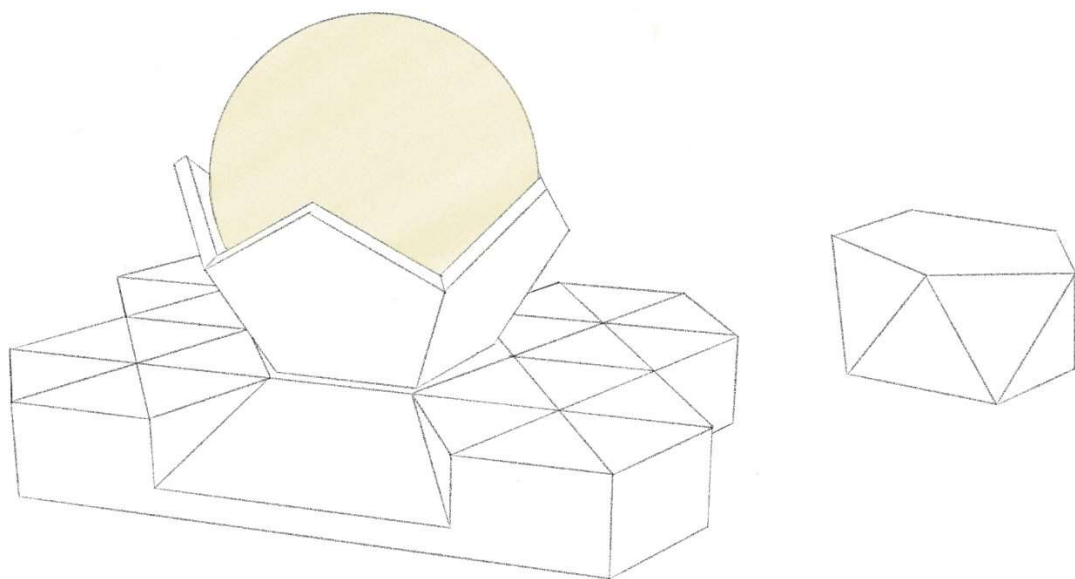


Figura 24. Alternativa 3. (Elaboración propia, 2025)

10.3.4. Alternativa 4

Por último, tenemos la cuarta alternativa, que es igual que la anterior solo que el cuerpo principal de la lámpara adopta la forma de un dodecaedro completo, compuesto por dos mitades diferenciadas.

La mitad inferior del dodecaedro es una estructura opaca que contiene diferentes piezas modulares con distintas texturas que se podrán acoplar al objeto transportable. Como hemos comentado en las demás alternativas, estas superficies táctiles fomentan la estimulación sensorial a través del tacto y los ayuda a autorregularse.

La parte superior del dodecaedro constituye la superficie emisora de luz. Esta parte es translúcida, por lo que actúa como difusor de la luz.

En esta opción el diseño mantiene una estética geométrica que favorece la calma de los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA).

El objeto transportable también tiene, como en la alternativa anterior, la forma relacionada con el icosaedro. Las piezas modulares texturizadas que conforman la mitad inferior del cuerpo de la lámpara y de la base de esta pueden desacoplarse y ensamblarse en el objeto secundario. Esto permite que el usuario pueda crear su propio objeto sensorial conforme a sus gustos y necesidades.

El niño participa en la configuración del producto por lo que refuerza las habilidades de control, pertenencia y personalización. Estos elementos son claves en productos que se centran en usuarios con este tipo de trastornos.

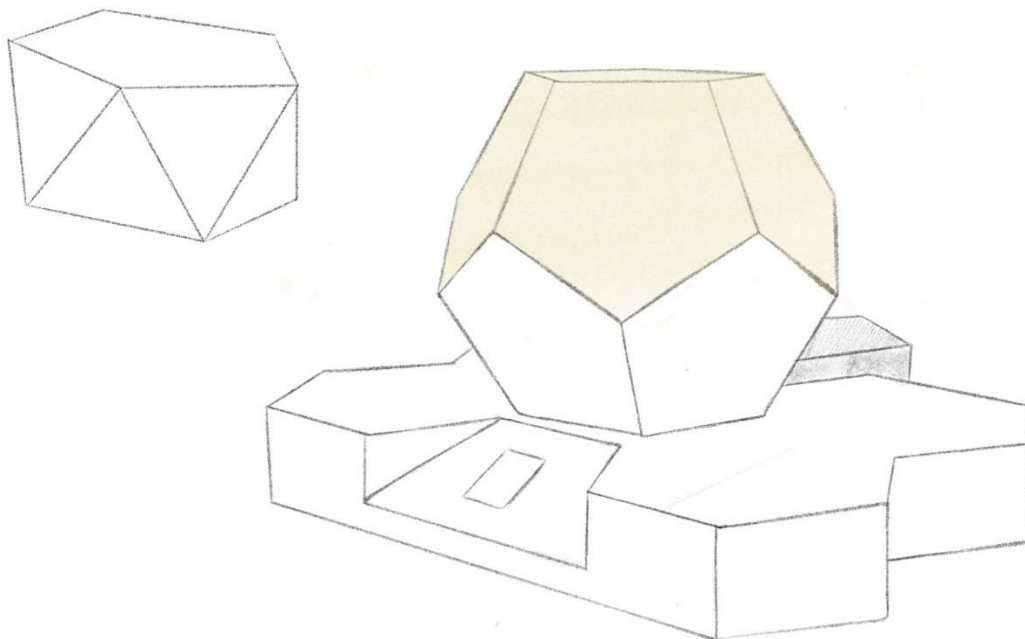


Figura 25. Alternativa 4. (Elaboración propia, 2025)

10.4. Análisis de las alternativas de diseño y puntuación. Matriz de Valor Técnico Ponderado.

Hemos propuesto 4 alternativas de nuestro producto, cada una con diferentes características. A continuación, debemos analizarlas para poder distinguir la mejor alternativa y, por tanto, la que usaremos como base para el diseño de nuestro producto.

Utilizaremos la herramienta Valor Técnico Ponderado (VTP), en el que, a partir de una serie de atributos definidos anteriormente, se otorgará a cada alternativa una puntuación.

Estos atributos se denominarán criterios y los obtenemos de la matriz de dominancia (Tabla 6).

Con esta matriz calculamos la importancia que tiene cada uno, hallando los pesos. Estos pesos lo utilizaremos también para esta herramienta.

Seguidamente se debe evaluar los criterios de cada alternativa, otorgando una puntuación entre 1 y 10 a cada uno. Siendo 1 la menos puntuación y 10 la mayor.

Usaremos la siguiente fórmula para hallar el valor técnico ponderado de cada alternativa:

$$VTP = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot g_{ij})}{g_{max} \cdot \sum_{i=1}^n P_i}$$

Donde:

- P_i = Peso del criterio i
- g_{ij} = Puntuación de la alternativa i para el criterio j
- g_{max} = Puntuación máxima de la alternativa i para el criterio j

	Peso P_i	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
		g_{ji}	$P_i \cdot g_{ji}$	g_{ji}	$P_i \cdot g_{ji}$	g_{ji}	$P_i \cdot g_{ji}$	g_{ji}	$P_i \cdot g_{ji}$
Ergonomía	6,66	6	46,62	7	54,39	8	62,16	9	69,93
Facilidad uso	7,77	5	22,2	8	35,52	8	35,52	8	35,52
Comodidad	8,88	8	44,4	8	44,4	9	49,95	9	49,95
Estética	2,22	8	8,88	6	6,66	7	7,77	8	8,88
Modularidad	4,44	5	5,55	6	6,66	7	7,77	8	8,88
Seguridad	3,33	8	71,04	8	71,04	9	79,92	9	79,92
Personalización	1,11	5	16,65	5	16,65	8	26,64	8	26,64
Adaptabilidad sensorial	1,11	6	19,98	7	23,31	8	26,64	9	29,97
Fácil de transportar	4,44	6	19,98	6	19,98	8	26,64	8	26,64
Sumatorio	38,85	255,3		278,61		323,01		336,33	
VTP		0,82		0,89		0,92		0,96	

Tabla 7. Valor Técnico Ponderado. (Elaboración propia, 2025).

Tras aplicar la herramienta Valor Técnico Ponderado (VTP), hemos obtenido que la alternativa número 4 es la opción más adecuada para continuar con el desarrollo del proyecto.

Esta alternativa destaca sobre todo por su ergonomía ya que es la alternativa que mejor se adapta a las dimensiones corporales del ser humano y a su comodidad y seguridad.

También destaca por su alta adaptabilidad sensorial tanto visualmente como con las diferentes texturas y formas existentes. También potencia la participación del usuario, ya que anima al usuario a elegir entre diferentes opciones, teniendo que decidir con cuál se siente más cómodo en ese momento, ayudando a identificar sus propias necesidades y cómo satisfacerlas.

Esta alternativa consigue mantener el equilibrio entre la estética geométrica, la funcionalidad sensorial, la adaptabilidad y el significado emocional. Esto hace que se convierta en una propuesta sólida para ser implementada en contextos domésticos, educativos y terapéuticos.

Por tanto, la alternativa 4 se considera la más adecuada ya que se adecua en mayor medida con el desarrollo final del producto.

11. DISEÑO DE DETALLE

A continuación, realizaremos un análisis más detallado de las diferentes piezas que componen el producto.

- Base

Se ha diseñado una base a partir de formas geométricas para seguir con la continuidad y armonía del cuerpo de la lámpara.

Cuenta con un botón en la parte delantera donde se encenderá y se apagará la lámpara. Si se deja pulsado por más de 3 segundos, también se podrá activar la luz en “modo respiración”.

Cuenta con diferentes agujeros que será donde irán los imanes que hacen de unión entre la base y las diferentes piezas que lo forman.

En la parte central tiene las hendiduras necesarias para que encaje la mitad del dodecaedro correspondiente a la base sólida con texturas. Además, se ha dejado un hueco ya que aquí también hay que incorporar la parte electrónica de la lámpara.

Por último, en la parte trasera se encuentra la forma correspondiente al objeto transportable para que se coloque aquí mientras no se está usando.

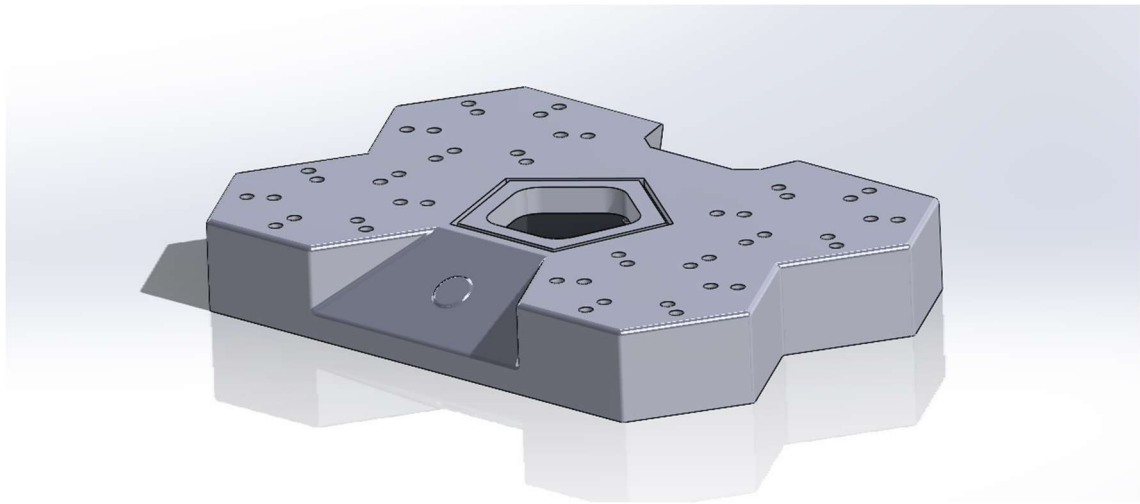


Figura 26. Parte delantera de la base. (Elaboración propia, 2025)

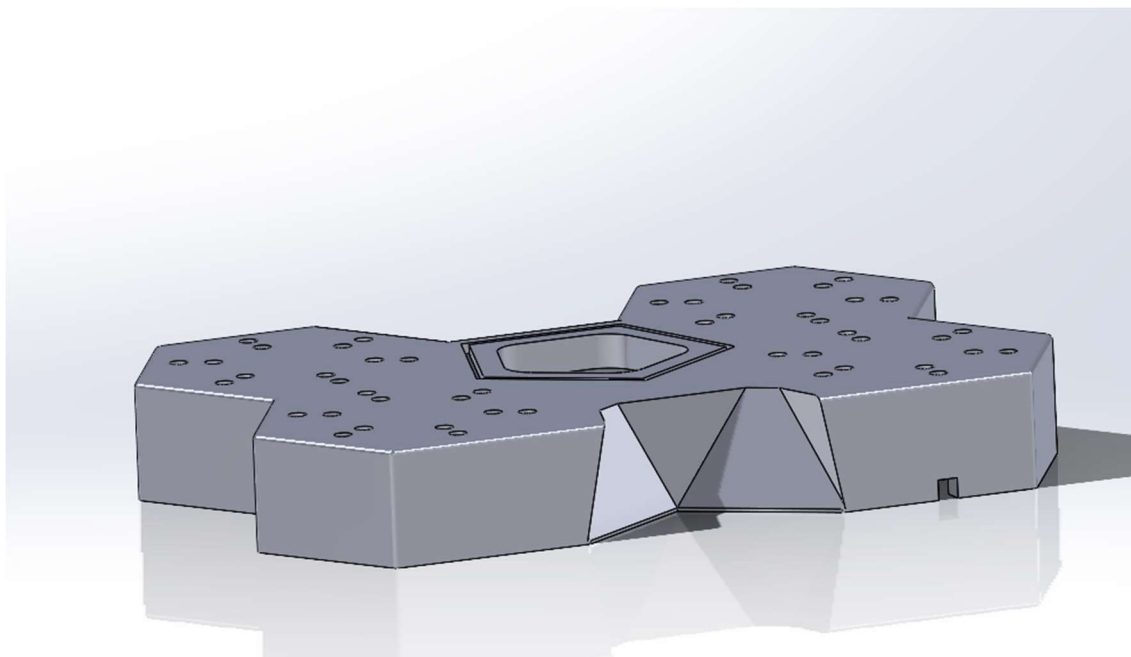


Figura 27. Parte trasera de la base. (Elaboración propia, 2025)

La parte inferior de la base es hueca ya que aquí se colocarán los componentes electrónicos. Además, también se ha diseñado hueca para que sea más liviana y, por tanto, más fácil de transportar.

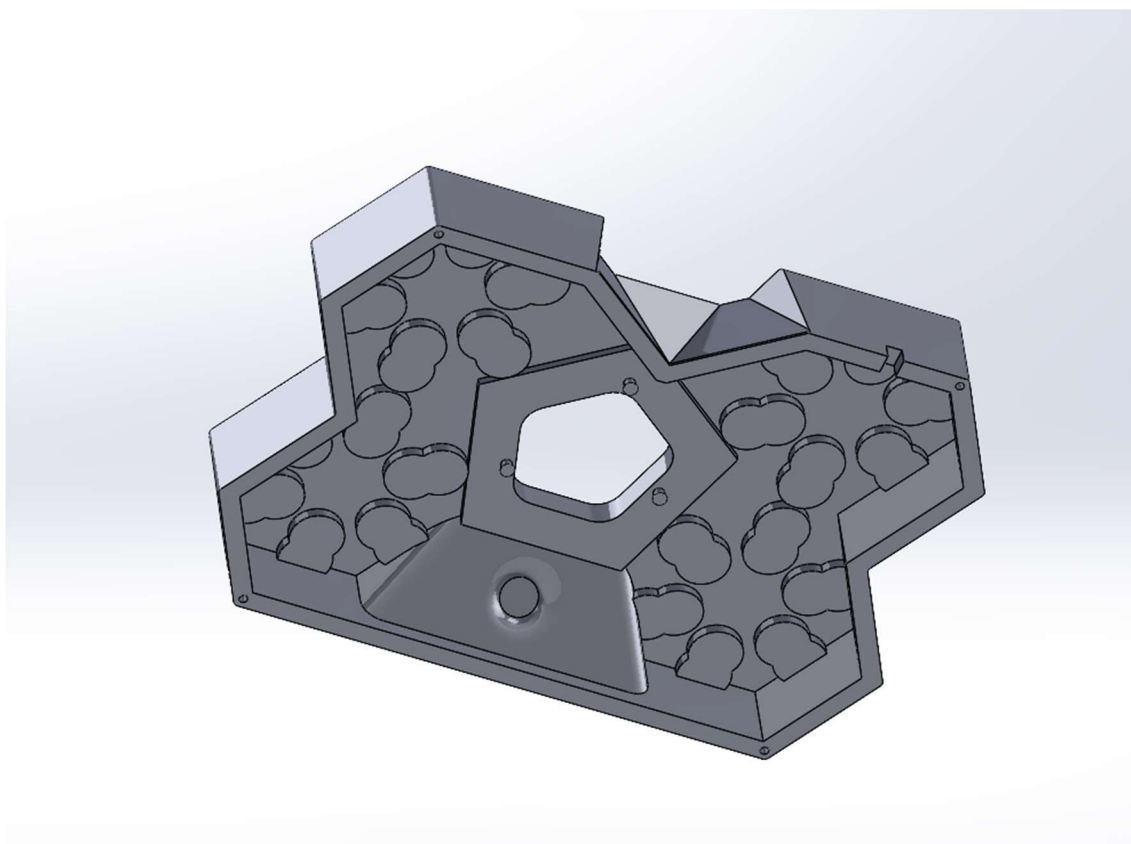


Figura 28. Parte inferior de la base. (Elaboración propia, 2025)

- Tapa base

Se trata de la tapadera inferior que cubre la parte de debajo de la base.

Irán atornillada a la base ya que solo se deberá abrir en el caso de que se tenga que cambiar algún componente interno.

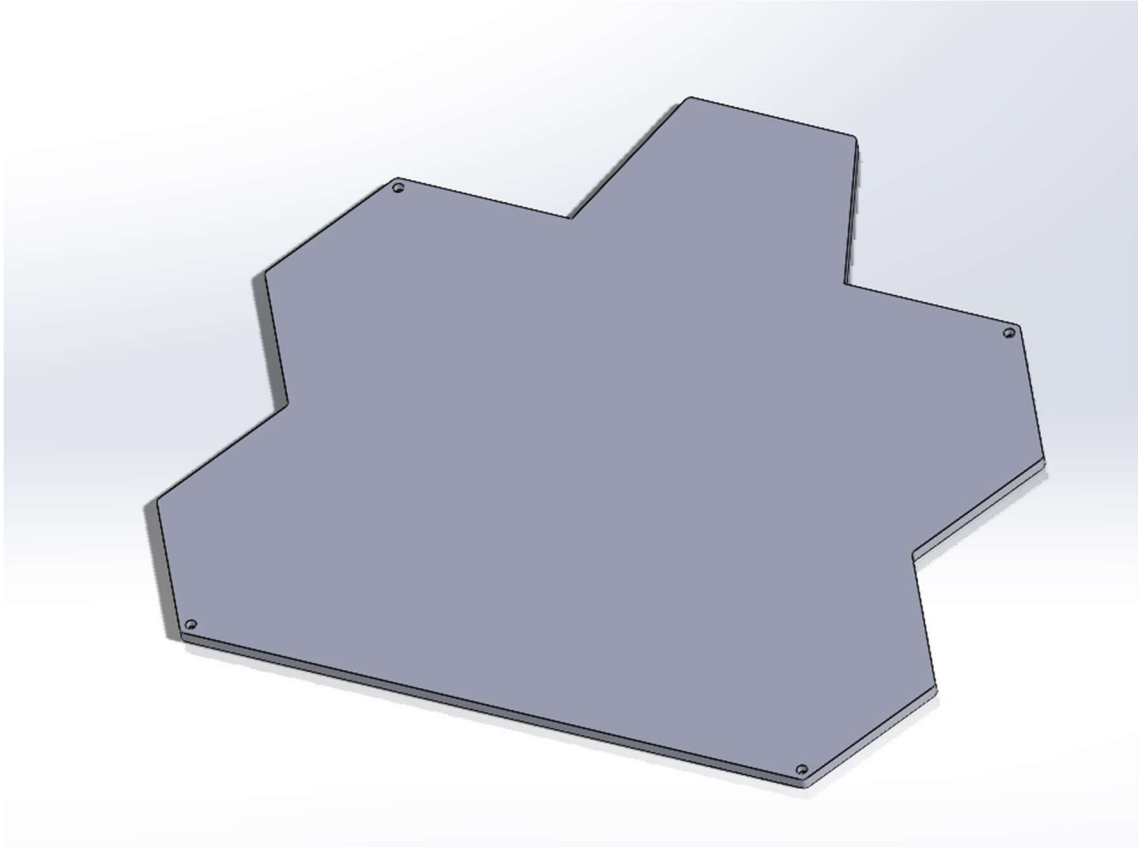


Figura 29. Tapa base. (Elaboración propia, 2025)

- Mitad inferior dodecaedro

Es la base fija del cuerpo principal de la lámpara.

Cuenta con diferentes agujeros en sus caras ya que aquí también se colocarán imanes para poder mover e intercambiar las diferentes piezas del producto.

En la parte inferior tiene un agujero que se va cerrando conforme aumenta la altura. Esto es debido a que aquí se situará una plataforma con leds para su correcto desarrollo y esto impedirá que se mueva en exceso.

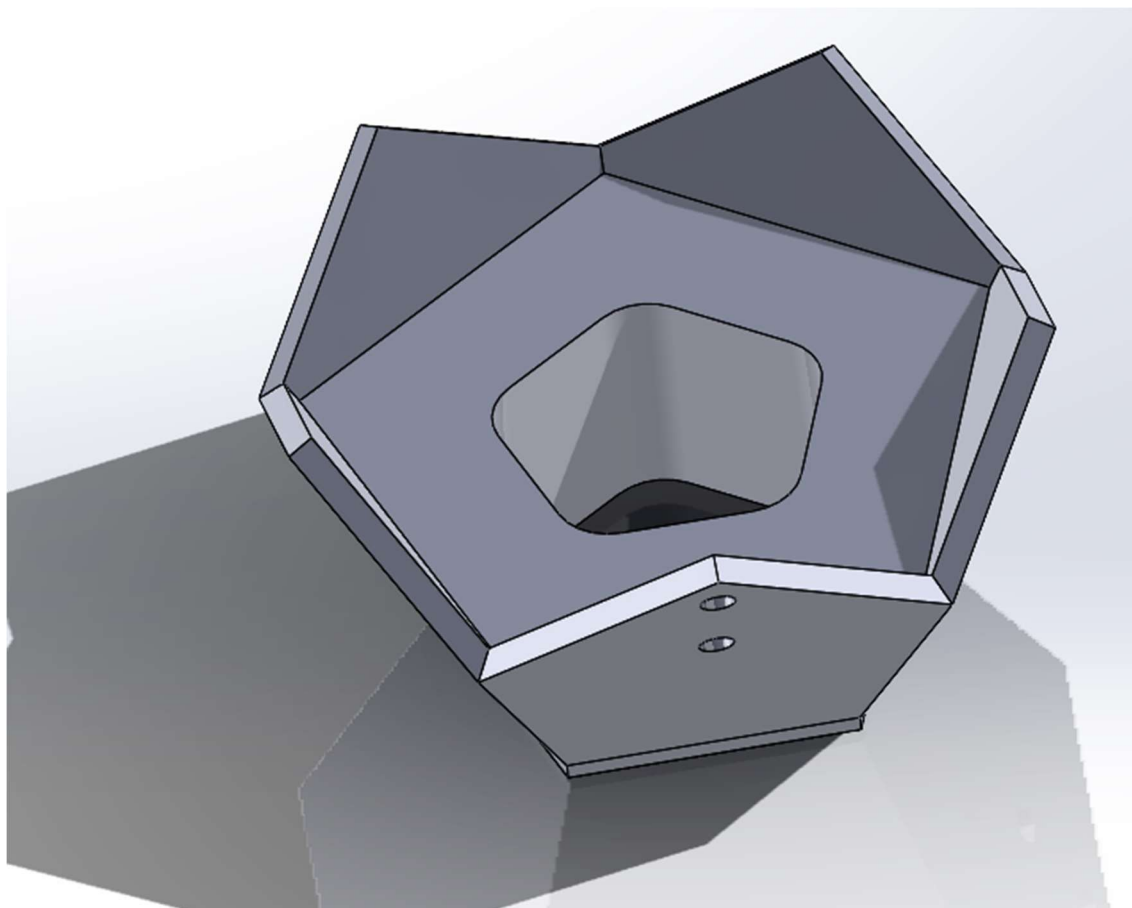


Figura 30. Mitad inferior dodecaedro lámpara. (Elaboración propia, 2025)

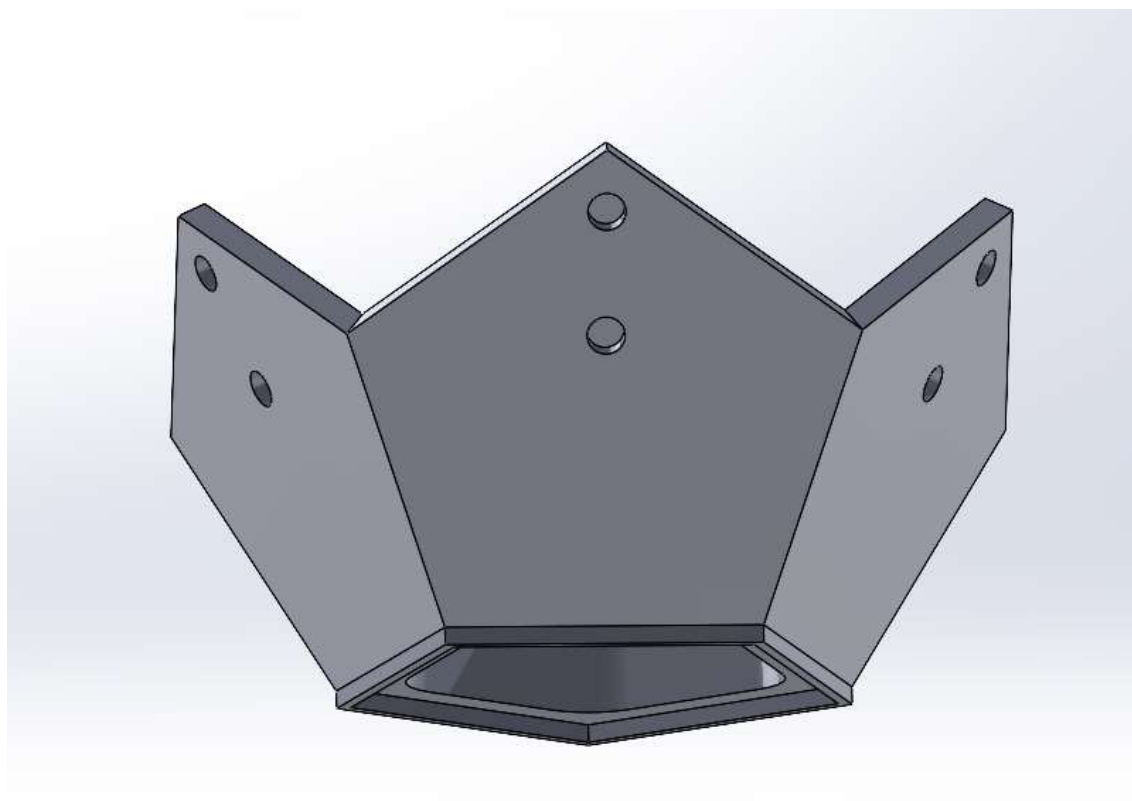


Figura 31. Mitad inferior dodecaedro lámpara desde arriba. (Elaboración propia, 2025)

- Piezas pentágono

Son las piezas que forman parte de la mitad inferior del dodecaedro. Estas piezas se pueden quitar y ensamblarlas en el objeto de día para que sea personalizado.

En la parte delantera cuentan con diferentes texturas y en la parte trasera con dos agujeros para poder colocar los imanes.

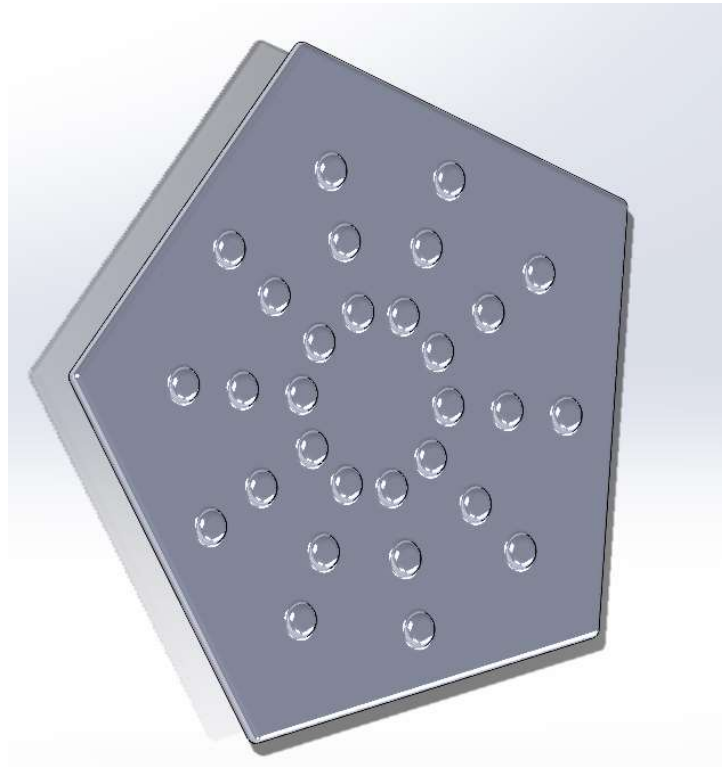


Figura 32. Pieza pentagonal delantera. (Elaboración propia, 2025)

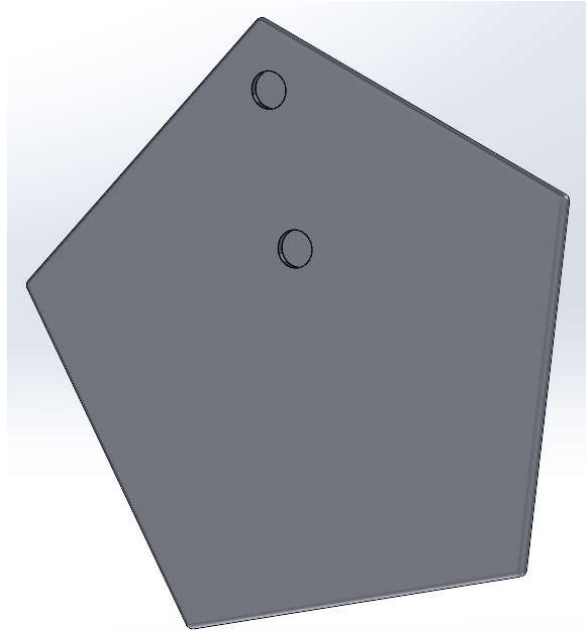


Figura 33. Pieza pentagonal trasera. (Elaboración propia, 2025)

- Mitad superior dodecaedro

La otra mitad de del dodecaedro es la pieza translúcida que se encargará de difuminar la luz.

Cuenta con un espesor pequeño para que la luz pueda pasar sin ningún problema y tenga la intensidad que se necesita.

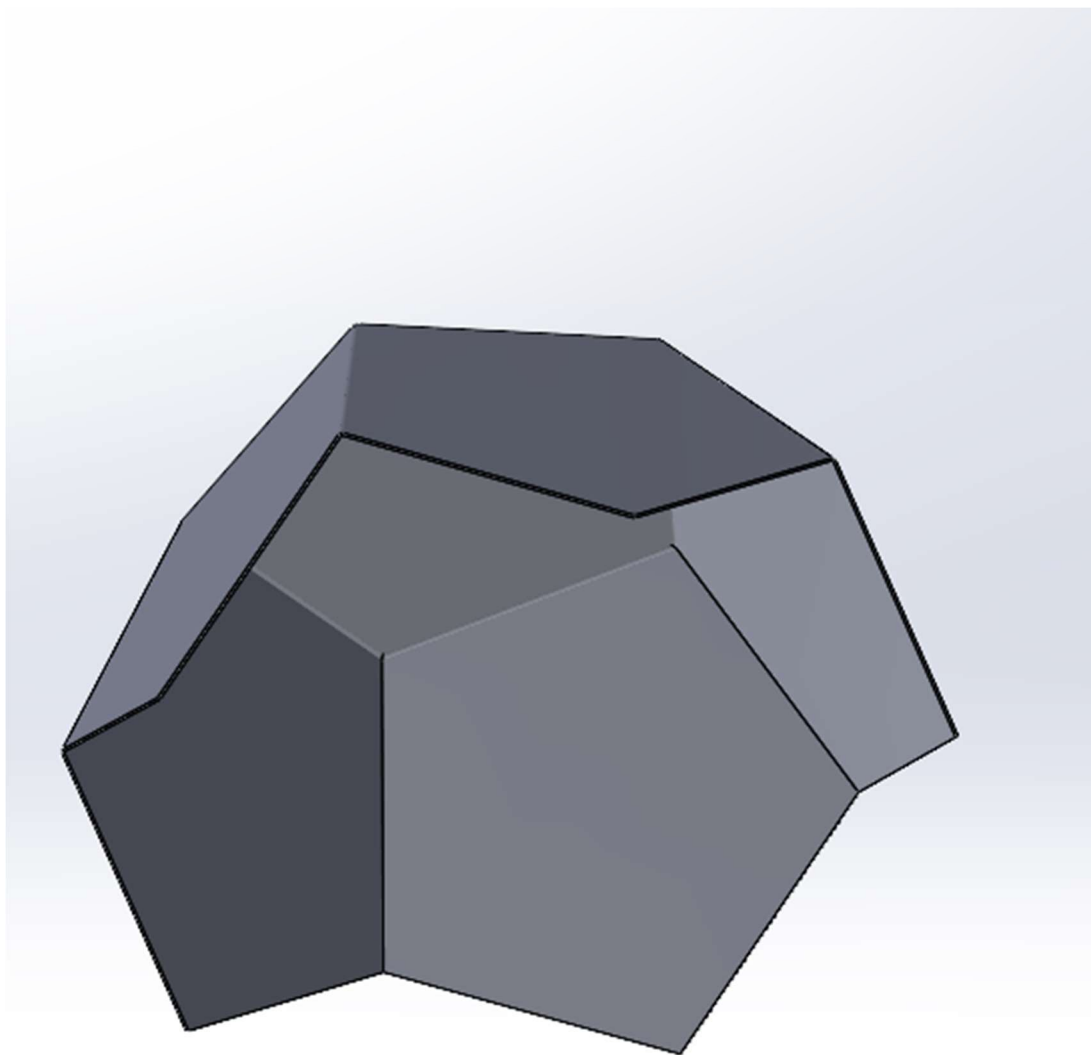


Figura 34. Mitad superior dodecaedro lámpara desde arriba. (Elaboración propia, 2025)

- Piezas triángulo

Estas piezas tienen la misma funcionalidad que las anteriores. La única novedad es que se encuentran en la base de la lámpara.

Se han diseñado diversos tipos de texturas y con colores diferentes para satisfacer las necesidades del mayor número de personas posible.

También se unen con imán por lo que en la parte trasera también cuentan con dos huecos para colocar el imán.

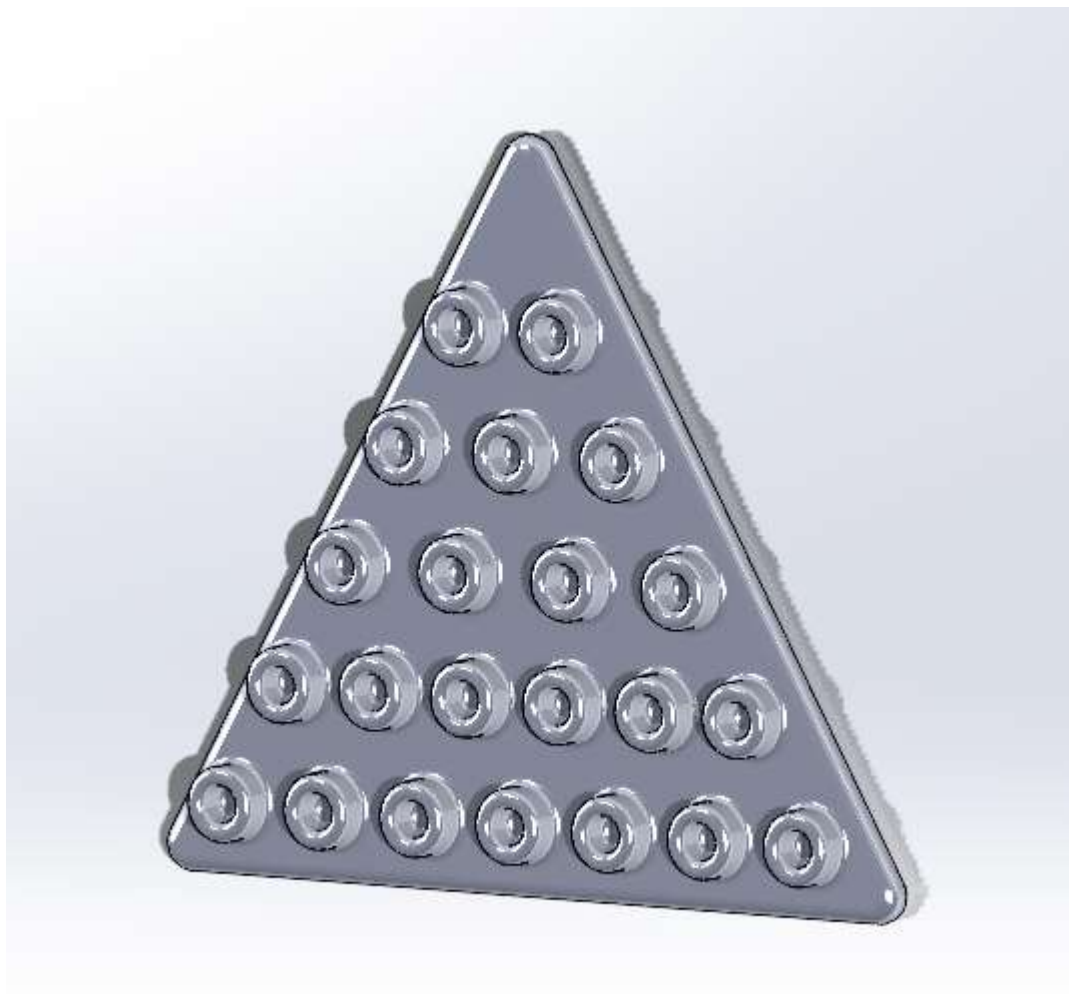


Figura 35. Pieza triángulo delantera. (Elaboración propia, 2025)

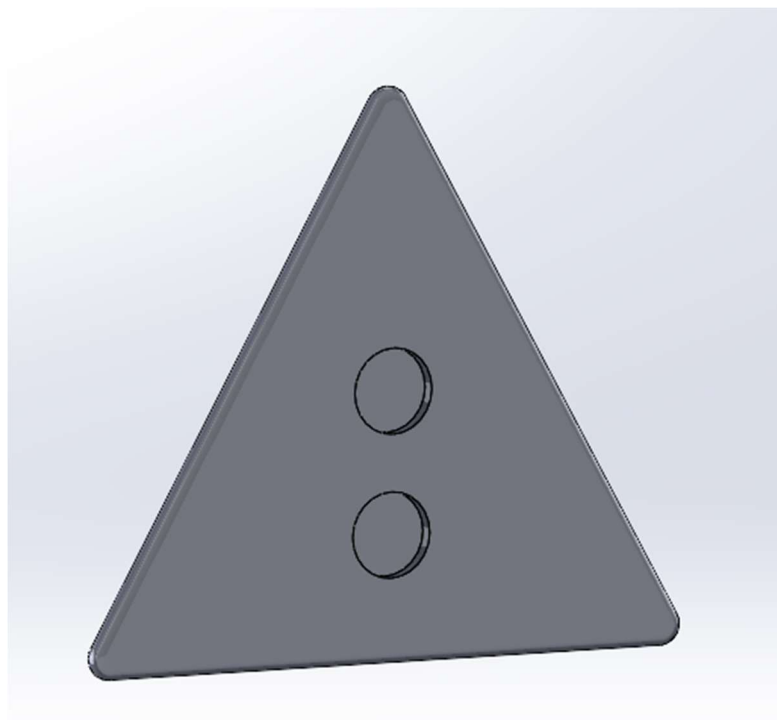


Figura 36. Parte trasera piezas triángulo. (Elaboración propia, 2025)

- Cuerpo del objeto transportable

La forma de este objeto está inspirada en el poliedro regular llamado icosaedro. Cuenta con diferentes agujeros donde se colocarán los diferentes imanes para que se acople cómodamente.

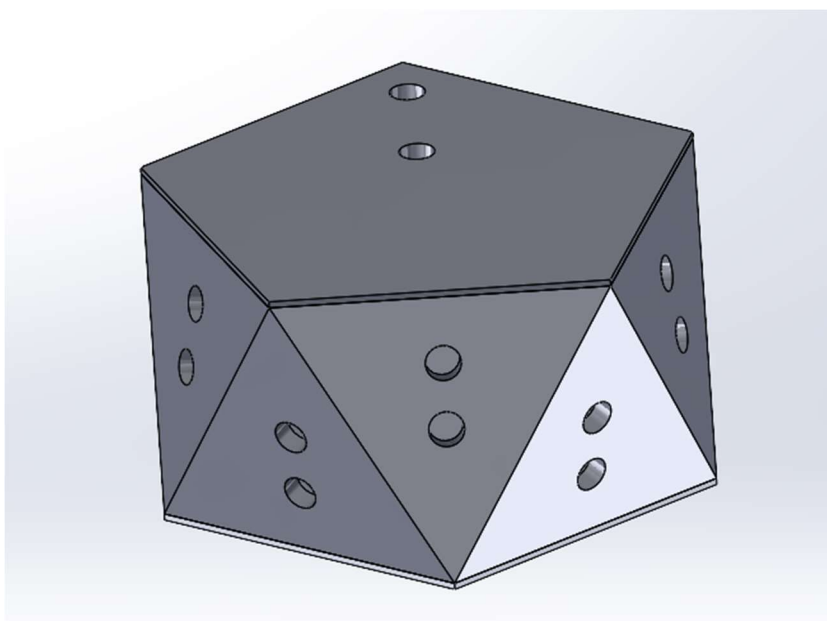


Figura 37. Objeto transportable. (Elaboración propia, 2025)

- Plataforma para leds.

Se trata de una plataforma diseñada para colocar los leds de la lámpara alrededor. El objetivo de esto es que la luz llegue a todos lados y no haya zonas más oscuras o con sombras indeseadas

La idea de esta plataforma es que sea accesible por el usuario para que si en algún momento tiene que cambiar algún led, pueda hacerlo.

Esto aumenta la vida útil del producto.



Figura 38. Plataforma para leds. (Elaboración propia, 2025)

- Sujeciones plataforma leds.

Se trata de unas piezas diseñadas para que sujeten la plataforma diseñada para posicionar los leds.

Estas sujeciones permiten que si el usuario las gira, pueda sacar la plataforma sin dificultad.

Se colocan en la parte inferior de la base, por lo que no están a la mano de los más pequeños.

Para acceder a estas sujeciones es necesario desatornillar la tapa de la base.

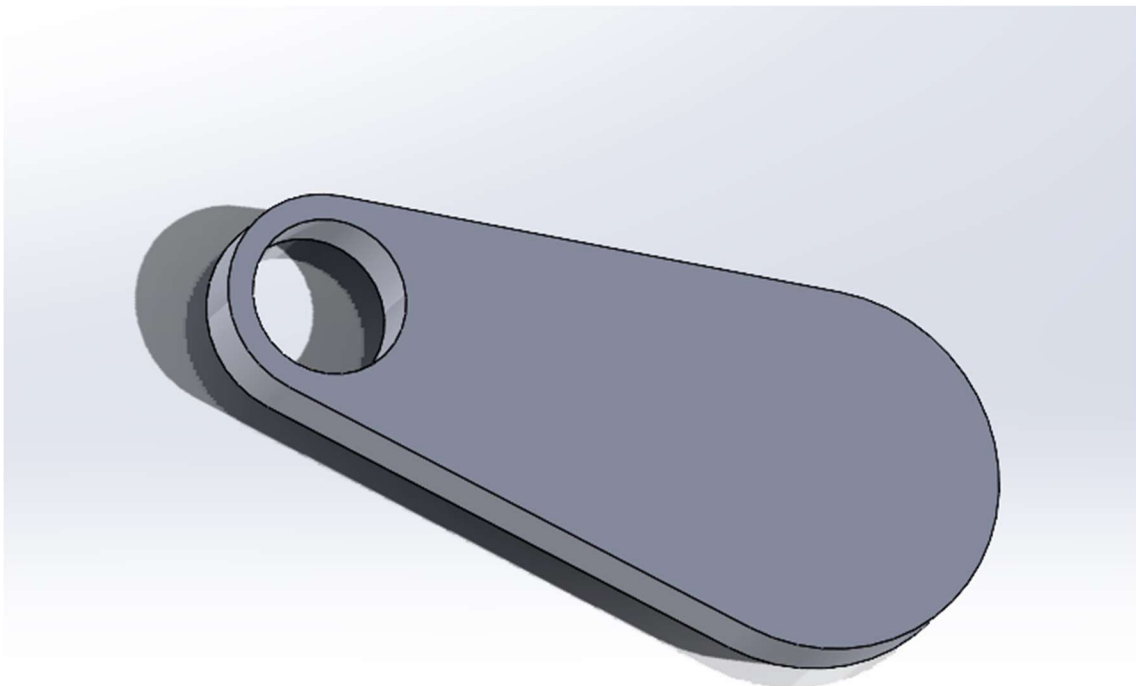


Figura 39. Sujeciones para plataforma para leds. (Elaboración propia, 2025)

- Lámpara

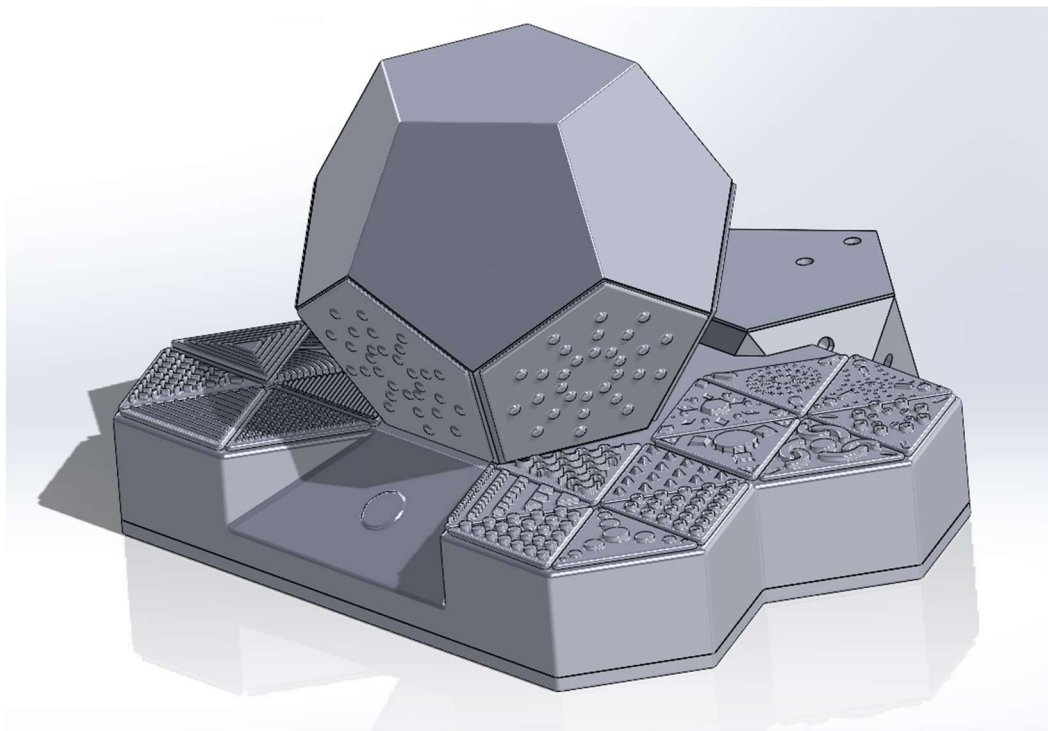


Figura 40. Resultado final lámpara. (Elaboración propia, 2025)

- Objeto transportable

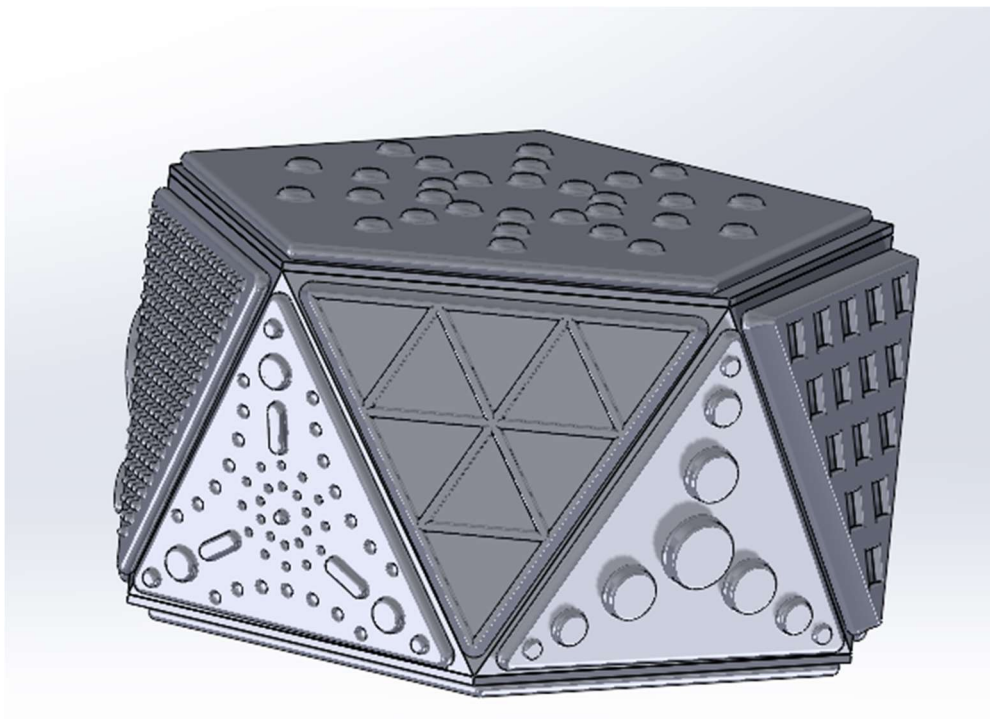


Figura 41. Resultado final objeto transportable. (Elaboración propia, 2025)

11.1. Colores y materiales

Una vez hemos realizado el modelo de nuestro producto, debemos elegir los materiales y colores que darán la forma final al producto.

Para la elección de colores de nuestro producto nos hemos basado en la información recopilada en el apartado 3.3.2. Percepción del color en personas con TEA..

De esta información extraemos que un alto porcentaje de niños que padecen Trastorno del Espectro Autista (TEA) perciben los colores con mayor intensidad que los niños que no padecen este trastorno. Esta hipersensibilidad puede generar malestar o rechazo frente a ciertos estímulos visuales intensos.

De este estudio concluimos que es recomendable el uso de colores de saturación baja, como los tonos pasteles, debido al efecto calmante que provoca en estas personas.

Por estas razones, para nuestro producto final hemos optado por el uso de colores pasteles, con la intención de generar un entorno tranquilo y acogedor, que ayude a la regulación emocional del usuario.

Además, los colores elegidos para esta paleta con colores pasteles complementarios. Los colores complementarios están situados en lados opuestos de la rueda de color. Se ha optado por este tipo de colores ya que generan un contraste sutil que es agradable a la vista, creando armonía y equilibrio en el conjunto completo.



Figura 42. Círculo cromático. (Elaboración propia, 2025)

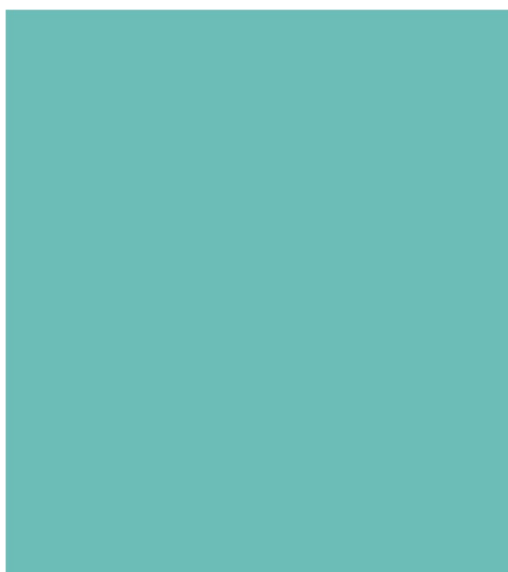
Los colores elegidos son los siguientes:



#9E87C2



#DF965D



#6CBCB8

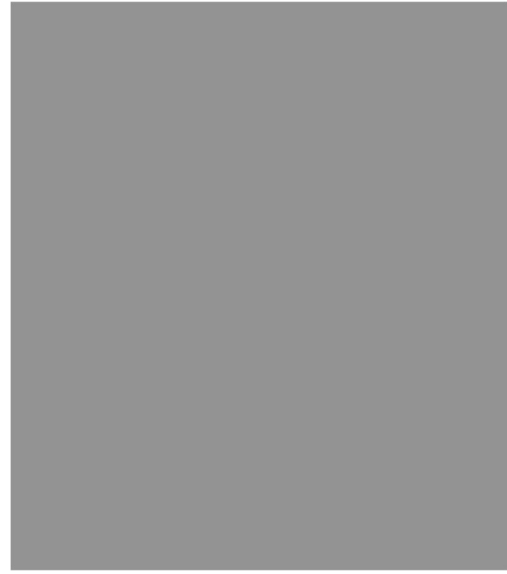


#E9D05D

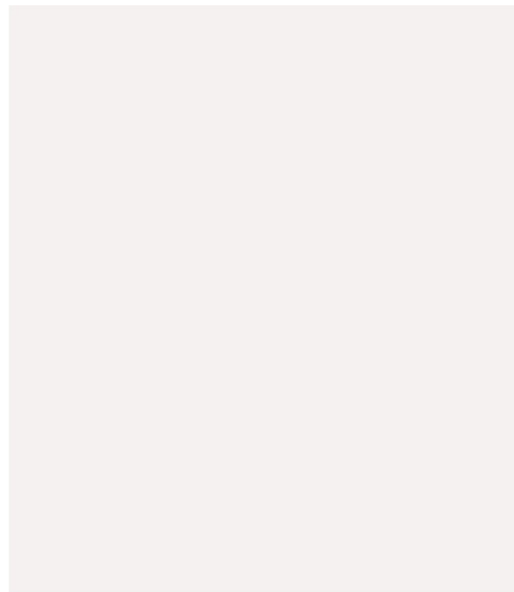
Diseño de una lámpara adaptada para personas con trastorno de espectro autista (TEA)



#A0C4F2



#939393



#F4F1F1

Por otra parte, después de evaluar los diferentes materiales propuestos hemos decidido que se usará para la estructura principal del producto, el polietileno de alta densidad (HDPE).

Esta elección es debido a sus propiedades, según el estudio realizado por Vera, Canellas, & Nerín (2024), es un material muy valorado para el diseño de productos infantiles debido a sus propiedades como su gran resistencia al impacto y ligereza. Estas propiedades son muy importantes para productos que van a ser manipulados por niños ya que deben soportar golpes, caídas o el uso intensivo sin romperse de manera fácil. También es importante la ligereza ya que facilita el manejo del producto por parte del niño.

El HDPE también destaca por ser un material no tóxico y seguro para el contacto con niños. Esto es fundamental en productos infantiles ya que pueden ser llevados a la boca aunque ese no sea su fin. Es un material que se puede limpiar y desinfectar fácilmente, lo que contribuye a la higiene del juguete y bienestar del usuario (Vera, Canellas, & Nerín, 2024).

Las piezas que se fabricarán en este material serán:

- Base
- Tapa de la base
- Mitad inferior dodecaedro
- Cuerpo del objeto transportable
- Plataforma para leds
- Sujeciones de plataforma para leds

Para la parte de la lámpara que actúa como difusor de la luz (Mitad superior del dodecaedro) también usaremos polietileno de alta densidad (HDPE) pero en este caso será translúcido. Con esto tendremos coherencia entre los materiales y las mismas propiedades que las partes mencionadas anteriormente.

Por último, tenemos las diferentes piezas sensoriales, tanto los triángulos como los pentágonos. Para la fabricación de estos se usarán varios materiales:

- Madera
- Corcho
- Caucho natural
- Silicona de grado alimentario

La base de nuestro producto está compuesta por seis hexágonos formados por 6 triángulos texturizados. Cada uno de los hexágonos está compuesto por piezas del mismo color. Por tanto, cada color será de un material diferente.

Por su parte, las piezas pentagonales se fabricarán en silicona de grado alimentario ya que su textura es muy suave y sedosa, adaptándose mejor a las necesidades de todos los usuarios.

Después de definir todas estas características, el resultado final es el siguiente:

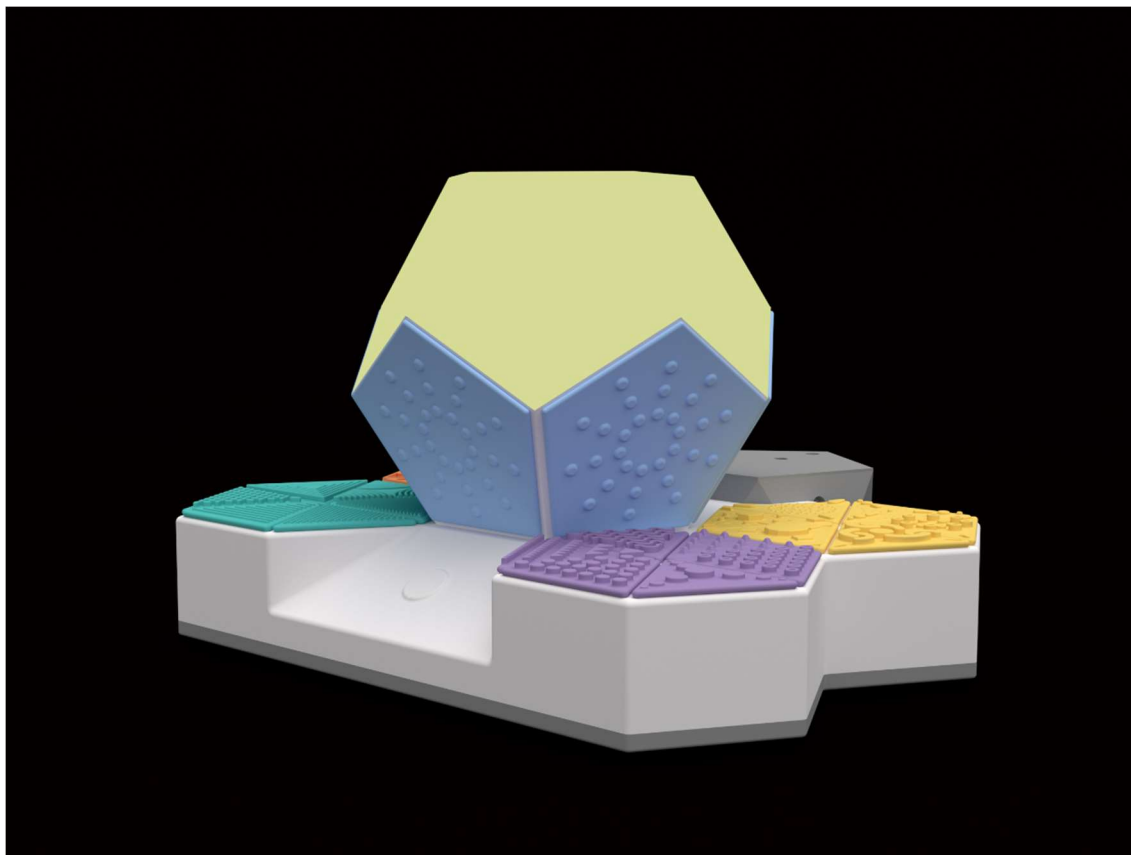


Figura 43. Resultado final lámpara. (Elaboración propia, 2025)

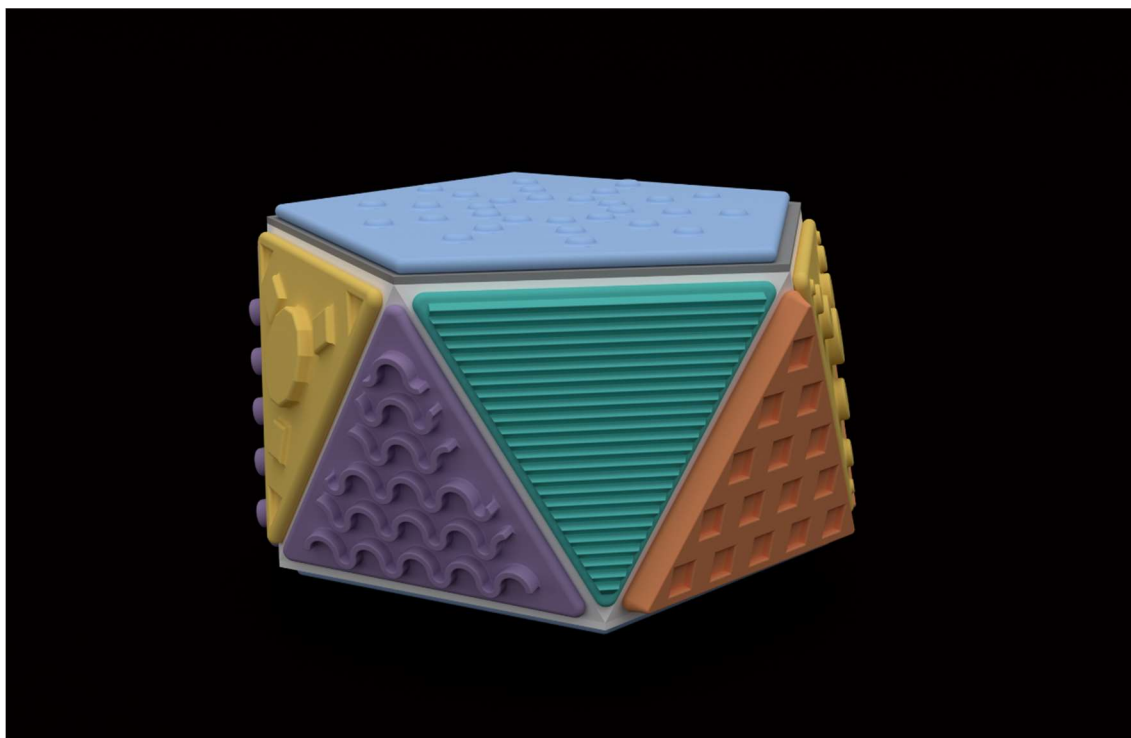


Figura 44. Resultado final objeto transportable. (Elaboración propia, 2025)

12. PROTOTIPADO

Una vez claro el diseño de la lámpara, se empezó con el proceso de prototipado físico del producto. Con esto buscamos materializar la propuesta de diseño y comprobar su viabilidad formal y funcional.

El objetivo principal del prototipo es explorar aspectos relacionados con la ergonomía, el ensamblaje de las piezas, las proporciones del conjunto, el comportamiento de la luz y la interacción del usuario con el producto.

Para su elaboración se ha empleado la tecnología de impresión 3D, que ha permitido obtener un modelo físico con alto nivel de detalle y precisión.

12.1. Técnicas utilizadas

Para la construcción del prototipo se ha empleado la tecnología de fabricación aditiva, específicamente la impresión 3D mediante modelado por deposición fundida (FDM).

Esta técnica ha sido seleccionada por su accesibilidad, bajo coste y la capacidad de obtener geometrías complejas como las utilizadas en el diseño de nuestro producto, que se basan en poliedros y diferentes formas geométricas.

La elección de esta técnica también ha permitido realizar verificar proporciones, encajes y detalles ergonómicos.

La impresión 3D FDM consiste en la extrusión de un filamento termoplástico por capas hasta formar el objeto tridimensional. En nuestro caso hemos usado PLA, que es un material biodegradable y seguro.

Para la impresión hemos utilizado la impresora Ultimaker S5 que cuenta con las siguientes características básicas (Departamento, s.f.):

- Formato de fichero: stl
- Tecnología: Extrusión (FDM/FFF)
- Software: Cura
- Doble extrusor
- Volumen de Impresión: 330 x 240 x 300 mm
- Altura: 300 mm
- Filam.: 2.85 mm
- Diámetro de Boquilla: 0,25 mm, 0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm
- Resolución XYZ: 6,9, 6,9, 2,5 micras
- Conexión: USB, Ethernet, Wifi
- Cámara de video incorporada
- Peso: 20,6 kg
- Potencia Máxima: 500 W

12.2. Proceso de prototipado

En primer lugar, se realizaron pruebas de espesor del material para la parte translúcida de la lámpara. Esta zona requería un equilibrio entre permitir el paso de la luz de forma efectiva y mantener la resistencia suficiente para asegurar una impresión correcta. Se probaron diferentes grosores y decidimos elegir un espesor intermedio que cumpliera ambos requisitos. Una vez se tuvo esto claro se procedió a imprimir la pieza definitiva.



Figura 45. Proceso impresión de la prueba de espesor. (Elaboración propia, 2025)

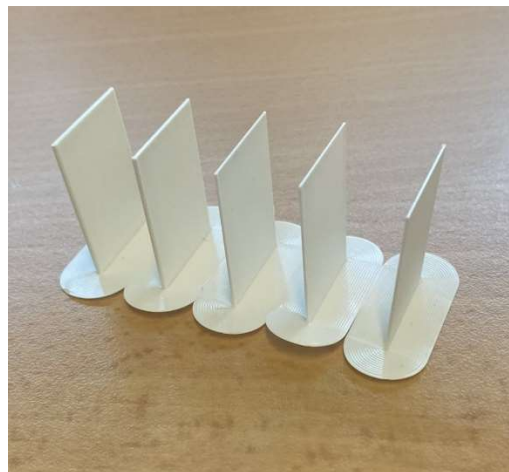


Figura 46. Resultado impreso. (Elaboración propia, 2025)

Se realizaron pruebas con la luz led:

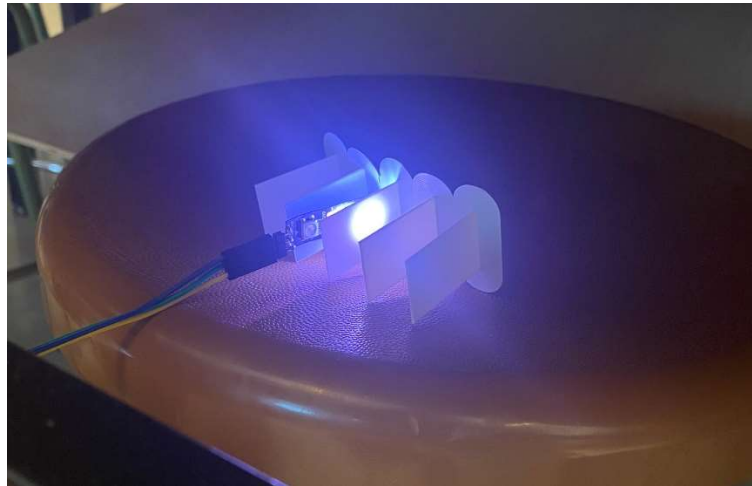


Figura 47. Prueba luz led. (Elaboración propia, 2025)

Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas de tolerancia en las piezas que integran imanes. Estas pruebas fueron esenciales para garantizar que los imanes se van a insertar correctamente sin necesidad de poner en peligro la integridad de la pieza. Gracias a estas pruebas pudimos aprender más sobre la tolerancia que se debe usar al imprimir las piezas ya que en las primeras pruebas el agujero donde se insertan los imanes era demasiado estrecho y el imán no entraba. Se corrigió este error y una vez validada la tolerancia adecuada, se imprimieron las piezas definitivas.



Figura 48. Prueba tolerancia para imán. (Elaboración propia, 2025)

El siguiente paso consistió en verificar los ajustes de encaje a presión entre las distintas piezas del prototipo. Tras comprobar su correcto comportamiento también se imprimieron estas piezas en su versión final.

Finalmente, se procedió a imprimir el resto de componentes del prototipo, siguiendo los parámetros optimizados en las pruebas previas.

Para imprimir las piezas es necesario un programa de laminado, en el que se ajustarán diferentes características para conseguir los mejores resultados en la impresión. El programa de laminado que se ha utilizado se llama UltiMaker Cura.

Dentro de este programa se han configurado los parámetros necesarios para la impresión.

En la parte de calidad, hemos situado la altura de capa en 0.1 mm. La altura de capa suele llamarse resolución y consiste en el grosor que va a tener cada recorrido. Este dependerá del diámetro de la boquilla. En nuestro caso, la boquilla es 0.4 mm.

El grosor de las paredes también dependerá del diámetro de la boquilla. En nuestro caso hemos decidido darle un grosor de 0.8 mm.

Para las capas superior e inferior hemos elegido que tengan un grosor de 1 mm.

El relleno, es lo que va en el interior, entre las paredes. Esto no está visible por lo que no afecta a la estética de la pieza, afectará a la resistencia, flexibilidad, tiempo de producción y peso. Para la impresión de nuestras piezas hemos elegido poner un 20% de relleno, con un patrón de triángulos.

La velocidad de impresión elegida para nuestras piezas es de 70 mm/s.

Algunas de las piezas que hemos impreso necesitan que se genere material de soporte para que se impriman correctamente algunos detalles. La función de este material es sostener las partes que sobresalen del modelo y exceden 45°, para que puedan imprimirse con precisión. Cuando alguna de las piezas de nuestro proyecto necesita material de soporte para su correcta impresión, se ha seleccionado la opción *Generar soporte*. En cuando a la colocación del soporte elegimos *En todos los sitios*.

Una vez impresas todas las piezas, se llevó a cabo el postprocesado. Este incluyó el lijado manual de superficies para eliminar imperfecciones derivadas de la impresión y conseguir un acabado más uniforme y agradable al tacto, especialmente en las zonas que el usuario va a manipular. También fue

necesario pegar algunas partes del prototipo y los imanes, para completar el montaje del conjunto.

12.3. Resultados obtenidos

Con la realización del prototipo hemos obtenido los primeros resultados tangibles del diseño. Esto permitió que pudiéramos evaluar el producto desde una perspectiva física, funcional y estética.

A continuación, recopilaremos imágenes de los resultados obtenidos a partir de la impresión:

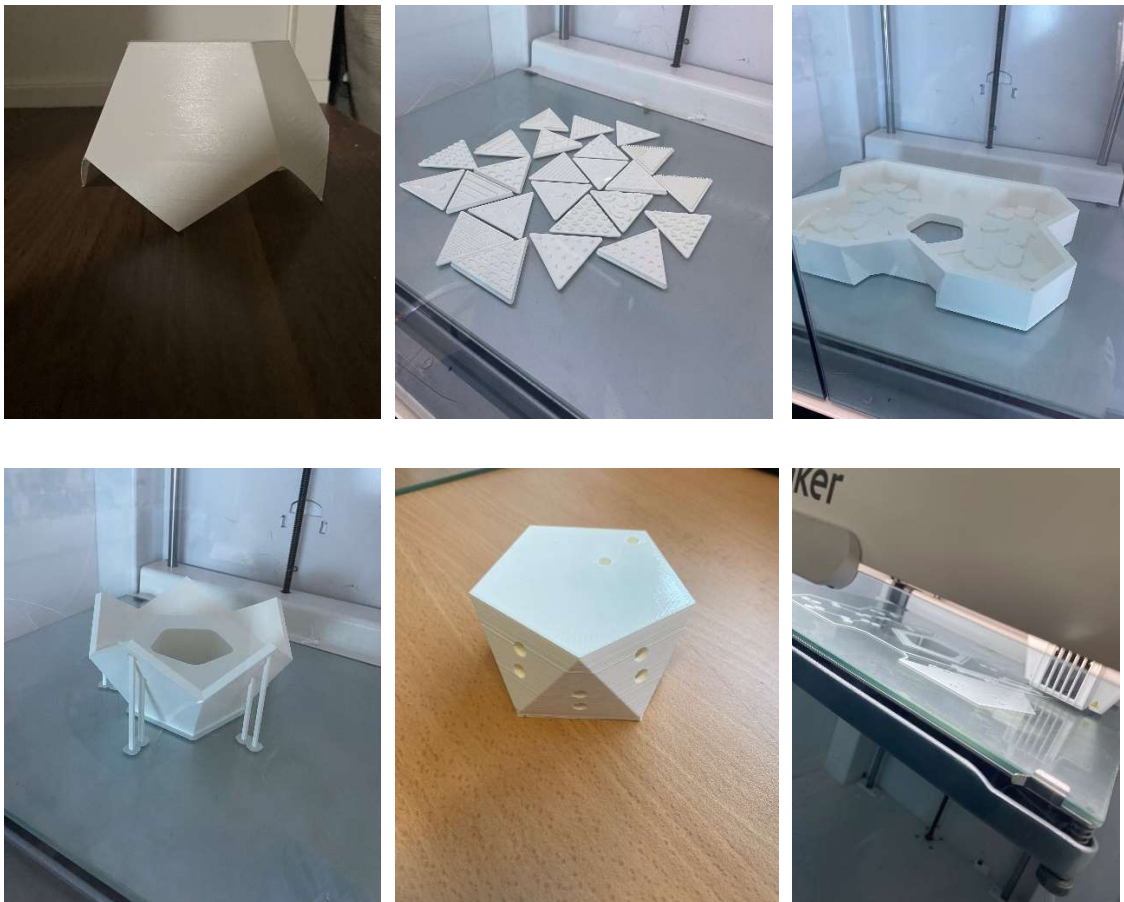


Figura 49. Recopilación de imágenes de impresión 3D. (Elaboración propia, 2025)

12.4. Conclusiones

Durante el proceso de prototipado de impresión 3D se encontraron diversas dificultades y limitaciones que a continuación explicaremos:

- Tiempos de impresión. Para la impresión de todas las piezas hemos empleado un tiempo elevado. Algunas piezas tardaban más de un día en imprimirse, lo que ha retardado más el proceso de prototipado.

- Tolerancias. Nos resultó complicado saber la tolerancia adecuada que se debe dejar para cada parte. Es por ello por lo que decidimos hacer pruebas de las partes aisladas para comprobarlo antes de imprimir la pieza al completo.
- Detalles pequeños. También hemos encontrado dificultades a la hora de imprimir detalles pequeños ya que la misma máquina cuenta con un error que no permite que salgan completamente precisos.
- Dirección de impresión. Con las pruebas realizadas nos hemos dado cuenta de que la dirección de impresión es muy importante ya que dependiendo de cómo se posicione podremos obtener piezas con mayor calidad o con menos.
- Tamaño de impresión limitado: El tamaño de las piezas que podamos imprimir dependerá de las dimensiones de impresión que tenga cada impresora. Si queremos imprimir piezas grandes, deben dividirse en partes y luego unirse, normalmente con pegamento.
- Postprocesado: Una vez impresas, muchas piezas requieren limpieza, lijado o incluso ensamblado, si se ha impreso en varias partes.

13. ELECTRÓNICA

De manera paralela al prototipado, hemos desarrollado el circuito electrónico que corresponde al desarrollo funcional del sistema. Está dividido en dos módulos principales: por un lado, la parte de la pulsera, que mide el pulso cardiaco; y, por otro lado, la parte luminosa, que es la lámpara.

13.1. Elementos utilizados

Ambas partes están montadas sobre microcontroladores M5Stack Atom Lite. Estos fueron elegidos debido a su reducido tamaño y a su compatibilidad con Wi-Fi y Bluetooth, lo que permite una comunicación inalámbrica eficiente entre ambos dispositivos.



Figura 50. M5Stack Atom Lite. (Elaboración propia, 2025)

Para la parte de la pulsera, además del microcontrolador, utilizaremos un sensor de pulsaciones. En concreto, el sensor utilizado es el MAX30102, que permite medir la frecuencia cardiaca del usuario en tiempo real.



Figura 51. Sensor medidor de pulso MAX30102. (Elaboración propia, 2025)

Por otra parte, tenemos la lámpara, que también se basa en un microcontrolador M5Stack Atom Lite. En este caso, el microcontrolador recibe la señal de la pulsera y activa el patrón luminoso correspondiente. A este microcontrolador se le incorporan un conjunto de LEDs RGB programables que permiten ajustar tanto el color como la intensidad de la luz.

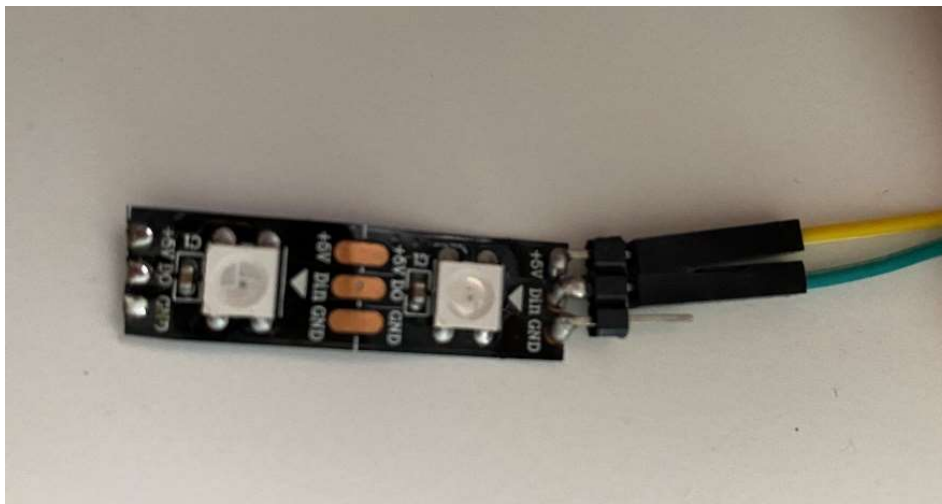


Figura 52. Tira leds RGB. (Elaboración propia, 2025)

Estos leds se han programado para que tenga dos funciones, por un lado, actúa como una lámpara estándar que emite una luz continua. Por otro lado, se activa el modo de respiración.

Para programar el modo respiración hemos usado la técnica 4-7-8. Esta técnica consiste en inhalar durante 4 segundos, mantener la respiración durante 7 segundos y exhalar durante 8 segundos. Este patrón tiene como objetivo reducir la ansiedad o ayudar a las personas a dormir (Weil, 2022).

Aproximadamente el ritmo de respiración coherente es de 6 respiraciones por minutos para activar el sistema nervioso parasimpático (Vallejo, 2025).

También se conecta en esta parte un botón táctil que funciona como interfaz de encendido y apagado manual. Se ha configurado para que si se pulsa se encienda la luz continua como una lámpara estándar. Pero si se mantiene el botón pulsado durante tres segundos, se activa el modo respiración, para que el usuario pueda practicar esta función y saber cómo reaccionar en momentos de estrés.



Figura 53. Botón táctil. (Elaboración propia, 2025)

La comunicación entre ambos módulos se realiza mediante conexión inalámbrica. En nuestro caso hemos elegido la opción vía WiFi. Con esto conseguiremos una interacción fluida entre la detección de alarma y la activación de respuesta visual que genera la lámpara, todo esto sin cables.

Para la parte de la pulsera buscamos que sea lo más compacto posible. Al ser un prototipo, los elementos con los que contamos son los siguientes por lo que vamos a tratar de hacer que ocupen el menor espacio posible.

Es por ello que hemos soldado los cables directamente a cada elemento y lo hemos pegado para que no se mueva del sitio indicado.

El resultado objetivo es el siguiente:

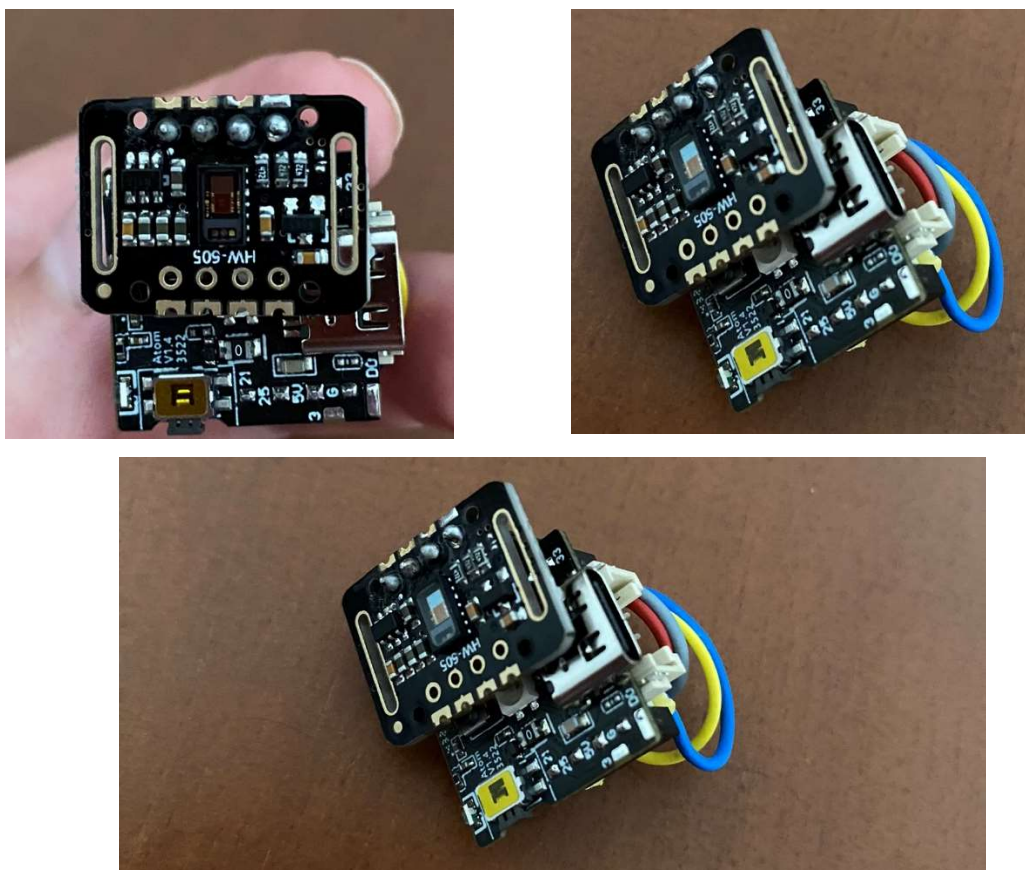


Figura 54. Resultado final elementos compactados. (Elaboración propia, 2025)

Para el prototipo de la pulsera también hemos diseñado una carcasa para cubrir estos componentes.

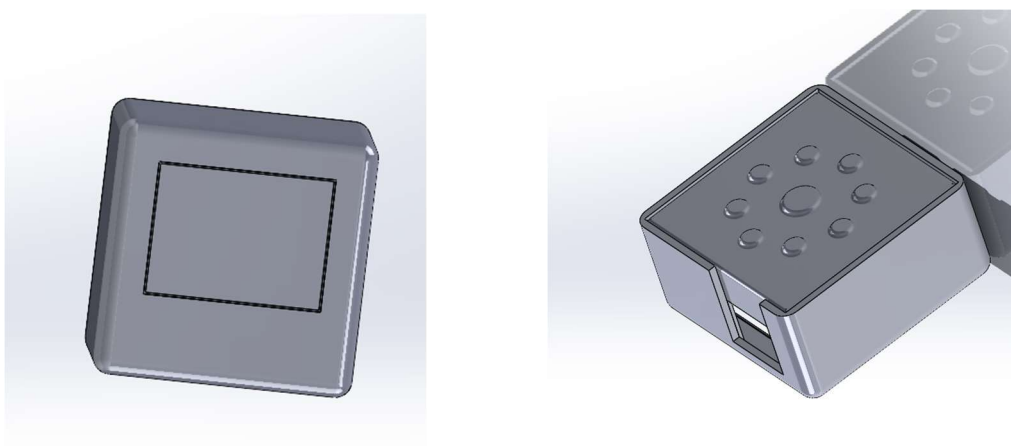


Figura 55. Carcasa pulsera. (Elaboración propia, 2025)

Diseño de una lámpara adaptada para personas con trastorno de espectro autista (TEA)

Por otro lado, para la parte de la lámpara no se van a soldar los cables ya que contamos con espacio de sobra y no hace falta compactarlos.

El resultado se muestra a continuación:

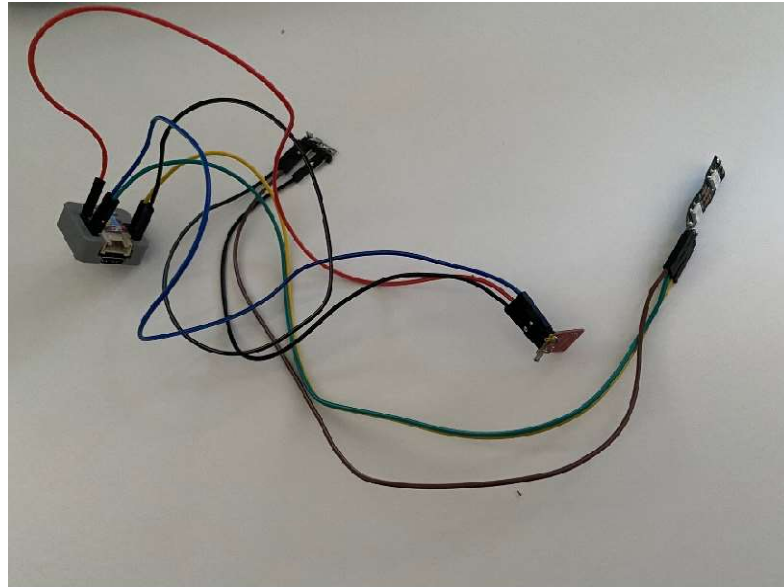


Figura 56. Resultado final elementos lámpara. (Elaboración propia, 2025)

Por último, cabe destacar que todo el sistema ha sido programado utilizando la plataforma Arduino, lo que ha facilitado el control de los sensores, la comunicación entre dispositivos y la gestión de la luz. Esto permite una buena integración de los componentes y una buena adaptación a las necesidades de los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA).

14. PRESUPUESTO

En este apartado realizaremos los cálculos convenientes con el objetivo de obtener el coste del proyecto, de una manera detallada y justificada.

El presupuesto cuenta con diferentes elementos que hay que tener en cuenta, los cuales desarrollaremos de manera más precisa a continuación.

14.1. Coste de fabricación

Si hablamos del coste de fabricación, nos referimos al coste que supone la elaboración del producto. Podemos decir que es la suma de tres aspectos:

- Mano de obra directa (m.o.d)
- Costo de material
- Puestos de trabajo

$$\text{Coste de fabricación } (C_f) = m.o.d + \text{Costo materiales} + \text{Puestos de trabajo}$$

A continuación, detallaremos los tres elementos que componen al coste de fabricación.

14.1.1. Mano de obra directa

La mano de obra directa consiste en el trabajo humano que realizan los diferentes usuarios para conseguir la producción del producto. Es un concepto muy importante ya que conlleva esfuerzo y estar capacitado de habilidades por parte de los trabajadores para conseguir el objetivo.

Al tratarse del presupuesto de un prototipo, todas las tareas técnicas han sido realizadas por la autora del proyecto. Por lo que se ha realizado una mano de obra estimada. Se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- El tiempo dedicado al diseño CAD y a la preparación de archivos para imprimir.
- Las horas necesarias para supervisar el proceso de impresión 3D. Aquí se incluyen las diferentes pruebas y ajustes de tolerancia realizados.
- Tareas de postprocesado, como lijado, pegado y ensamblaje de los componentes.
- Tareas relacionadas con la electrónica, como por ejemplo, soldar componentes.

14.1.2. Costo de materiales

La fabricación del prototipo se ha realizado con impresión 3D utilizando filamento PLA, ya que es un material fácil de imprimir, económico y adecuado para trabajos de prototipado rápido.

Además, se han utilizado otros materiales complementarios como los imanes de neodimio para unir piezas, adhesivo, lijas para el postprocesado y pintura.

Por otro lado, deben considerarse los elementos electrónicos utilizados para simular el funcionamiento del producto:

- Dos módulos M5 Atom Lite, uno integrado en la lámpara y otro en la pulsera.
- Un sensor MAX30102 para la medición de frecuencia cardíaca.
- Una tira led RGB para la retroiluminación del modo respiración y luz funcional.
- Un botón táctil capacitivo para el encendido manual.
- Elementos básicos como cableado para realizar las conexiones

14.1.3. Puestos de trabajo

Al tratarse de un proyecto académico, se ha utilizado la maquinaria disponible en la universidad, por lo que ese coste no se va a tener en cuenta.

14.2. Costes indirectos

Al realizarse el prototipo con maquinaria de la propia universidad, se ha considerado un coste relacionado con su uso y consumo eléctrico. Este valor se va a tener en cuenta ya que es importante reconocer el valor de los recursos usados. Además, puede servir de ayuda en un futuro cuando se realice el presupuesto para el producto final.

CONCEPTO	CANTIDAD	Precio unitario (€)	Total (€)
MATERIALES			
Filamento PLA	0,5 kg	16 €/kg	8 €
Imanes neodimio	120 unidades	0,08 €/unidad	9,99€
Pintura	7 unidades	6,00 €/unidad	42€
Adhesivo y lijas	1 unidad	18,00€	18,00€
COMPONENTES ELECTRÓNICOS			
M5 Atom Lite	2 unidades	10€/unidad	20€
Sensor pulso MAX30102	1 unidad	7,50 €/unidad	7,50 €
LEDS RGB	1 unidad	5,50 €/unidad	5,50 €
Botón táctil	1 unidad	0,50 €/unidad	0,5 €
Cableado	10 unidades	0,25 €/unidades	2,50 €
MANO DE OBRA			
Diseño CAD	25 horas	10 €/hora	250 €
Investigación	30 horas	10 €/hora	300 €
Impresión y supervisión	6 horas	10 €/hora	60 €
Montaje y postprocesado	10 horas	10 €/hora	100 €
Soldadura	10 minutos	10 €/hora	1,66
COSTES INDIRECTOS			
Electricidad	1	15,00 €	15,00 €
TOTAL ESTIMADO			840,65 €

Tabla 8. Presupuesto prototipo. (Elaboración propia, 2025)

El coste total estimado del prototipo del producto asciende a 840,65 €. Para valorar este precio hay que tener en cuenta que se trata de una unidad fabricada de manera artesanal con un gran tiempo dedicado. Teniendo en cuenta esto, y que los precios más elevados son por la mano de obra, el resultado es razonable.

En este trabajo hemos conseguido indagar en el sector a partir de proyectos que permiten desarrollos posteriores en un futuro. Para esta fase posterior deberán optimizarse los procesos utilizando maquinaria especializada para fabricación industrial o moldeos por inyección. Esto permitirá que los costes se optimicen y el proyecto sea más rentable.

15. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Después de todo el proceso de creación del producto, desde la idea preliminar hasta el resultado final, hemos conseguido nuestros objetivos.

Este trabajo me ha permitido desarrollar una propuesta de diseño para un producto orientado a mejorar el bienestar emocional y sensorial de los niños que padecen Trastorno del Espectro Autista (TEA). Para ello se han integrado aspectos de estimulación sensorial, diseño centrado en el usuario y tecnologías electrónicas accesibles.

A lo largo del proceso se han llevado a cabo distintas fases, desde la idea preliminar hasta el resultado final.

Aunque no se han podido realizar pruebas funcionales con usuarios reales, el resultado obtenido es fruto del estudio de las diferentes características de este trastorno. Esto ha permitido tomar decisiones como la elección de colores acordes, la implementación de texturas sensoriales variadas o la inclusión de un modo de respiración guiada basada en estudios sobre autorregulación emocional.

También se han realizado estudios sobre ergonomía y antropometría, centradas en la población a la que va dirigida nuestro producto, niños de un rango de edad de 3 a 8 años.

El prototipo se ha realizado mediante impresión 3D con el objetivo de verificar la accesibilidad y la forma del producto. De aquí se han obtenido conclusiones muy enriquecedoras para el trabajo.

Por último, como conclusión general, este trabajo ha servido para asentar unas bases sólidas sobre las que seguir avanzando. Podría continuarse con una fase de testeo real con usuarios, con el objetivo de ajustar el funcionamiento del producto para que se adapte mejor a sus necesidades. El objetivo es que con estas mejoras, el producto final pueda realmente ayudar a los niños con TEA en

Diseño de una lámpara adaptada para personas con trastorno de espectro autista (TEA)

su día a día, tanto en casa como en espacios educativos o terapéuticos, mejorando su bienestar y ofreciendo una herramienta de apoyo útil.

16. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto ha permitido alcanzar los objetivos propuestos, dando forma a un producto diseñado para ayudar a los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) a autorregular su bienestar emocional y sensorial.

El desarrollo de este proyecto ha supuesto un proceso completo de investigación, diseño, experimentación y reflexión, el que se ha abordado un problema complejo. Mas allá del resultado físico del producto, este trabajo ha permitido explorar cómo el diseño puede ser una herramienta real de ayuda para tratar de satisfacer las necesidades de los niños con TEA.

Uno de los mayores logros ha sido traducir las necesidades específicas del usuario en decisiones formales y técnicas concretas. Algunas de ellas pueden ser el uso de la luz como método de calma, la introducción de un sistema de respiración guiada, la inclusión de piezas sensoriales y la conexión emocional entre la lámpara y el objeto transportable. Todo esto ha sido estudiado para responder no solo a una función, sino también a un vínculo emocional que ayude al niño a sentirse acompañado y comprendido.

Desde una opinión más personal, este proyecto me ha permitido comprender mejor cómo el diseño puede tener un impacto positivo en la vida de las personas. Me ha ayudado a ver lo importante que es entender a quienes a veces no se tienen en cuenta en los productos habituales, y satisfacer sus necesidades de la mejor manera posible. Durante la realización de este proyecto también me he dado cuenta que el diseño, la tecnología y la empatía pueden unirse para crear productos muy útiles y con mucho significado.

17. BIBLIOGRAFÍA

Autismo Madrid. (5 de febrero de 2024). *TEA Madrid*. Obtenido de ¿Cómo es el Mundo Sensorial en el Autismo?: <https://teamadrid.com/como-es-el-mundo-sensorial-en-el-autismo>

Bernard, P. (2009). *Los sentidos*. Argentina: El Cid Editor | Apuntes. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/uma/titulos/28796>

Bonilla, M. F., & Chaskel, R. (2016). Trastorno del espectro autista. *Programa de educación continua en pediatría. Sociedad colombiana de pediatría.*, 15(1), 19-29. Obtenido de <https://institucionalcesa.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/03/trastorno-espectro-autista-ficha.pdf>

C. a. (2019). *Average wrist circumference, by age*. Obtenido de Census at School Canada: <https://censusatschool.ca/data-results/2018-2019/wrist-by-age/>

C. I. (2004). *Polyvinyl Chloride Toys*. Canadian Child Care Federation. Obtenido de https://cccf-fcsge.ca/wp-content/uploads/2020/05/RS_47-e.pdf

Cachán, C., Carbelo, B., García, M., & Mateo, P. (2012). Estudio sobre la influencia de la iluminación en el rendimiento escolar. *Universidad de Nebrija*. Obtenido de https://aconve.org/wp-content/uploads/2017/11/Iluminacion_escolar_Philips_Uni_Nebrija.pdf

Campos, A. L. (18 de enero de 2024). *La Psicología de la Luz: Cómo la Iluminación Afecta Nuestro Estado de Ánimo y Productividad*. Obtenido de Jumalux: <https://jumalux.com/la-psicologia-de-la-luz-como-la-iluminacion-afecta-nuestro-estado-de-animo-y-productividad/>

Canal Mónaco, M. A. (2009). *El sentido de la vista*. Santa Fe, Argentina: El Cid Editor | apuntes. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/uma/28794>

- Cañete, R., Picardo, A., Trueba, P., Torres, Y., & Peralta, E. (2024). Un nuevo enfoque de toma de decisiones multicriterio para el diseño y selección de materiales y procesos de fabricación de juguetes para niños con autismo. *Materials Today Communications*, 40. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.109709>.
- Cañetel, R., López, S., & Peralta, M. E. (2021). KEYme: Juguetes inteligentes multifuncionales para niños con trastorno del espectro autista. *Sostenibilidad*, 13(7). doi:<https://doi.org/10.3390/su13074010>
- Carrillo Mora, P., Barajas Matínez, K. G., Sánchez Vázquez, I., & Rangel Caballero, M. F. (2017). Sleep disorders: what are they and what are their consequences? *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 61(1), 6-20. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422018000100006&lng=es&tlng=es
- Confederación Autismo España. (2019). *Bienestar emocional en el Trastorno del Espectro del Autismo. Infancia y adolescencia*. Obtenido de Consejo General de la Psicología de España (INFOCOP): <https://www.infocop.es/pdf/TEA.pdf>
- Coulter, H., Donnelly, M., Yakkundi, A., McAneney, H., Barr, O., & WG, K. (2024). Heart rate variability biofeedback to reduce anxiety in autism spectrum disorder. *Front. Psychiatry*. doi:<https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1409173>
- D. d. (s.f.). *Taller de prototipado 3D*. Obtenido de Universidad de Málaga: <https://digilab.uma.es/ultimaker-S5.php>
- D. T. (23 de julio de 2024). *¿Qué son los juguetes de PVC?* Obtenido de Demeng Toy: <https://www.demengtoy.com/es/what-is-pvc-toys.html#:~:text=Los%20juguetes%20de%20PVC%20son,%22vinilo%22%20tambi%C3%A9n%20es%20PVC.>

Daniel. (19 de noviembre de 2016). *Babelt Smart Bracelet Monitors Your Baby's Temperature, Heart Rate and Sleep*. Obtenido de GadgetsIn: <https://gadgetsin.com/babelt-smart-bracelet-monitors-your-babys-temperature-heart-rate-and-sleep.htm>

De Marchi, S. (2023). *Cocoon / smart-toy for Autism Spectrum Disorder*. Obtenido de Behance: https://www.behance.net/gallery/180130367/Cocoon-smart-toy-for-Autism-Spectrum-Disorder?tracking_source=search_projects|autism+design+product&l=11

Delloye, E. (2024). Luz natural y salud mental: el poder de la luz para mejorar el estado de ánimo y la productividad. *Luminette*.

Díaz Espinosa, A. (2021). *Antropometría*. Costa Rica: San Marcos. Obtenido de <https://repositorio.usam.ac.cr/xmlui/handle/11506/1973>

E. C. (2011). *Antropometría*. Colombia: Facultad de Ingeniería Industrial. Obtenido de https://escuelaing.s3.amazonaws.com/staging/documents/2956_antropometria.pdf

EASD. (2018). *Psicología del color*. Obtenido de Escola d'Art i Superior de Disseny.: <https://perio.unlp.edu.ar/catedras/wp-content/uploads/sites/125/2020/04/Psicologia-del-color.pdf>

Enciclopedia Médica A.D.A.M. (2023). *Prevención del desfase horario*. Obtenido de MedicinePlus: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000719.htm>

Fioriello, F., Andrea, M., D'Alvia, L., Pittella, E., Emanuele, P., Rizzuto, E., . . . Sogos, C. (2020). A wearable heart rate measurement device for children with autism spectrum disorder. *Scientific Reports*. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-020-75768-1>

Foucault. (2021). *Laboratorio Óptico Foucault*. Obtenido de Visión del color: <https://www.foucaultacerbi.com.ar/optica-de-precision/vision-del-color/>

Frambach, S. (2013). *Soft Light*. Obtenido de Simon Frambach: <http://www.simon-frambach.com/index.html>

Fundación Española del Corazón. (22 de septiembre de 2022). *Qué es la frecuencia cardíaca y cómo se mide*. Obtenido de Fundación Española del Corazón: <https://fundaciondelcorazon.com/blog-impulso-vital/3855-que-es-la-frecuencia-cardiaca-y-como-se-mide.html#:~:text=La%20frecuencia%20cardiaca%20es%20el,el%20correcto%20funcionamiento%20del%20coraz%C3%B3n.>

Garrote Rojas, D., Pérez Angulo, G., & Serna Rodríguez, R. M. (2018). Efectos de la musicoterapia en el trastorno de espectro autista. *Revista de Educación Inclusiva*, 11(1), 175-192. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6542202>

Gatón Moreno, M. A., González Torres, M. Á., & Gaviria, M. (2015). Trastornos afectivos estacionales, "winter blues". *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 35(126), 367-380. doi:<https://dx.doi.org/10.4321/S0211-57352015000200010>

Gee Ho, K., Chan Su, P., Jae Hyun, Y., & Seung Oh, H. (2018). *Have a moonlight*. Obtenido de K-Design Award: <https://kdesignaward.com/exhibition/149975>

Ghasemtabar, S. A., Hosseini, M., Fayyaz, I., Arab, S., Naghashian, H., & Poudineh, Z. (2015). Musicoterapia: Un enfoque eficaz para mejorar las habilidades sociales de los niños con autismo. *Investigación biomédica avanzada*, 4(1). doi:10.4103/2277-9175.161584

Groen, W. B., vanOursow, L., Huurne, N. t., Swinkels, S., van der Gaag, R.-J., Buitelaar, J. K., & Zwiers, M. P. (2009). Procesamiento espectral intacto pero temporal anormal de los estímulos auditivos en el autismo. *Revista de autismo y trastorno del desarrollo*, 39, 742-750. doi:<https://doi.org/10.1007/s10803-008-0682-3>

- Guldager, E. (2021). *ivy. - Routine planning tool for kids with autism*. Obtenido de Behance: https://www.behance.net/gallery/104595719/ivy-Routine-planning-tool-for-kids-with-autism?tracking_source=search_projects|autism+product+design&l=1
- Heaton, P., Hudry, K., Ludlow, A., & Hill, E. (2008). Superior discrimination of speech pitch and its relationship to verbal ability in autism spectrum disorders. *Cognitive Neuropsychology*, 25, 771–782. doi:<https://doi.org/10.1080/02643290802336277>
- Herrera-Del Aguila, D. D. (2021). Trastorno del Espectro Autista: La Historia. *Diagnóstico*, 60(3), 131-133. doi:<https://doi.org/10.33734/diagnostico.v60i3.300>
- Iannizzotto, V., Paez, A., Zanin, L., Azpiroz, R., & De Bortoli, M. (2013). Hábitos de sueño y trastornos del espectro autista. *Fundamentos en Humanidades*, 14(27), 159-173. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18440029008>
- Jiménez Hervás, R. (2021). Concepto y características de la luz. *Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado*. Obtenido de https://descargas.intef.es/recursos_educativos/It_didac/CCNN/6/08/01_concepto_y_caracteristicas_de_la_luz/index.html
- Jofré Romeo, E. I. (2016). *Autismo y visión de color: Diseño experimental de un instrumento para detectar deficiencias de visión color en niños del espectro autista no verbal*. Obtenido de Repositorio Académico - Universidad de Chile.: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/143528/autismo-y-vision-de-color.pdf?sequence=1>
- Kocer, M., & Guven, A. (2015). *Lámpara portátil OLED de Muzaffer Kocer y Ayca Guven Kocer*. Obtenido de A' Design Awards & Competition:

https://competition.adesignaward.com/design.php?ID=43209?utm_source=designmilk&utm_medium=post&utm_campaign=Sept2016

La Fermina. (2024). *¿Cual es mi talla de muñeca?* Obtenido de La Fermina: <https://www.lafermina.com/blog/cual-es-mi-talla-de-muneca/>

LAMP. (2021). *La importancia de una buena iluminación en espacios educativos.* Obtenido de LAMP Worktitude for light: https://www.lamp.es/es/news/la-importancia-de-una-buena-iluminacion-en-espacios-educativos_500258

Ludlow, A. K., Wilkins, A. J., & Heaton, P. (2006). The Effect of Coloured Overlays on Reading Ability in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders.*, 36, 507–516. doi:<https://doi.org/10.1007/s10803-006-0090-5>

Luque Ordoñez, J. (2022). Física del Sonido. *Revista Digital de ACTA (Autores científicos-técnicos y académicos).* Obtenido de https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/116001.pdf

Marta. (2020). *Saberlo todo sobre los percentiles.* Obtenido de Superprof: <https://www.superprof.es/apuntes/escolar/matematicas/estadistica/descriptiva/percentiles.html>

Maruelli, E. (2023). *Bud Buddy, support device for kids with ADS.* Obtenido de Behance: https://www.behance.net/gallery/187000723/Bud-Buddy-support-device-for-kids-with-ADS?tracking_source=search_projects|autism+product+design+&l=156

Mercai. (28 de octubre de 2024). *Polímeros plásticos en la industria del juguete: Una guía para fabricantes.* Obtenido de MERCAI: <https://blog.mercai.ai/polimeros-plasticos-en-la-fabricacion-de-juguetes/>

Michel, L., Ricou, C., Bonnet-Brilhault, F., Houy-Durand, E., & Latinus, M. (2024). Clasificación del grado de agrado de los sonidos en el autismo: interacción entre la información social y el nivel de ruido acústico. *Revista sobre*

autismo y trastorno del desarrollo., 54, 2148-2157.
doi:<https://doi.org/10.1007/s10803-023-05989-6>

Montagu, A. (2004). *La importancia de la piel en las relaciones humanas*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.

Moreno Fernández, M. (18 de mayo de 2009). La luz. *Revista digital. Innovación y experiencias educativas*. Obtenido de https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_18/MARIA_MORENO_1.pdf

Moreno Lucas, F. M. (2015). La utilización de los materiales como estrategia de aprendizaje sensorial en infantil. *Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 772-789. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5834781>

NIH. (2022). *Trastornos del espectro autista*. Obtenido de National Institute of Mental Health: <https://www.nimh.nih.gov/health/publications/espanol/trastornos-del-espectro-autista>

NIH. (2023). *Pulso*. Obtenido de National Institute of Mental Health: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003399.htm>

Pace, M., Dumortier, L., Favre-Juvin, A., Guinot, M., & Bricout, V.-A. (2016). Heart rate variability during sleep in children with autism spectrum disorders. *Physiology & Behavior.*, 167, 309-312.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.09.027>

Pérez Martínez, S. (2023). *Los materiales de los juguetes: alternativas a los juguetes de plástico*. Obtenido de Opciones: <https://opcions.org/es/materiales-juguetes/>

Pérez Vallejo, M. (2010). La musicoterapia. *Innovación y experiencias educativas*, 33, 1-11. Obtenido de

https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_33/MARIA_PEREZ_2.pdf

Poch Blasco, S. (2001). Importancia de la Musicoterapia en el Área Emocional del Ser Humano. *RIFOP: Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 42, 91-113.
doi:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=233619>

Quimisor. (25 de noviembre de 2022). *Polímeros plásticos en la industria del juguete*. Obtenido de Grupo Quimisor: <https://quimisor.com.mx/polimeros-plasticos-en-la-industria-del-juguete/>

Rhoton, S. (s.f.). *Los 5 Sentidos (Cuáles son, sus Funciones y Órganos)*. Obtenido de Enciclopedia Significados: <https://www.significados.com/los-5-sentidos/>

Riccomini, M. E. (1 de febrero de 2024). Musicoterapia y ecología acústica. *Ecos. Revista científica de musicoterapia y disciplinas afines.*, 9.
doi:<https://doi.org/10.24215/27186199e035>

Rotschafer, S. E. (2021). Discriminación auditiva en el trastorno del espectro autista. *Fronteras en neurociencia.*, 15.
doi:<https://doi.org/10.3389/fnins.2021.651209>

Ruiz Ortiz, M. R. (2001). *Tablas antropométricas infantiles*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7163/Ruiz_Manuel%2C_tablas_antropometricas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez Borrero, G. (2024). Psicología y uso del color: Transformación, reinterpretación y creación de nuevos significados sociales. *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/9681278.pdf>

Sheth, S. (9 de agosto de 2020). *Hourglass-shaped table lamp helps you keep track of time using ambient-light!* Obtenido de Yanko Design:

<https://www.yankodesign.com/2020/09/08/hourglass-shaped-table-lamp-helps-you-keep-track-of-time-using-ambient-light/>

Simmons, D. R., Robertson, A. E., S., M. L., Toal, E., McAleer, P., & Pollick, F. E. (2009). Vision in autism spectrum disorders. *Vision Research, Science Direct*, 49(22), 2705-2739. doi:<https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.08.005>

TAJIBO. (18 de abril de 2023). *Asociación TAJIBO*. Obtenido de Integración Sensorial y Autismo: <https://tajibo.org/integracion-sensorial-tea-autismo/>

Tamir, A., & Ruiz Beviá, F. (2014). Los cinco sentidos. *Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante*, <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/44367>.

Tarek, R., ElWahab, A. A., & Salem, A. (2020). *Pearlsm - Interaction Design For Autism*. Obtenido de Behance: https://www.behance.net/gallery/106018769/Pearlsm-Interaction-Design-For-Autism?tracking_source=search_projects|autism+product+design&l=36

UNP. (2020). *Universidad Nacional de la Plata*. Obtenido de Física de la luz. Apuntes de clase – Del libro “La luz en el teatro, manual de iluminación” – Eli Sirlin: <https://m16dialuz.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/2020/05/UNAD-2020-F%C3%ADsica-de-la-luz.pdf>

Vallejo, M. (2025). Research on Breathing Techniques to Reduce Anxiety and Stress in Elementary School Students. *Mental Health Center Kids*. Obtenido de <https://www.google.com/search?q=https%3A%2F%2Fmentalhealthcenterkids.com%2Fblogs%2Farticles%2Fresearch-on-breathing-techniques-to-reduce-anxiety-and-stress-in-elementary-school-students%3F&oq=https%3A%2F%2Fmentalhealthcenterkids.com%2Fblogs%2Farticles%2Fr>

Vera, P., Canellas, E., & Nerín, C. (2024). Designing safe recycled high-density polyethylene (HDPE) for child toys. *Journal of Hazardous Materials*, 478. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135482>

Weil, A. (2022). Cómo usar la respiración 4-7-8 para controlar la ansiedad. *Mácula Retina*. Obtenido de <https://www.macula-retina.es/como-usar-la-respiracion-4-7-8-para-controlar-la-ansiedad/#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20respiraci%C3%B3n%204,a%20las%20personas%20a%20dormir>

Yang, X. (2025). *This Pleasant Lamp Mimics Starting and Extinguishing Natural Fires*. Obtenido de Core77: <https://www.core77.com/projects/65411/This-Pleasant-Lamp-Mimics-Starting-and-Extinguishing-Natural-Fires>

ANEXO I. PROGRAMACIÓN EN ARDUINO

- RECEPTOR

```
#include <esp_now.h>
#include "M5Atom.h"
#include <WiFi.h>

#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#ifdef __AVR__
  #include <avr/power.h>
#endif

#define PIN      33
#define NUMPIXELS 2
#define BOTON_PIN 23

Adafruit_NeoPixel pixels(NUMPIXELS, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

bool luzEncendida = false;
bool enModoRespiracion = false;
bool respiracionPorDatos = false;

bool esperandoSalidaRespiracion = false;
bool estadoAnteriorBoton = false;
unsigned long tiempoPresionado = 0;
const unsigned long umbralRespiracion = 3000;

unsigned long tiempoUltimaAnimacion = 0;
const unsigned long intervaloAnimacion = 20; // ms para animación
respiración

// Variables para fade al activar/desactivar respiracion por datos
bool fading = false;
bool fadingIn = false; // true=fade in, false=fade out
uint8_t brilloFade = 0;

void printMacAddress(const uint8_t *mac) {
  char macStr[18];
  snprintf(macStr, sizeof(macStr), "%02X:%02X:%02X:%02X:%02X:%02X",
           mac[0], mac[1], mac[2], mac[3], mac[4], mac[5]);
  Serial.print(macStr);
}

void OnDataRecv(const esp_now_recv_info_t *info, const uint8_t *data, int
len) {
  int datoRecibido = *((int *)data);
  Serial.print("Dato recibido de MAC: ");
  printMacAddress(info->src_addr);
}
```

```

Serial.print(" -> Valor: ");
Serial.println(datoRecibido);

if (!luzEncendida && !enModoRespiracion) {
  if (datoRecibido >= 50) {
    enModoRespiracion = true;
    respiracionPorDatos = true;
    fading = true;
    fadingIn = true;
    brilloFade = 0;
    Serial.println("Modo respiración activado por datos con fade in");
  }
}

// Apagar modo respiracion por datos si valor baja y está activo
if (enModoRespiracion && respiracionPorDatos && datoRecibido < 50) {
  fading = true;
  fadingIn = false;
  Serial.println("Modo respiración fade out por datos");
}

M5.dis.drawpix(0, CRGB(0, 50, 0));
delay(100);
M5.dis.clear();
}

void gestionarBoton() {
  bool estadoActual = digitalRead(BOTON_PIN);
  unsigned long ahora = millis();

  // Flanco subida
  if (estadoActual && !estadoAnteriorBoton) {
    tiempoPresionado = ahora;
  }

  // Flanco bajada
  if (!estadoActual && estadoAnteriorBoton) {
    unsigned long duracion = ahora - tiempoPresionado;

    if (!enModoRespiracion) {
      if (duracion < umbralRespiracion) {
        luzEncendida = !luzEncendida;
        Serial.println(luzEncendida ? "Luz ON" : "Luz OFF");

        if (luzEncendida) {
          pixels.setBrightness(255);
          pixels.setPixelColor(0, pixels.Color(254, 254, 254));
          pixels.setPixelColor(1, pixels.Color(254, 254, 254));
        } else {

```

```

        pixels.clear();
    }
    pixels.show();
}
} else if (esperandoSalidaRespiracion && duracion >=
umbralRespiracion && !respiracionPorDatos) {
    enModoRespiracion = false;
    esperandoSalidaRespiracion = false;
    luzEncendida = true;
    Serial.println("Salir de modo respiración por botón");
    pixels.setBrightness(255);
    pixels.setPixelColor(0, pixels.Color(254, 254, 254));
    pixels.setPixelColor(1, pixels.Color(254, 254, 254));
    pixels.show();
}
esperandoSalidaRespiracion = false;
}

// Entrar a modo respiracion con boton
if (!enModoRespiracion && estadoActual && luzEncendida) {
    if (ahora - tiempoPresionado >= umbralRespiracion) {
        enModoRespiracion = true;
        respiracionPorDatos = false;
        fading = false; // modo boton no usa fade
        Serial.println("Modo respiración activado por botón");
    }
}

// Preparar salida modo respiración (solo botón)
if (enModoRespiracion && estadoActual && !esperandoSalidaRespiracion &&
!respiracionPorDatos) {
    tiempoPresionado = ahora;
    esperandoSalidaRespiracion = true;
}

// Animación respiración y fade
if (enModoRespiracion) {
    if (fading) {
        if (millis() - tiempoUltimaAnimacion >= intervaloAnimacion) {
            tiempoUltimaAnimacion = millis();
            if (fadingIn) {
                if (brilloFade < 255) {
                    brilloFade += 5;
                    if (brilloFade > 255) brilloFade = 255;
                } else {
                    fading = false; // fin fade in
                }
            } else {
                if (brilloFade > 0) {

```

```

        brilloFade -= 5;
        if (brilloFade < 0) brilloFade = 0;
    } else {
        fading = false;
        enModoRespiracion = false;
        respiracionPorDatos = false;
        pixels.clear();
        pixels.show();
        Serial.println("Fade out completado, modo respiracion
desactivado");
        return;
    }
}

// Set brillo estático durante fade
pixels.setBrightness(brilloFade);
for (int i = 0; i < NUMPIXELS; i++) {
    pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(254, 254, 254));
}
pixels.show();
}
} else {
    // Respiración normal (sin fade)
    if (millis() - tiempoUltimaAnimacion >= intervaloAnimacion) {
        tiempoUltimaAnimacion = millis();
        static int i = 0;
        float intensidad = (sin(i * 3.1416 / 255.0) * 255);
        uint8_t val = (uint8_t)intensidad;

        pixels.setBrightness(255);
        pixels.setPixelColor(0, pixels.Color(val, val, val));
        pixels.setPixelColor(1, pixels.Color(val, val, val));
        pixels.show();

        i = (i + 1) % 256;
    }
}
}

estadoAnteriorBoton = estadoActual;
}

void setup() {
    pixels.begin();
    pixels.clear();
    pixels.show();

    pinMode(BOTON_PIN, INPUT);
}

```

```
M5.begin(true, false, true);
Serial.begin(115200);
WiFi.mode(WIFI_STA);

Serial.print("Este dispositivo (Receptor) tiene MAC: ");
Serial.println(WiFi.macAddress());

if (esp_now_init() != ESP_OK) {
  Serial.println("Error al iniciar ESP-NOW");
  return;
}

esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
Serial.println("Receptor listo. Esperando datos...");
}

void loop() {
  gestionarBoton();
}
```

- TRANSMISOR

```
#include <M5Atom.h>
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>

// Dirección MAC del receptor – AJUSTA ESTO con la MAC real
uint8_t receiverMac[] = {0xE8, 0x6B, 0xEA, 0x0F, 0x82, 0x28};

void setup() {
  M5.begin(true, false, true);
  Serial.begin(115200);

  WiFi.mode(WIFI_STA); // Requisito para ESP-NOW
  Serial.print("Transmisor iniciado. MAC: ");
  Serial.println(WiFi.macAddress());

  if (esp_now_init() != ESP_OK) {
    Serial.println("Error al iniciar ESP-NOW");
    return;
  }

  esp_now_peer_info_t peerInfo = {};
  memcpy(peerInfo.peer_addr, receiverMac, 6);
  peerInfo.channel = 0;
  peerInfo.encrypt = false;

  if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
    Serial.println("Error al registrar el receptor");
    return;
  }

  Serial.println("Transmisor listo. Enviando datos...");
}

void loop() {
  int dato = random(0, 100); // Simulación de un dato

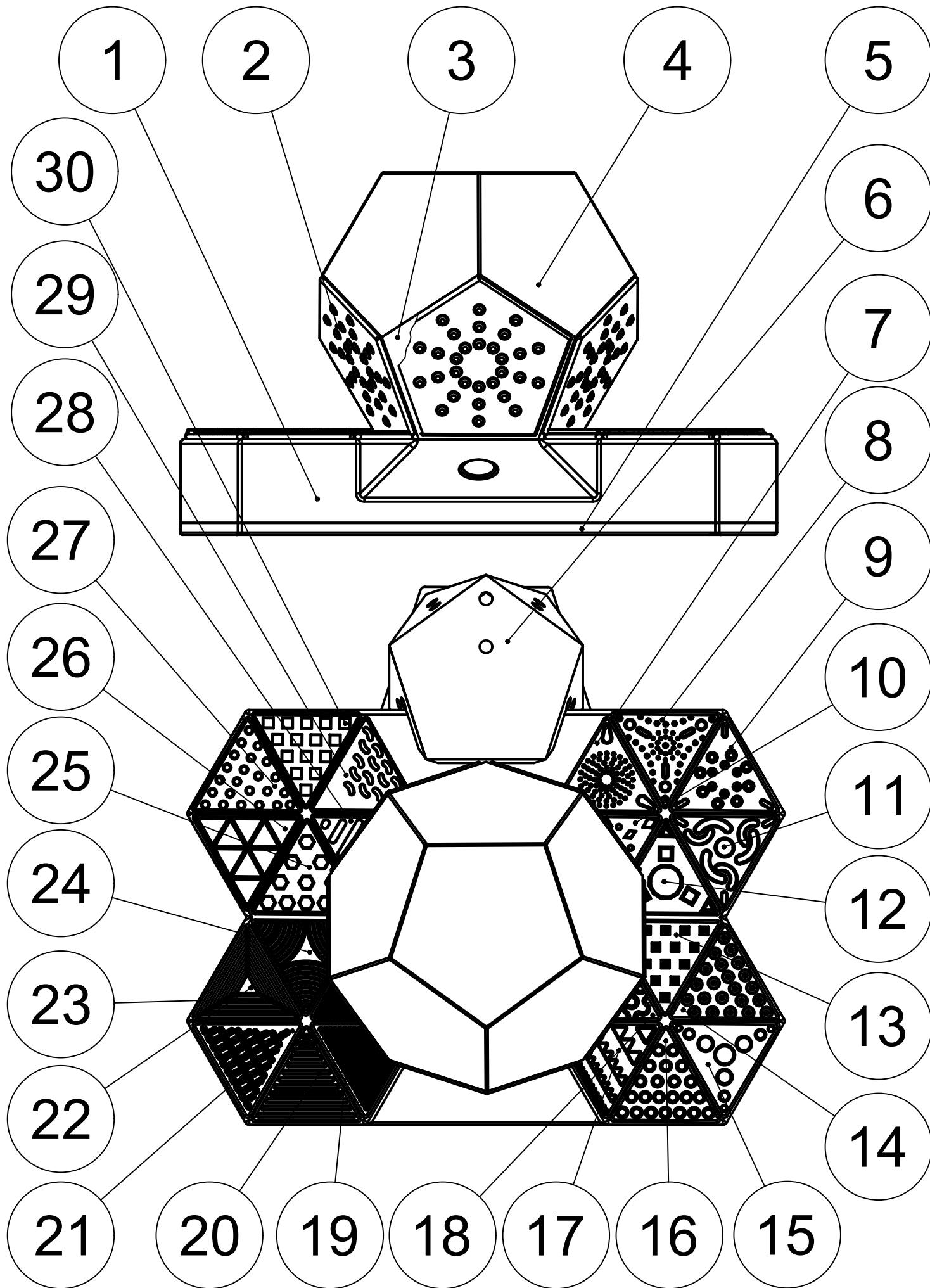
  esp_err_t result = esp_now_send(receiverMac, (uint8_t *)&dato,
  sizeof(dato));

  if (result == ESP_OK) {
    Serial.print("Dato enviado: ");
    Serial.println(dato);
    M5.dis.drawpix(0, CRGB(50, 0, 0)); // LED rojo al enviar
    delay(100);
    M5.dis.clear();
  } else {
    Serial.println("Error al enviar");
  }
}
```

Diseño de una lámpara adaptada para personas con trastorno de espectro autista (TEA)

```
}  
  
delay(2000); // Cada 2 segundos  
}
```

PLANOS

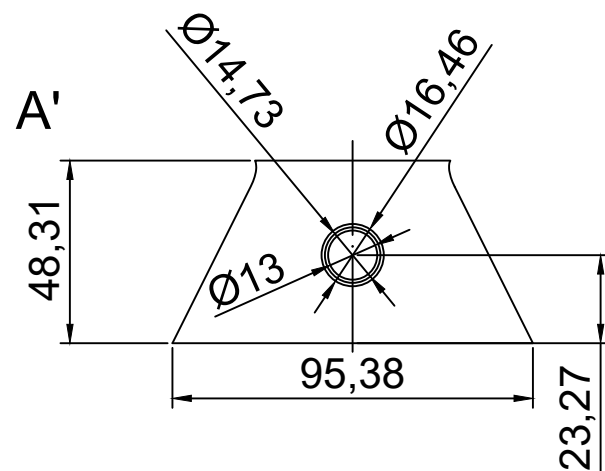
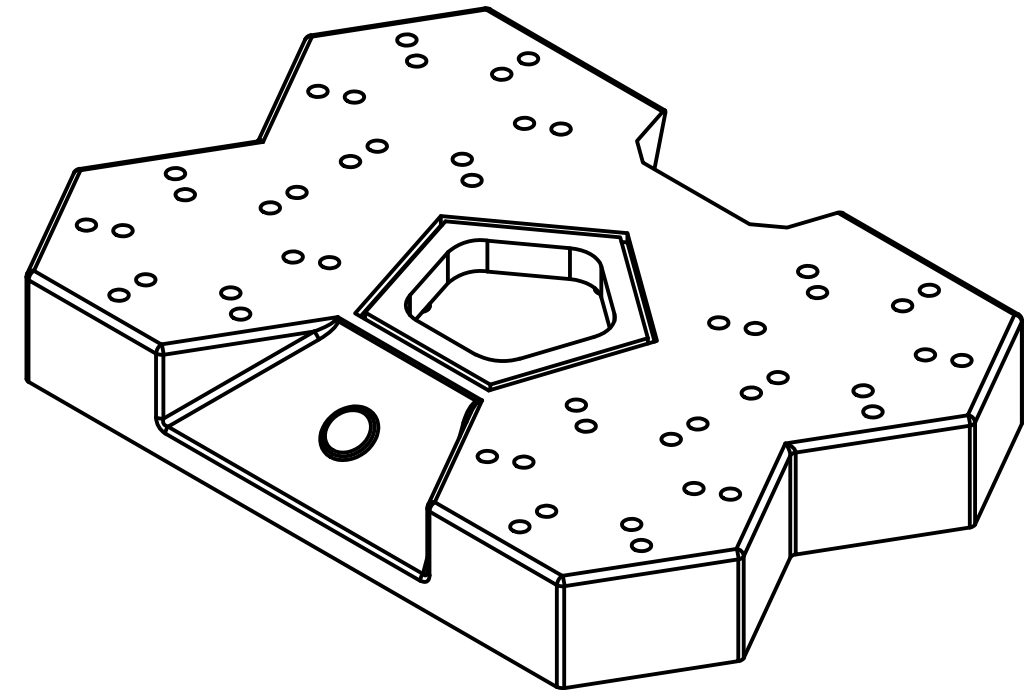
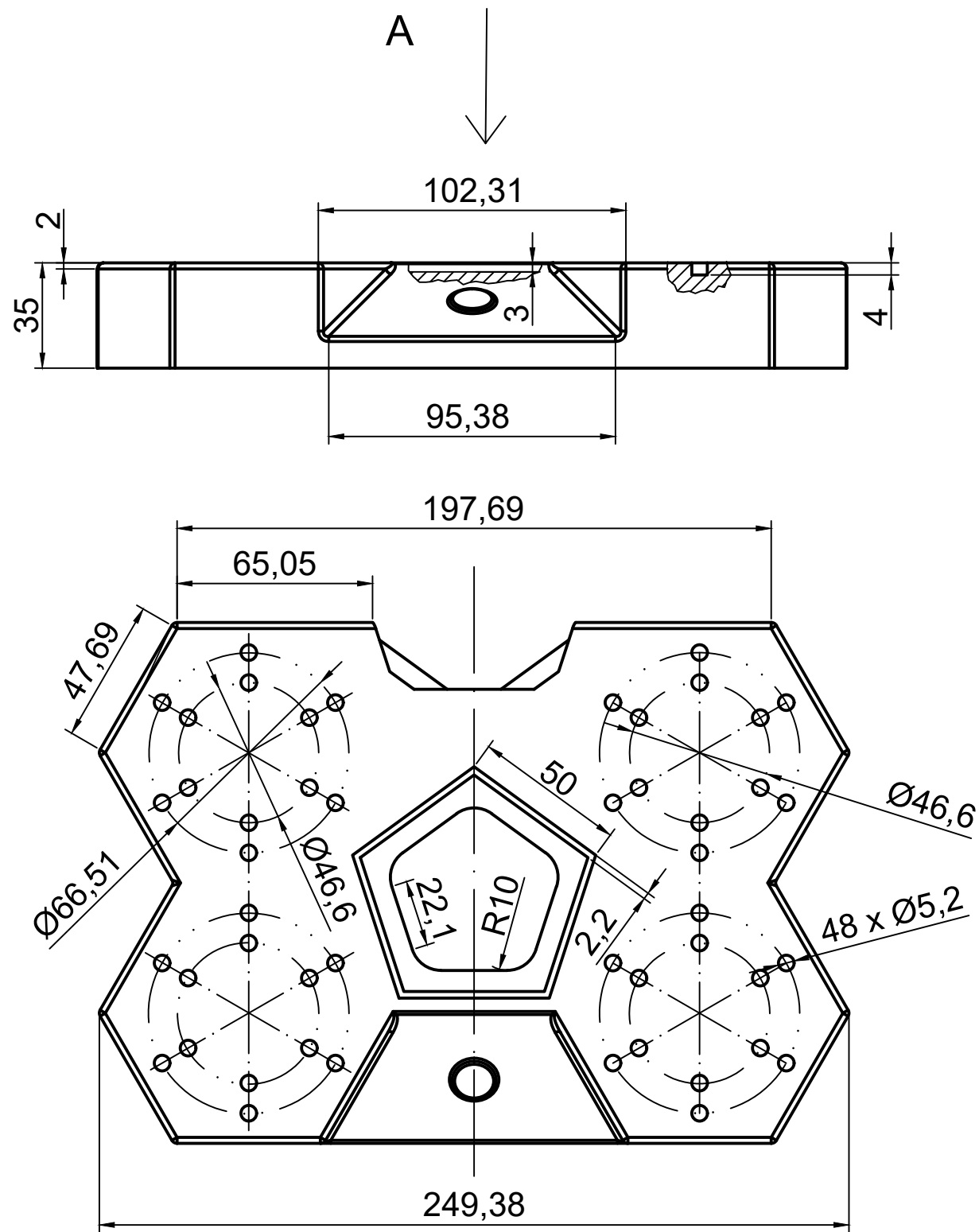


30	1	PIEZA TRIANGULAR 24	PLANO 30/30	SILICONA ALIM.
29	1	PIEZA TRIANGULAR 23	PLANO 29/30	SILICONA ALIM.
28	1	PIEZA TRIANGULAR 22	PLANO 28/30	SILICONA ALIM.
27	1	PIEZA TRIANGULAR 21	PLANO 27/30	SILICONA ALIM.
26	1	PIEZA TRIANGULAR 20	PLANO 26/30	SILICONA ALIM.
25	1	PIEZA TRIANGULAR 19	PLANO 25/30	SILICONA ALIM.
24	1	PIEZA TRIANGULAR 18	PLANO 24/30	CAUCHO NAT.
23	1	PIEZA TRIANGULAR 17	PLANO 23/30	CAUCHO NAT.
22	1	PIEZA TRIANGULAR 16	PLANO 22/30	CAUCHO NAT.
21	1	PIEZA TRIANGULAR 15	PLANO 21/30	CAUCHO NAT.
20	1	PIEZA TRIANGULAR 14	PLANO 20/30	CAUCHO NAT.
19	1	PIEZA TRIANGULAR 13	PLANO 19/30	CAUCHO NAT.
18	1	PIEZA TRIANGULAR 12	PLANO 18/30	CORCHO
17	1	PIEZA TRIANGULAR 11	PLANO 17/30	CORCHO
16	1	PIEZA TRIANGULAR 10	PLANO 16/30	CORCHO
15	1	PIEZA TRIANGULAR 9	PLANO 15/30	CORCHO
14	1	PIEZA TRIANGULAR 8	PLANO 14/30	CORCHO
13	1	PIEZA TRIANGULAR 7	PLANO 13/30	CORCHO
12	1	PIEZA TRIANGULAR 6	PLANO 12/30	MADERA
11	1	PIEZA TRIANGULAR 5	PLANO 11/30	MADERA
10	1	PIEZA TRIANGULAR 4	PLANO 10/30	MADERA
9	1	PIEZA TRIANGULAR 3	PLANO 9/30	MADERA
8	1	PIEZA TRIANGULAR 2	PLANO 8/30	MADERA
7	1	PIEZA TRIANGULAR 1	PLANO 7/30	MADERA
6	1	ICOSAEDRO	PLANO 6/30	PEAD
5	1	TAPA BASE	PLANO 5/30	PEAD
4	1	DODECAEDRO SUP.	PLANO 4/30	PEAD
3	1	DODECAEDRO INF.	PLANO 3/30	PEAD
2	5	PIEZA PENTAGONAL	PLANO 2/30	PEAD
1	1	BASE	PLANO 1/30	PEAD
Marca	Cantidad	Denominación	Referencias	Materiales

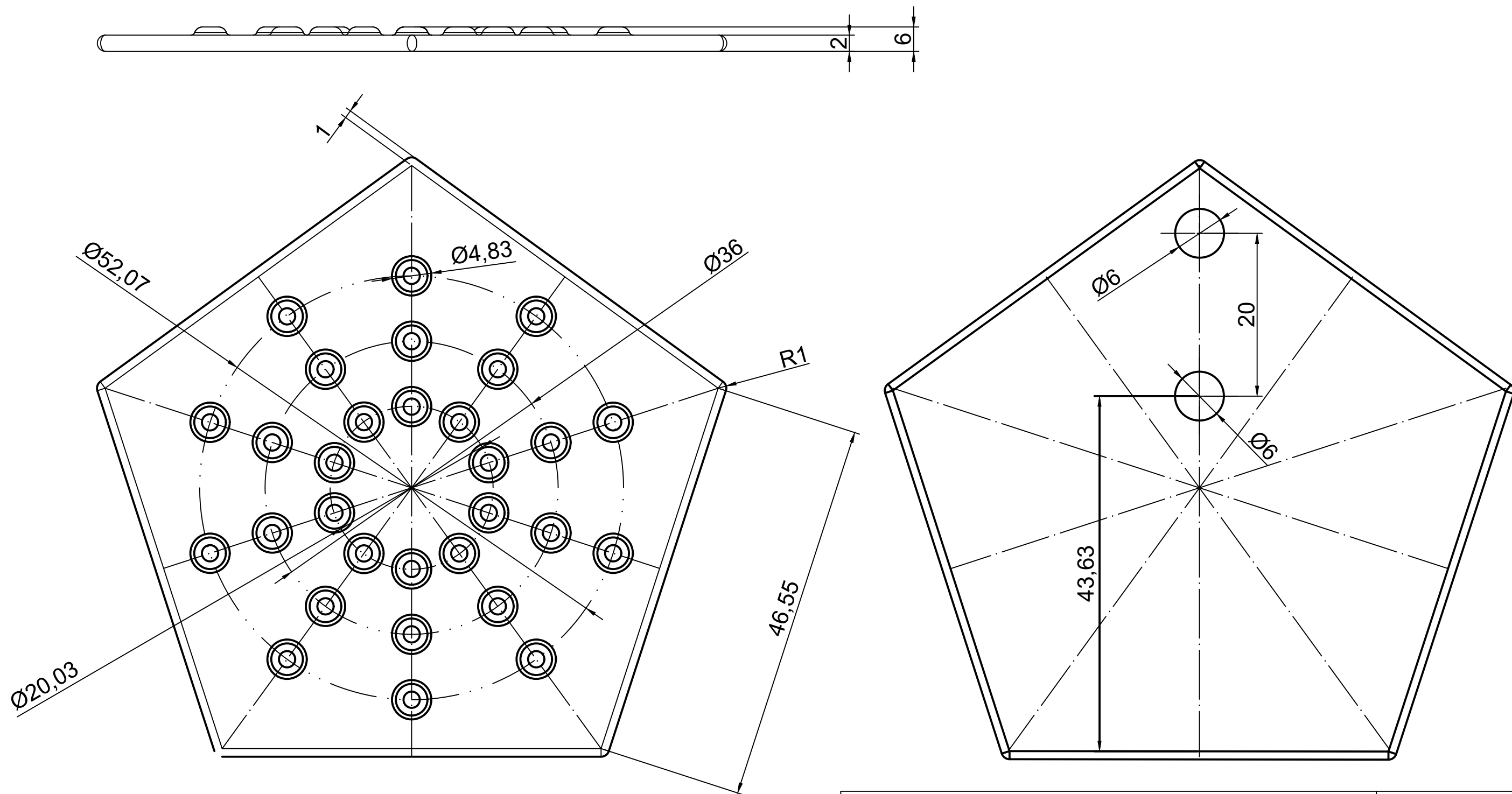
Tapa base

ESCALA
1:2

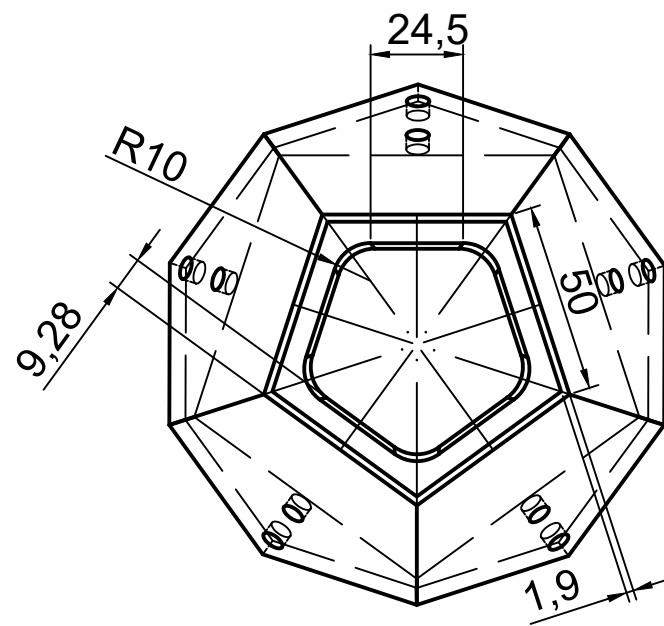
Propietario Legal: Ana Sánchez González	Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA	Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 1/30
Tipo de documento: Dibujo de Conjunto	



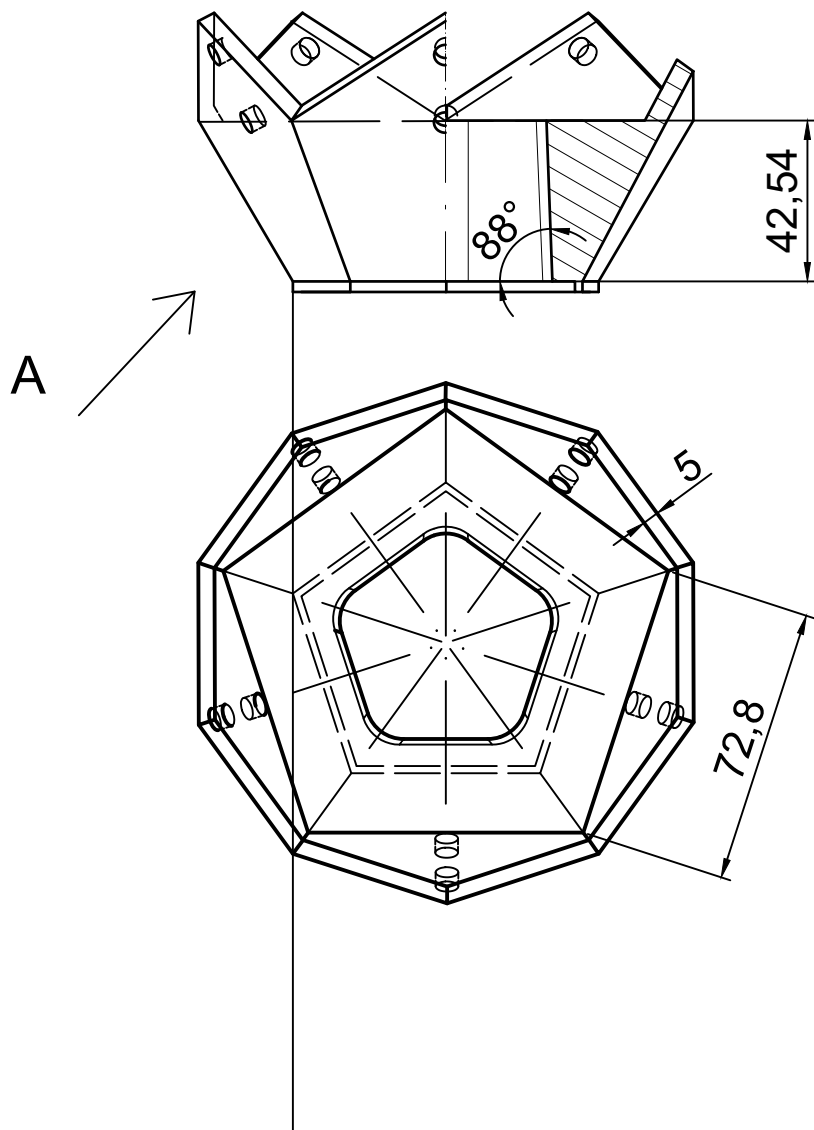
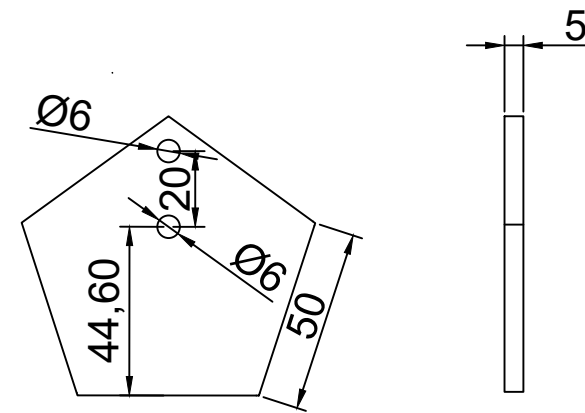
BASE		ESCALA 1:2
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 2/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



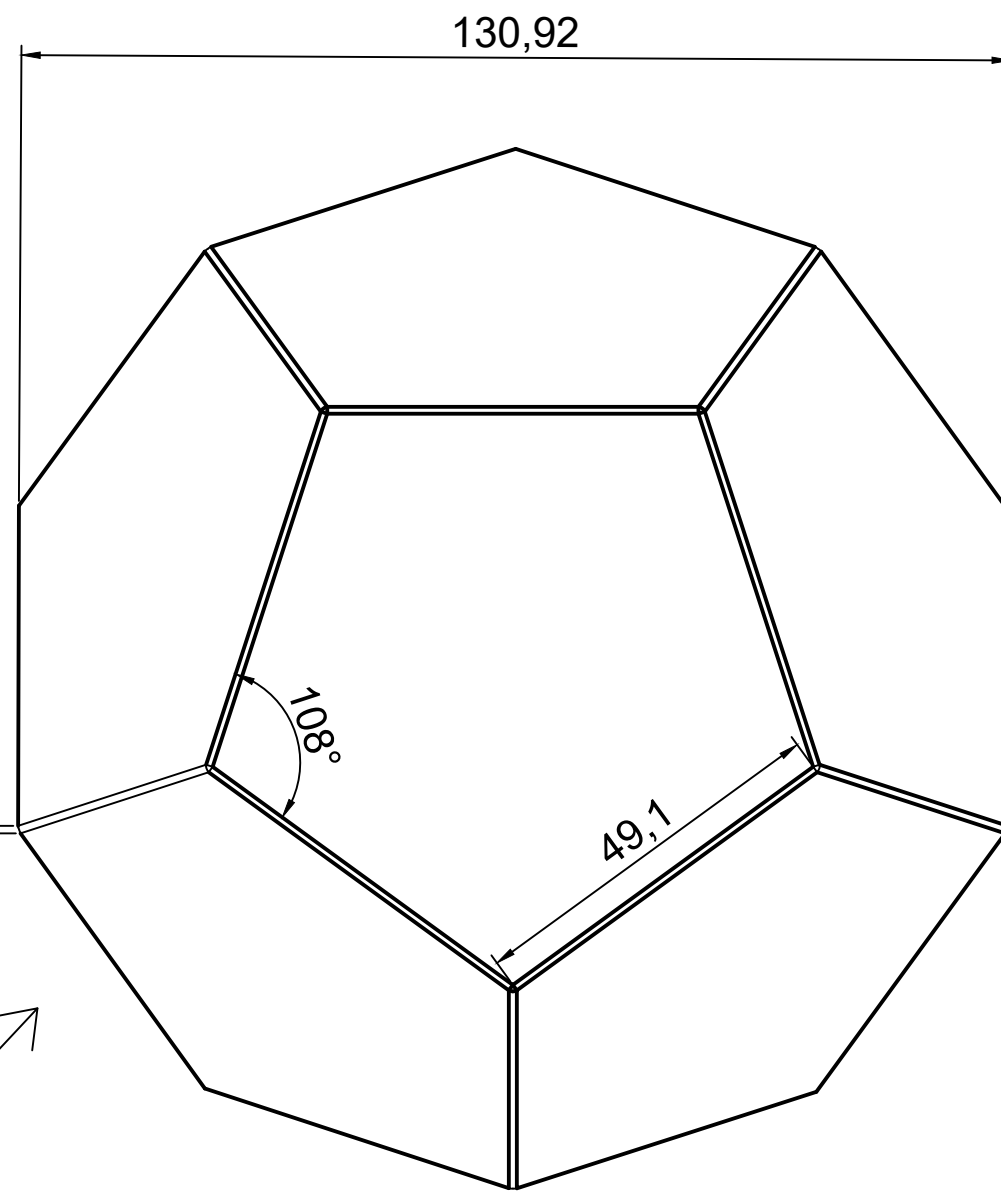
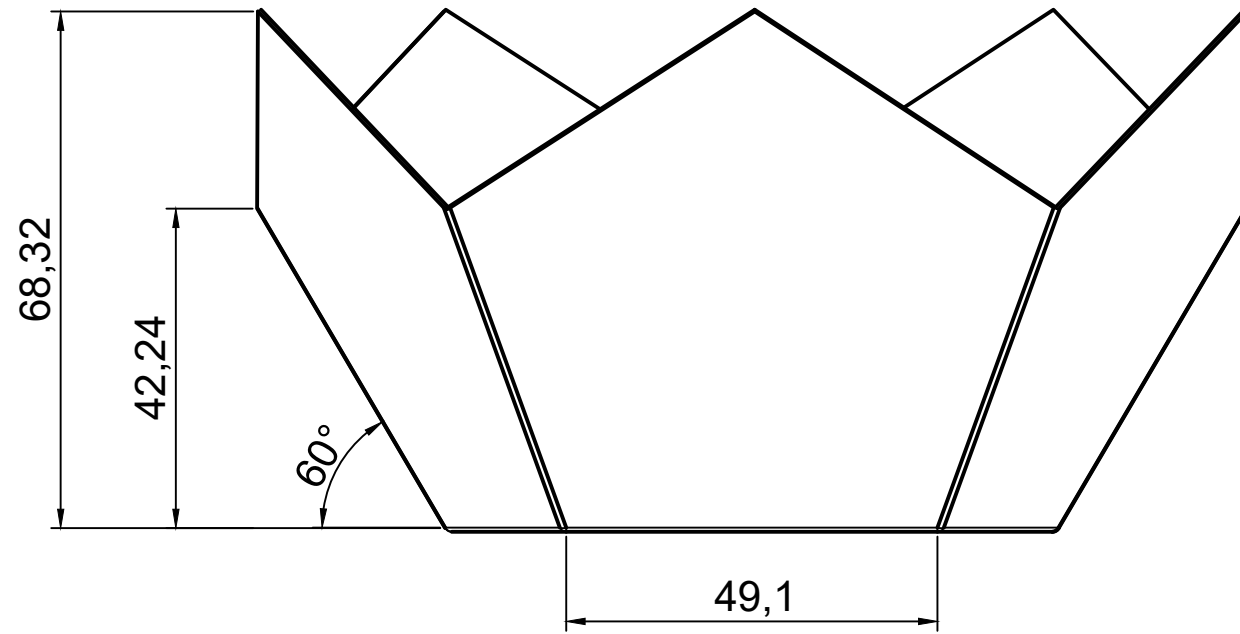
PIEZA PENTAGONAL		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 3/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



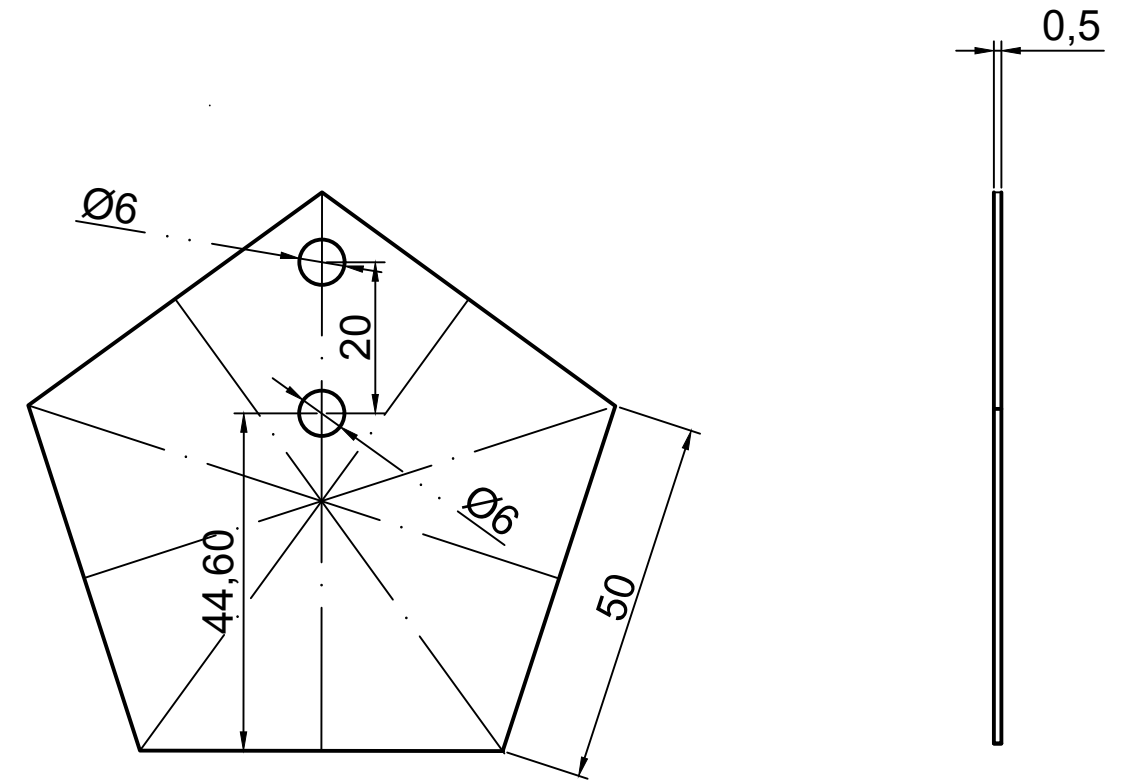
A'
VISTA
NORMAL



DODECAEDRO INF.		ESCALA 1:2
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 4/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

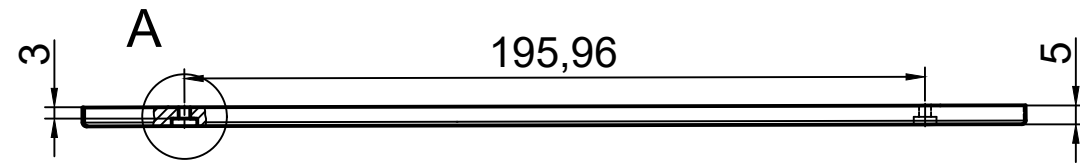


A'
VISTA
NORMAL

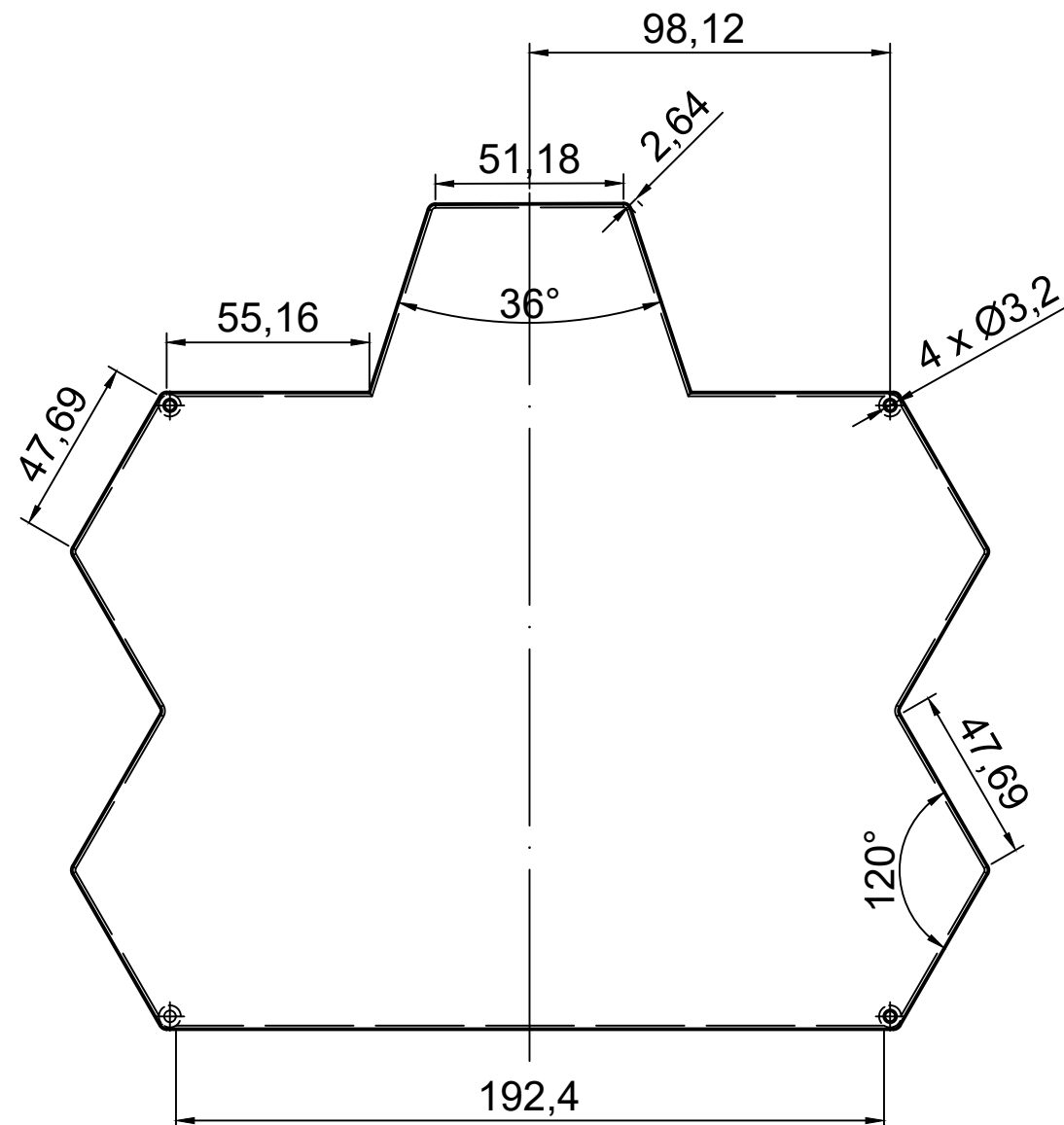
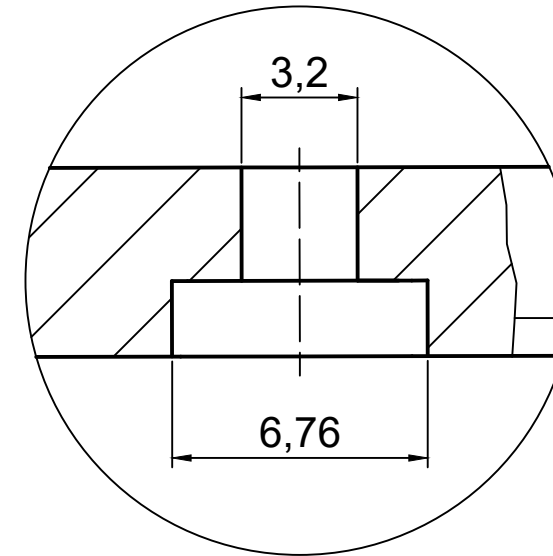


DODECAEDRO SUP.		ESCALA 1:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 4/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

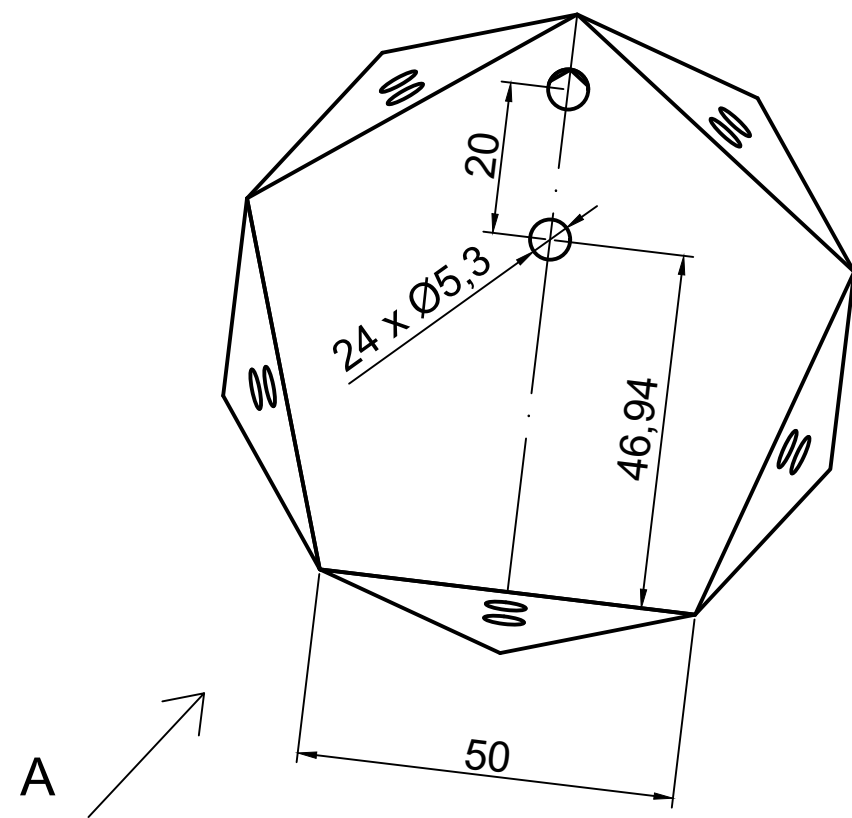
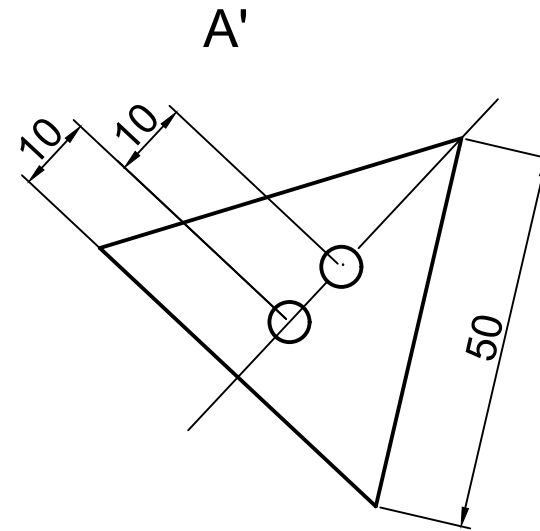
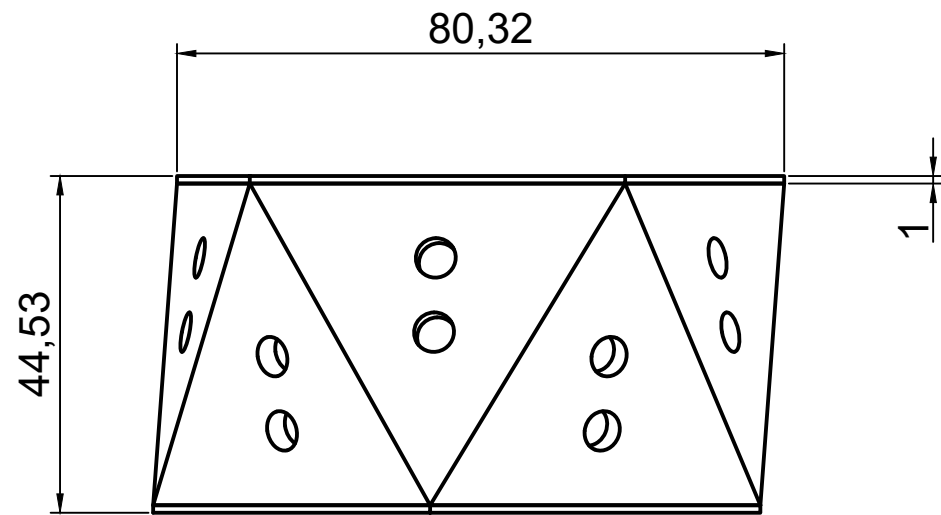
A ↗



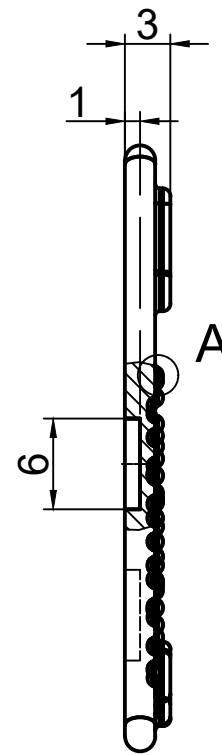
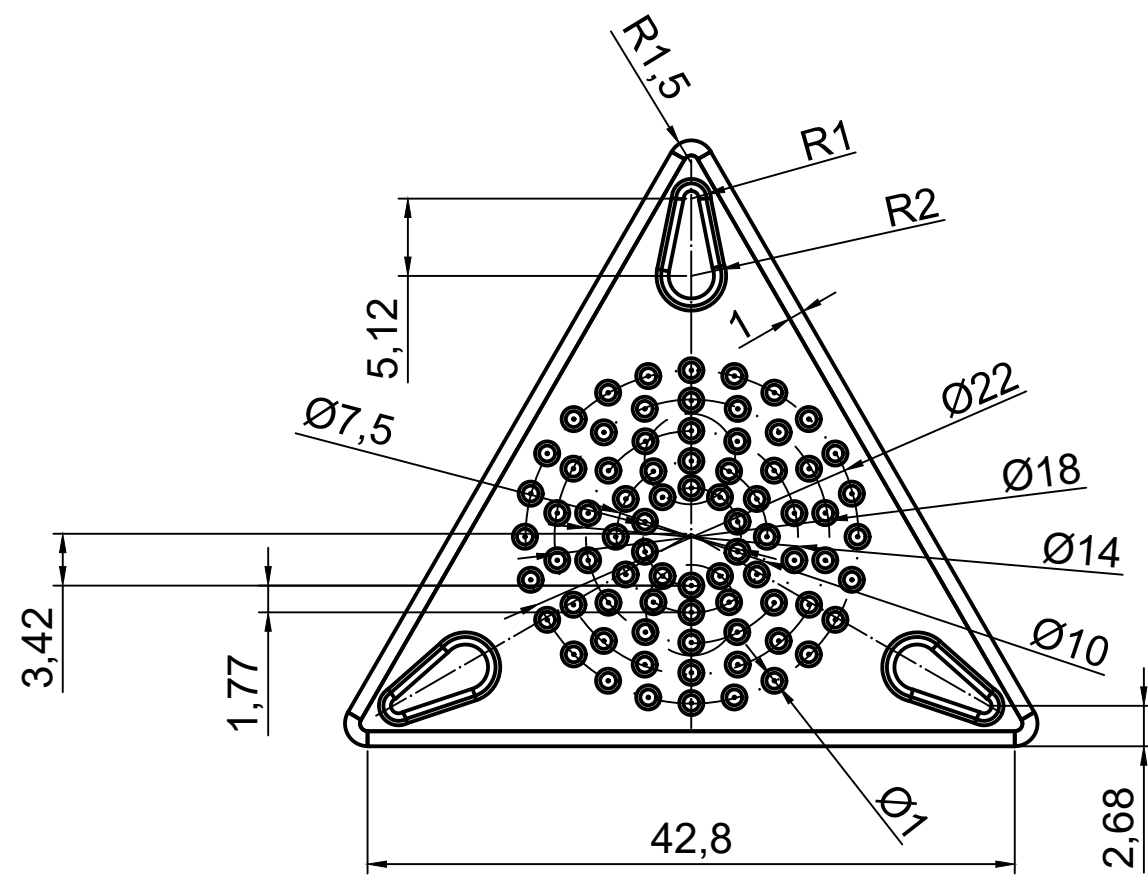
A (5:1)



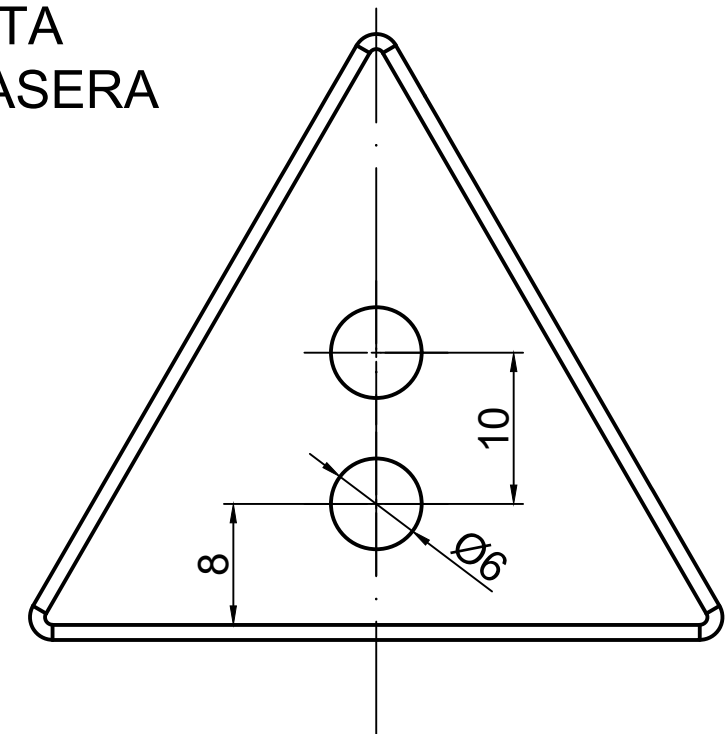
TAPA BASE		ESCALA 1:2
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 5/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



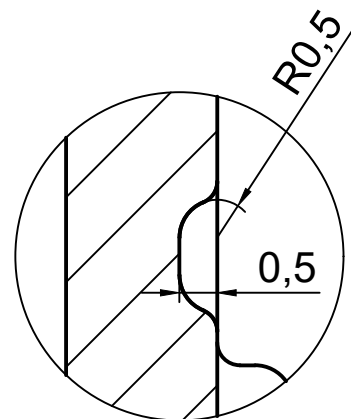
ICOSAEDRO		ESCALA 1:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 6/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



VISTA
TRASERA

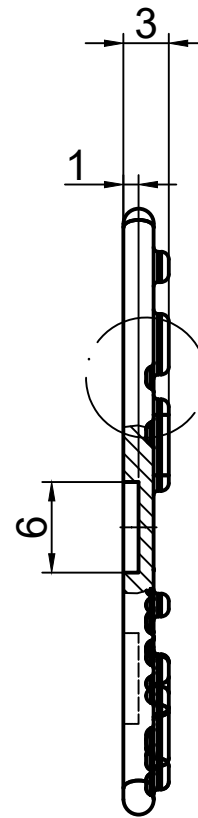
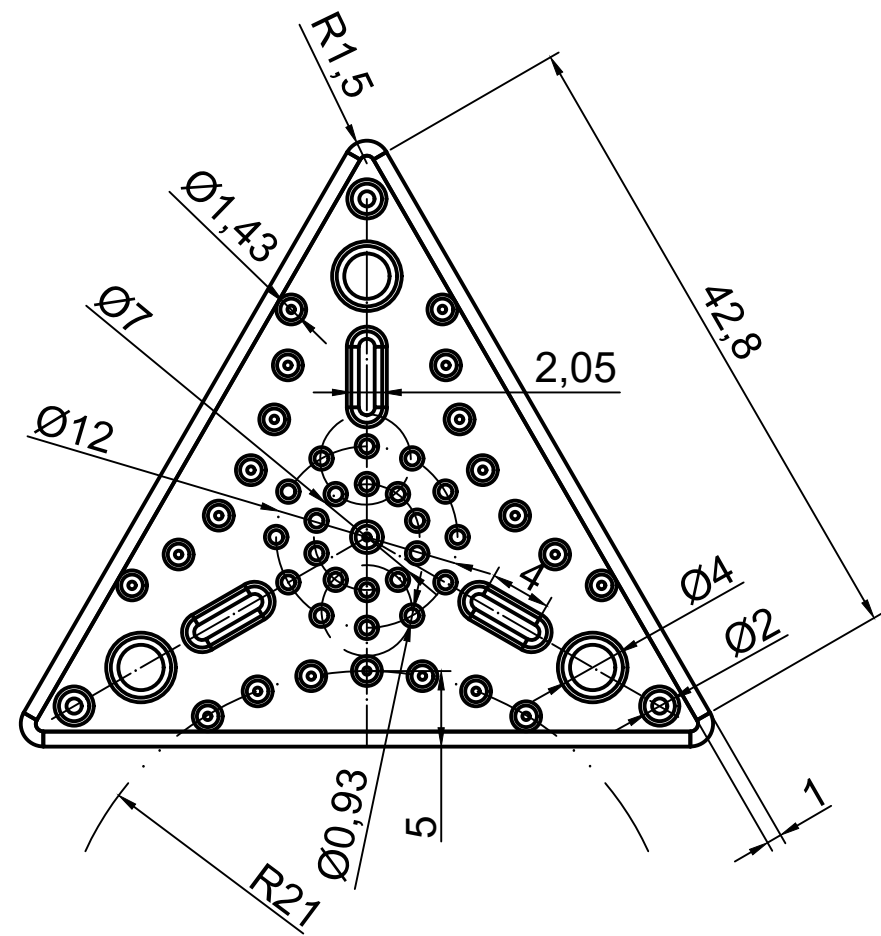


A' (5:1)

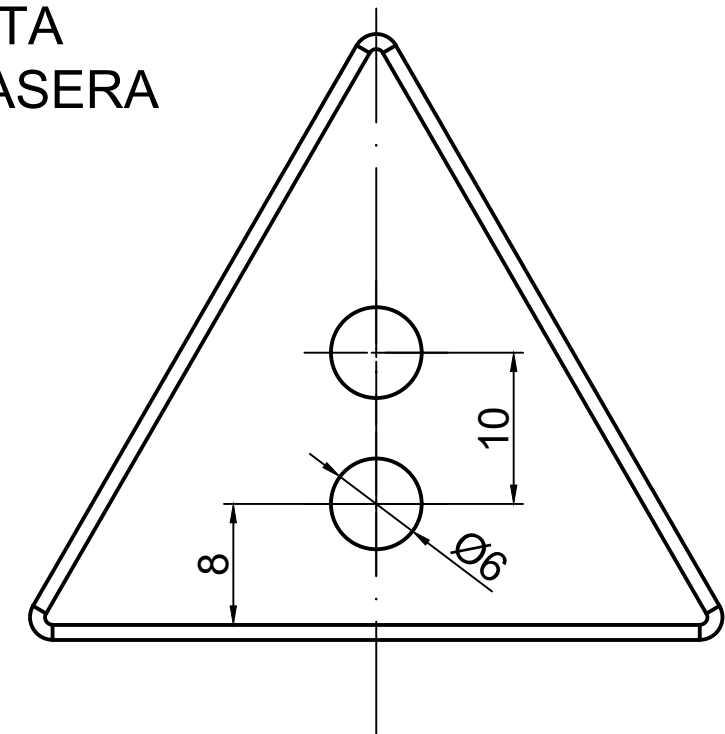


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

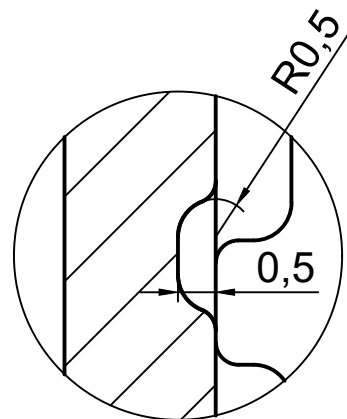
PIEZA TRIANGULAR 1		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 7/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



VISTA
TRASERA

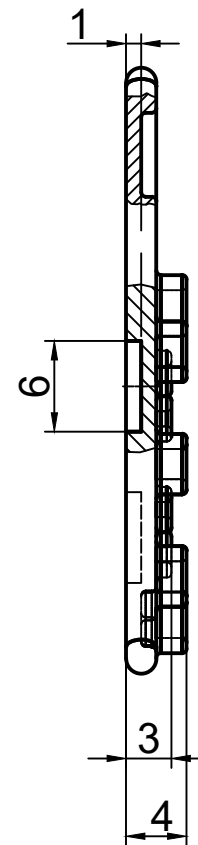
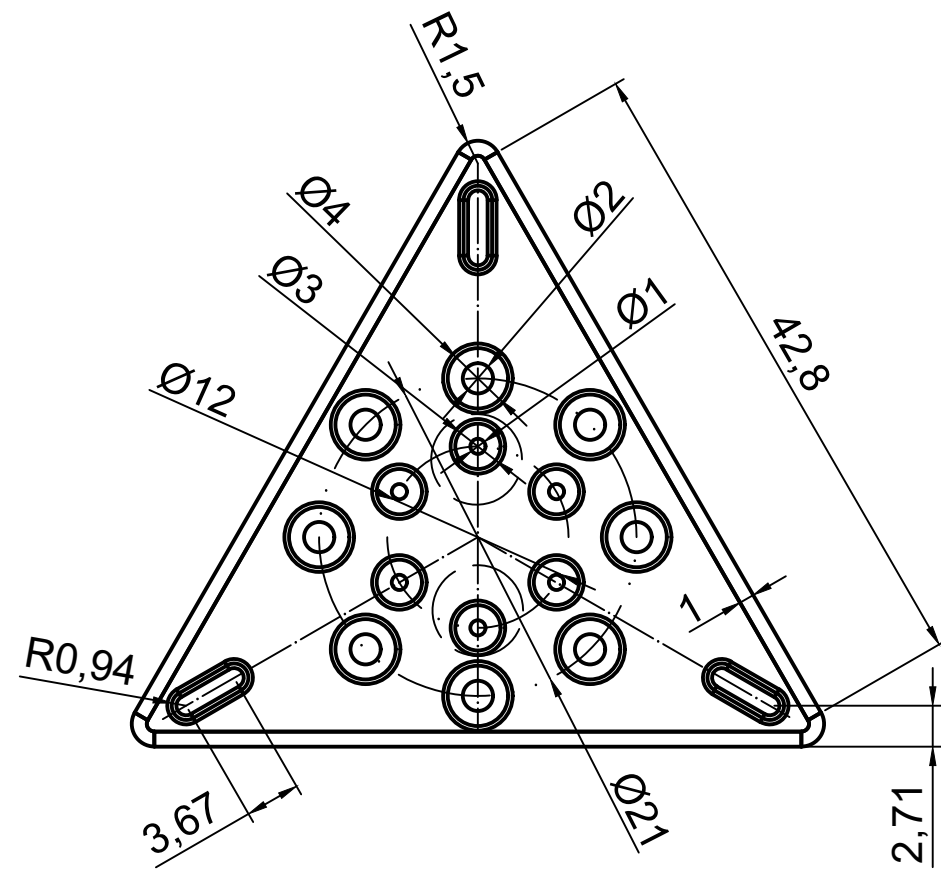


A' (5:1)

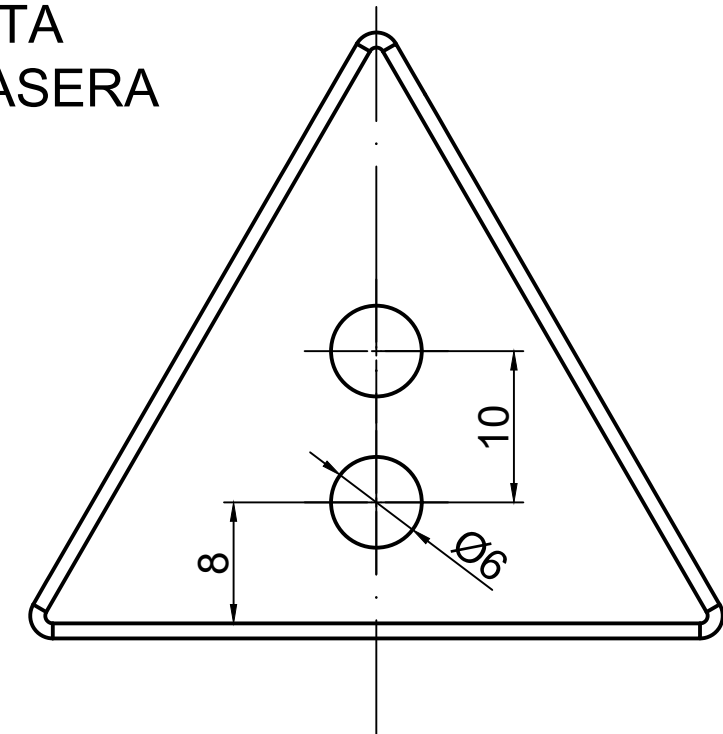


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 2		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 8/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

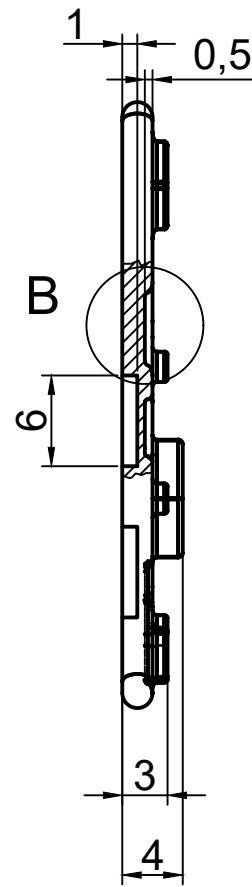
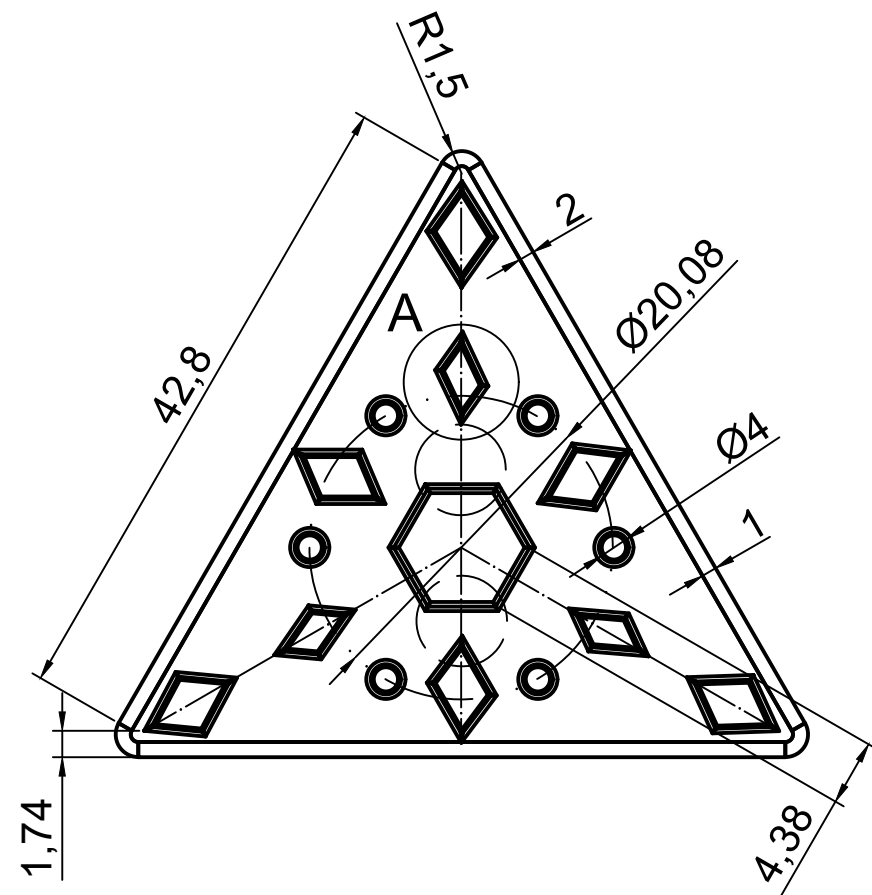


VISTA TRASERA

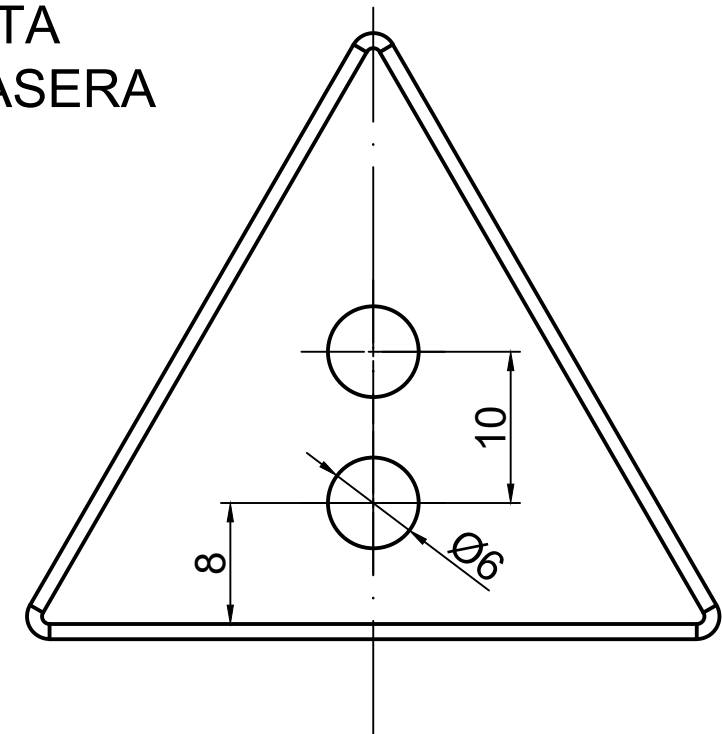


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

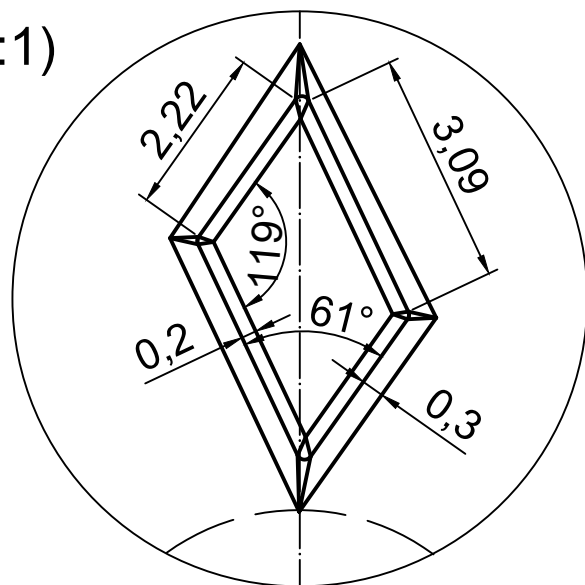
PIEZA TRIANGULAR 3		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 9/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



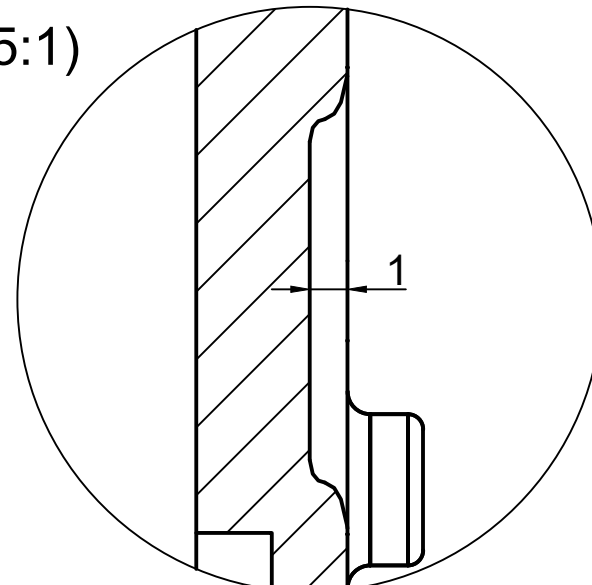
VISTA TRASERA



A (5:1)

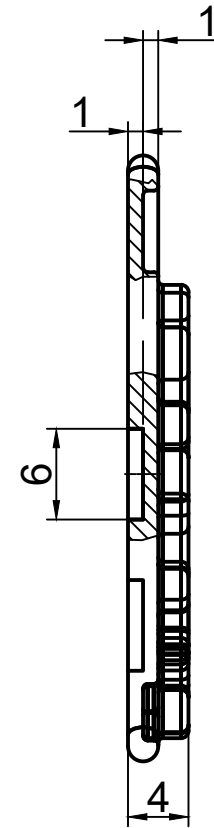
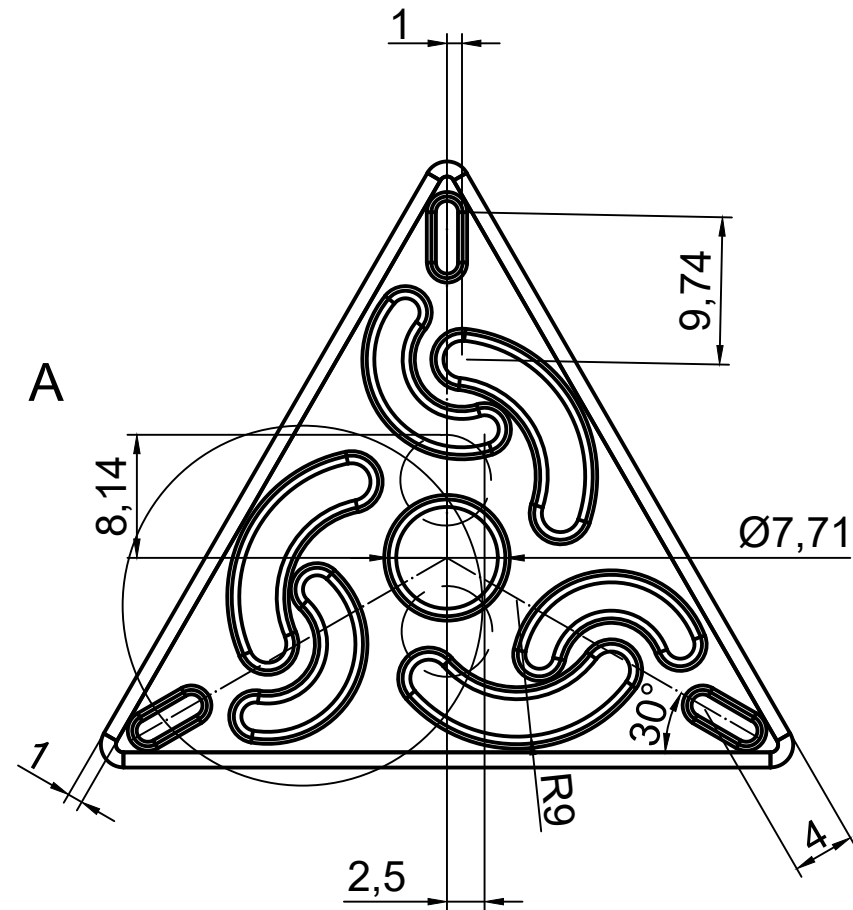


B (5:1)

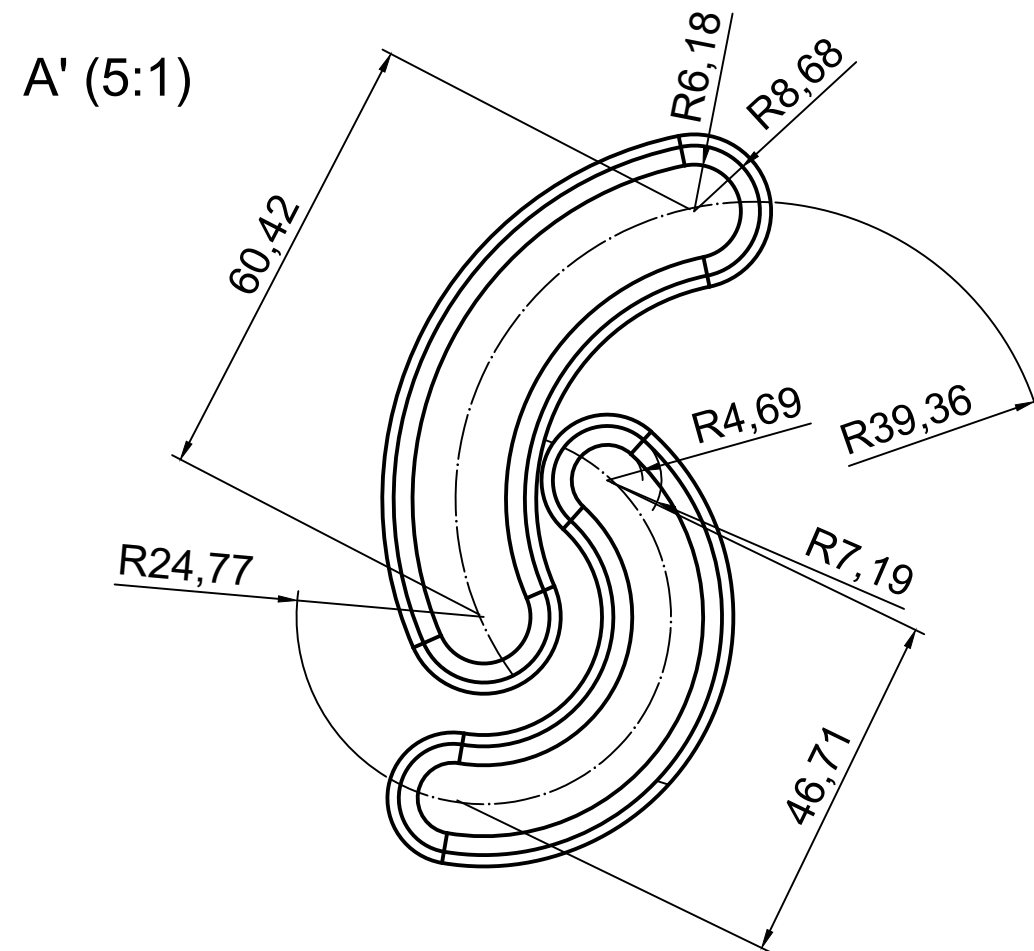
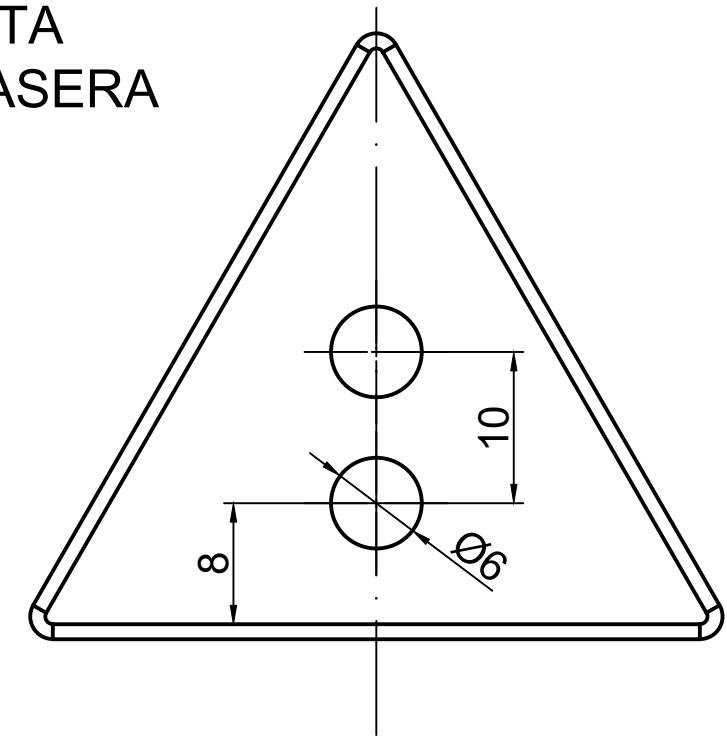


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 4		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 10/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

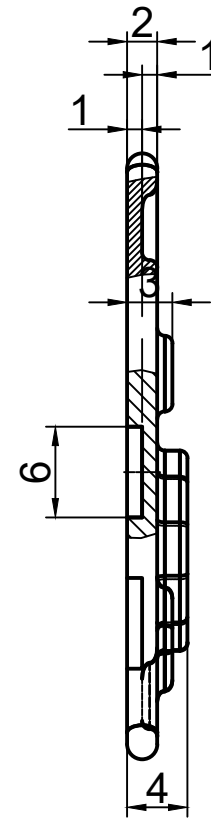
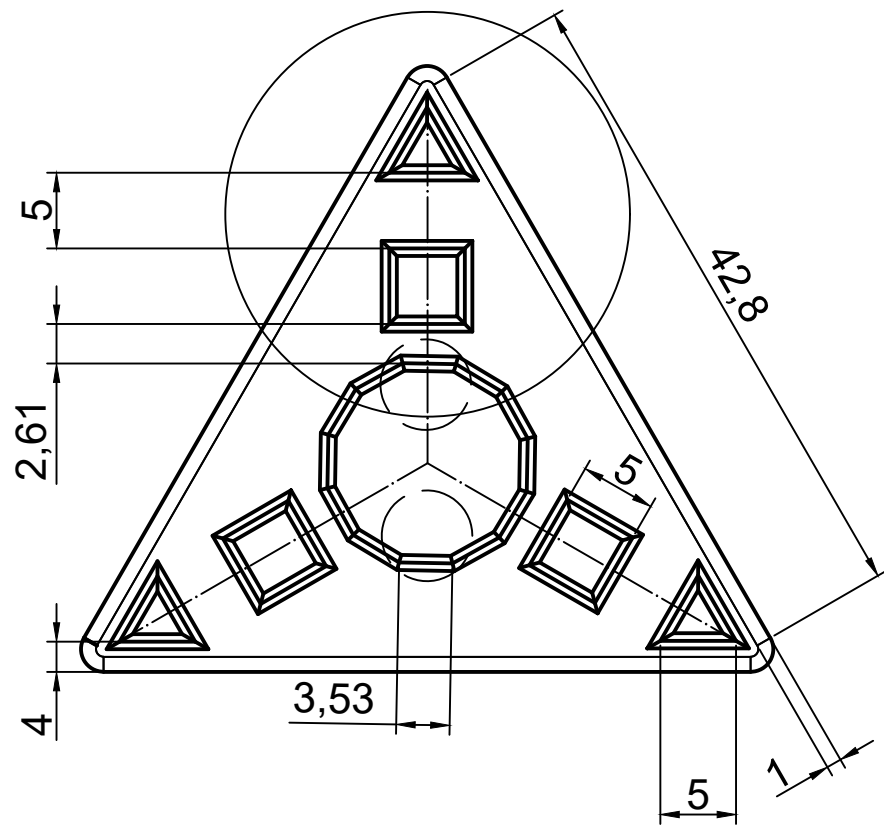


VISTA TRASERA

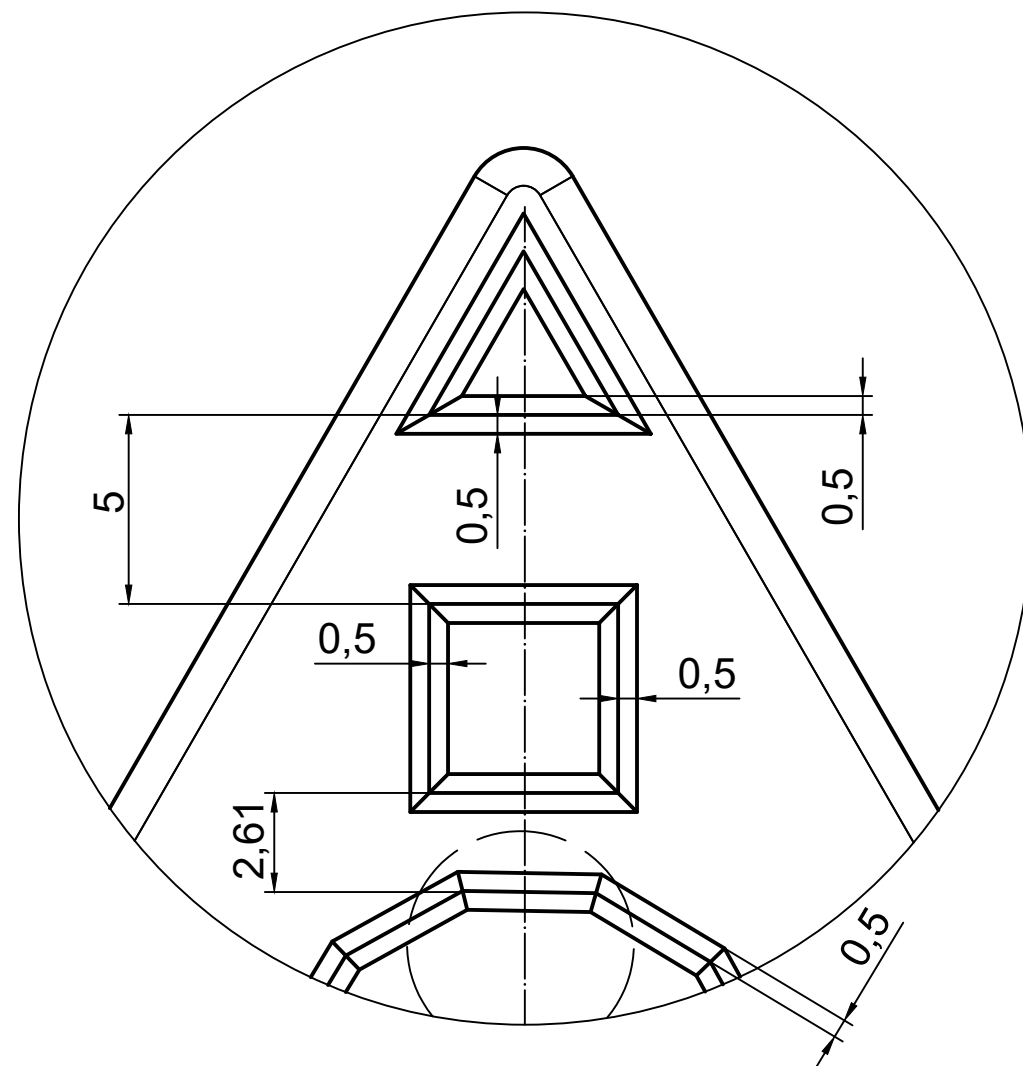
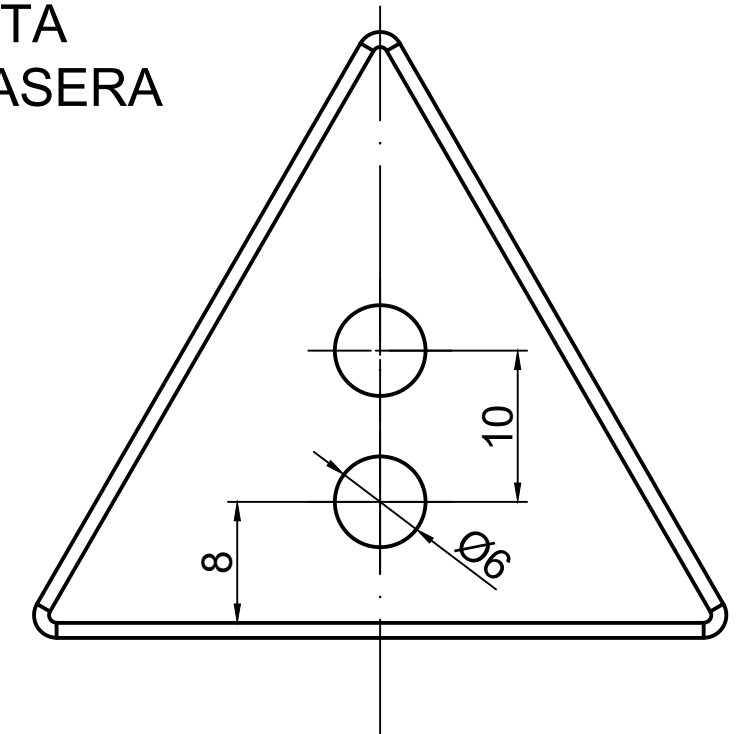


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 5		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 11/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

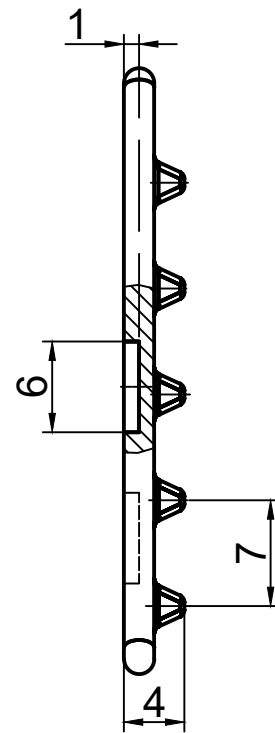
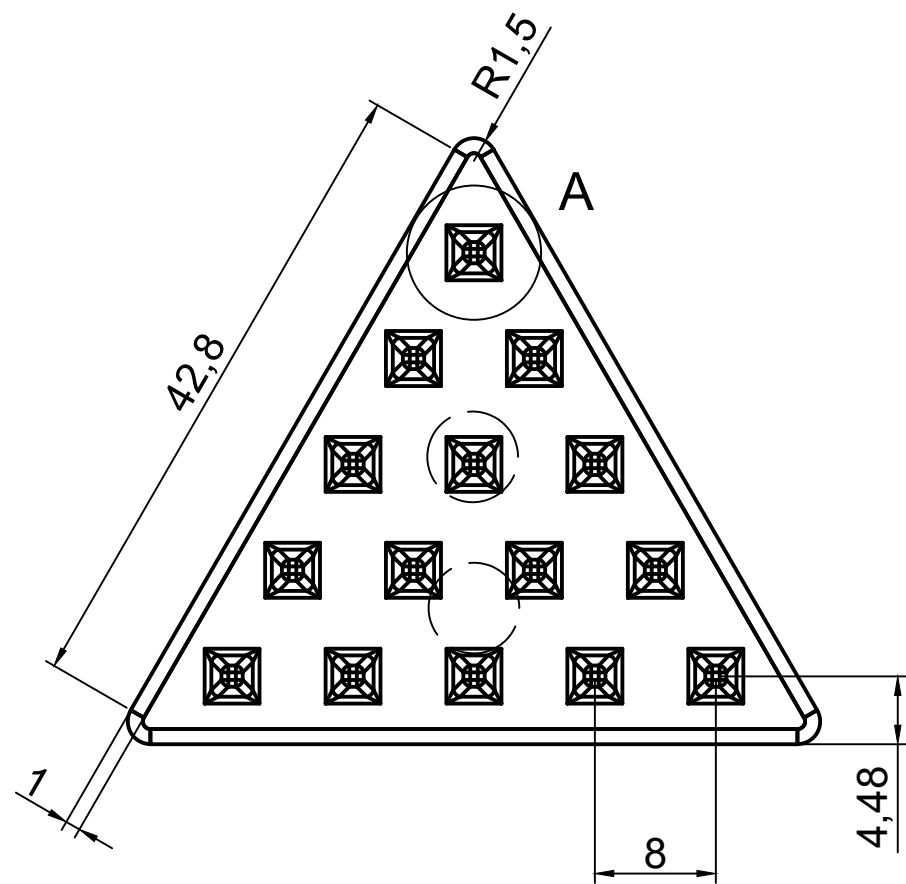


VISTA
TRASERA

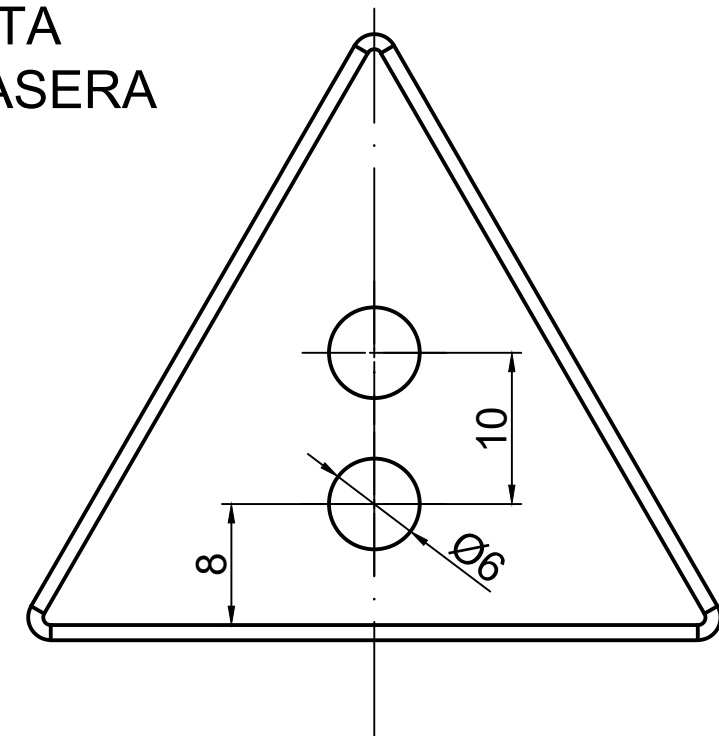


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

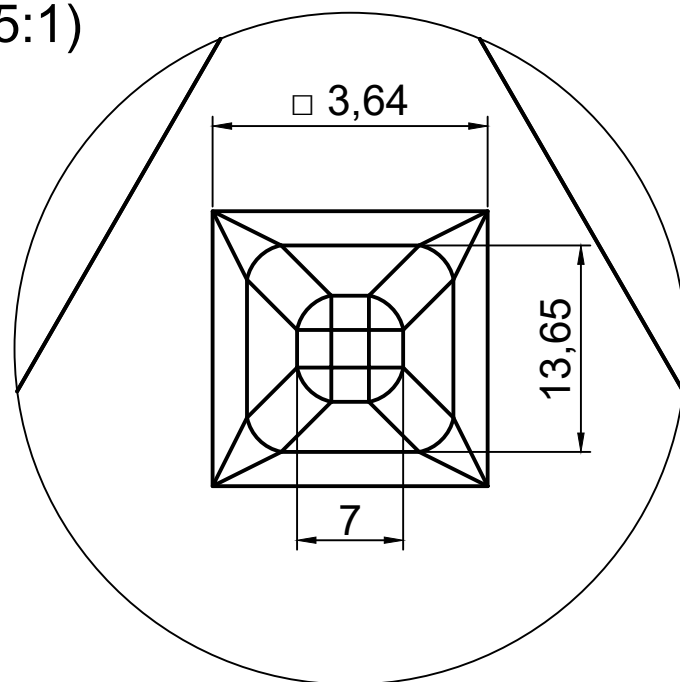
PIEZA TRIANGULAR 6		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 12/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



VISTA TRASERA

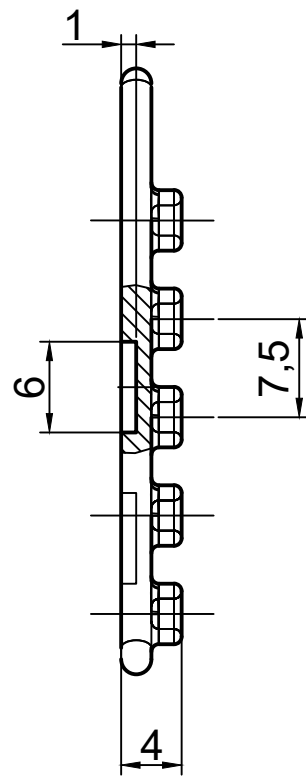
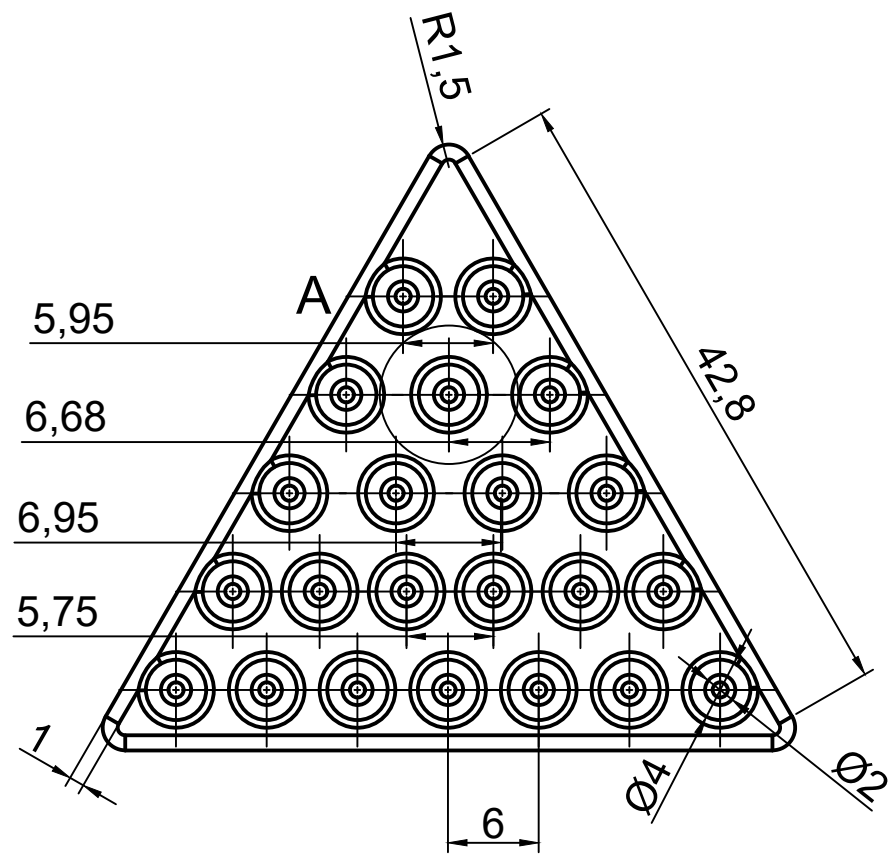


A (5:1)

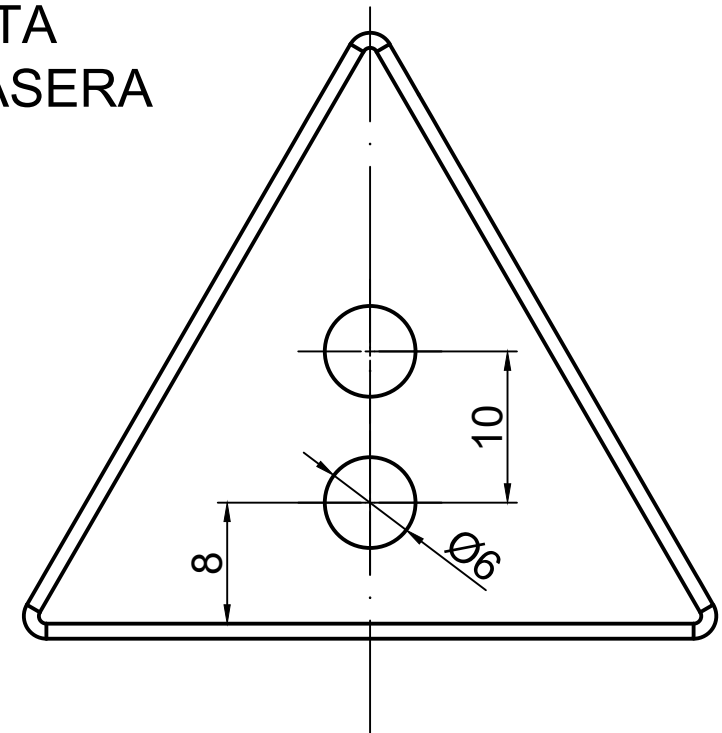


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

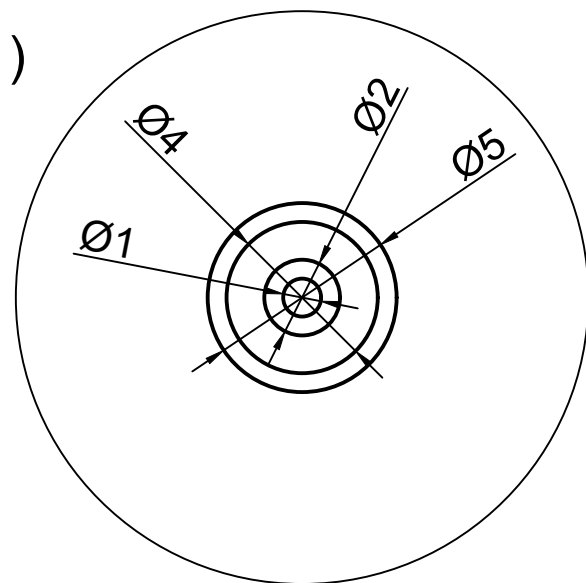
PIEZA TRIANGULAR 7		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 13/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



VISTA TRASERA

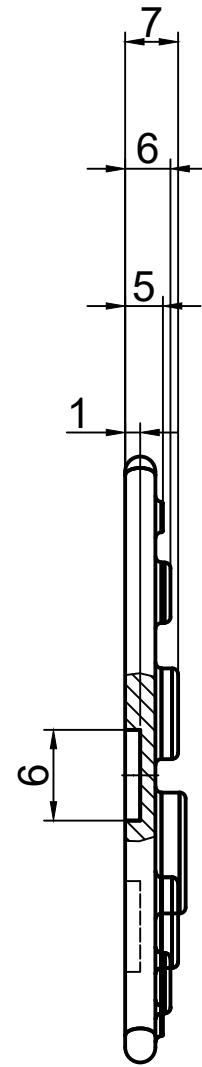
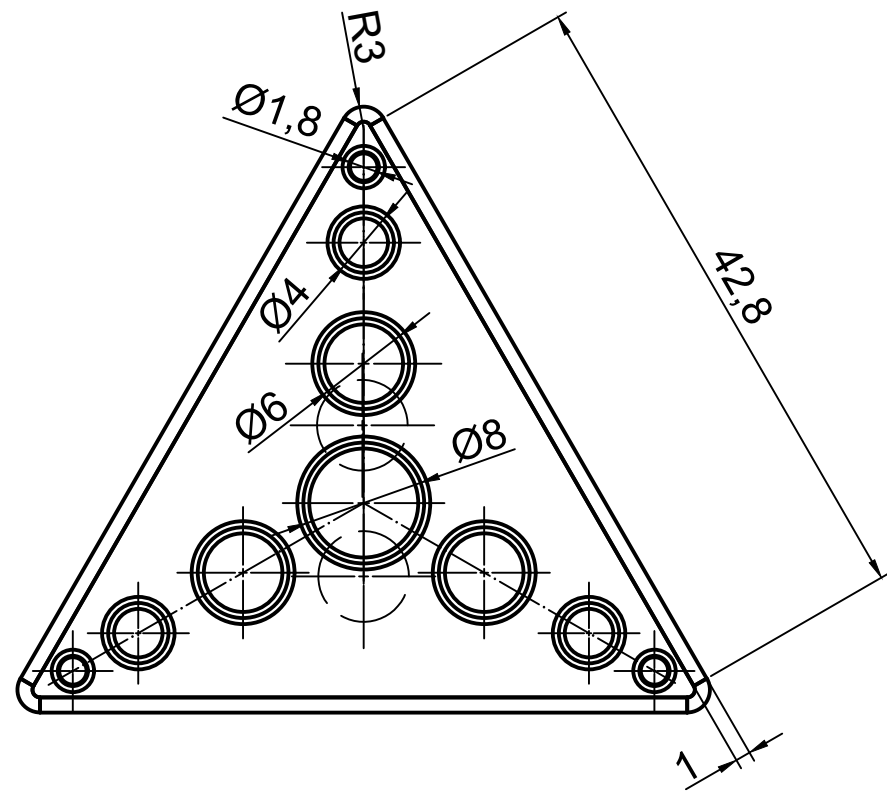


A' (5:1)

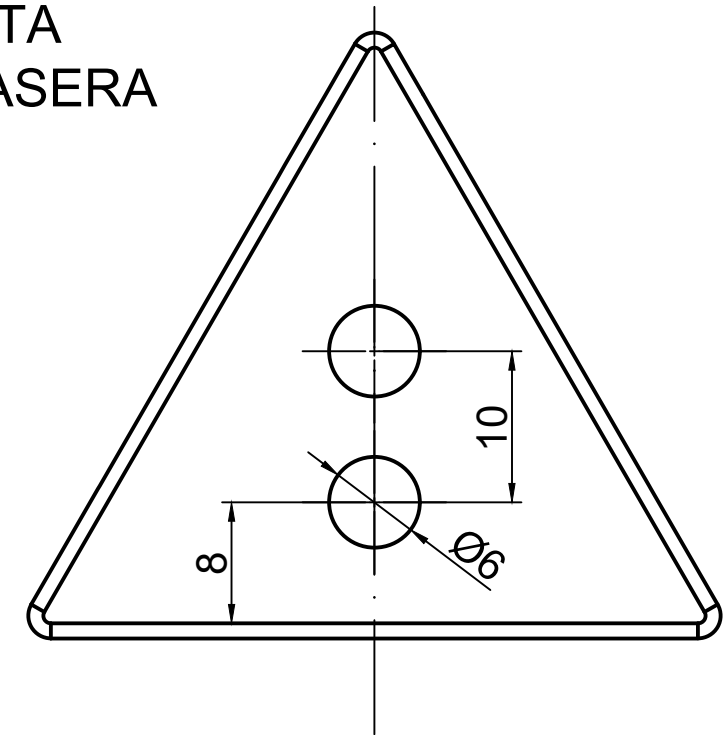


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 8		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 14/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

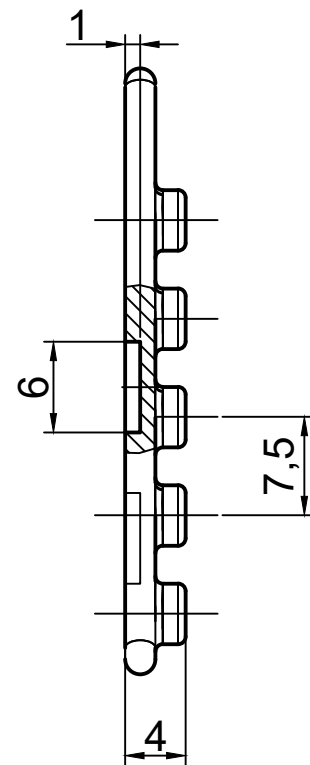
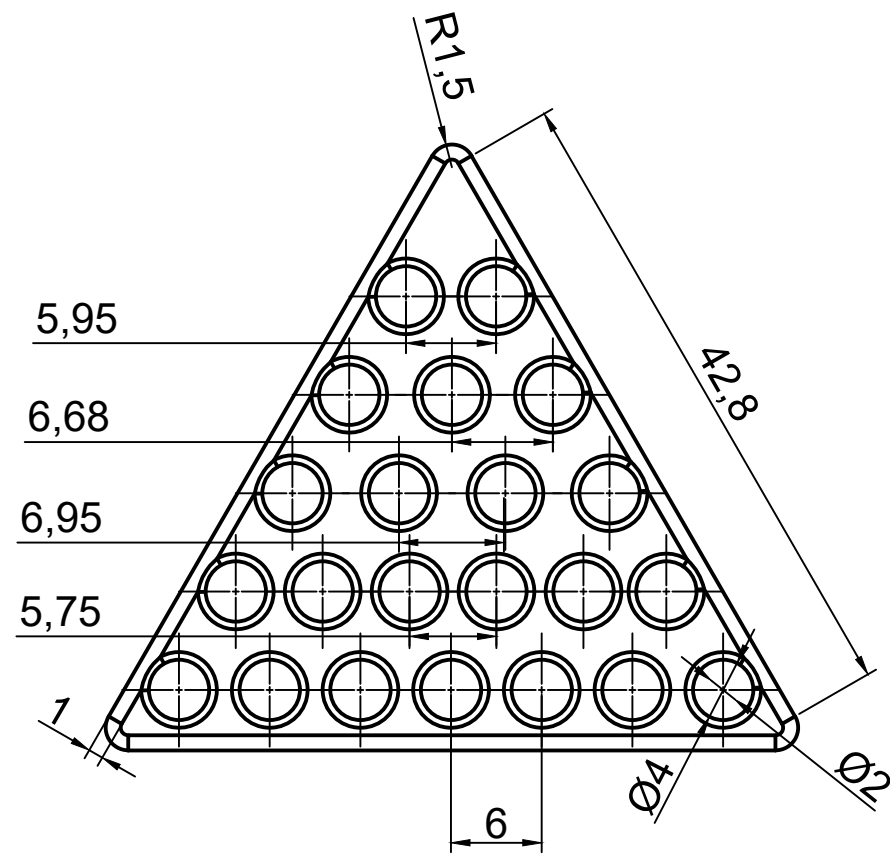


VISTA
TRASERA

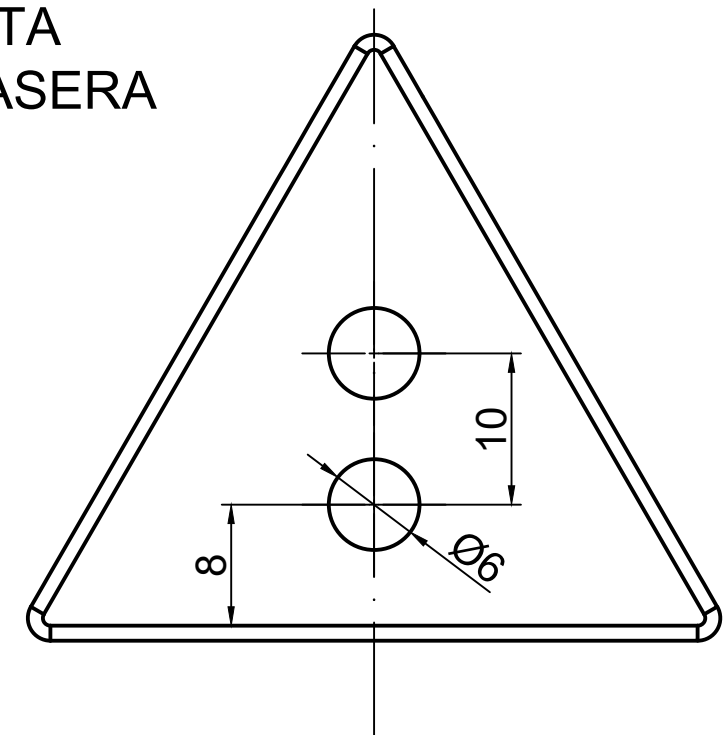


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 9		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 15/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

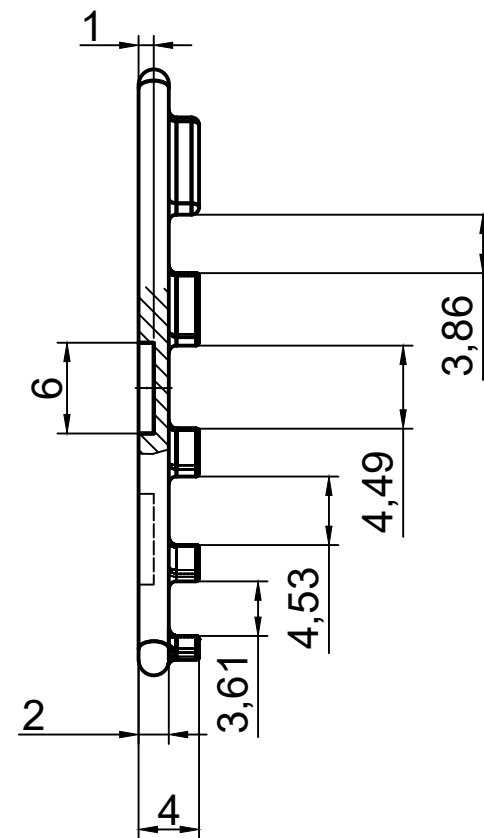
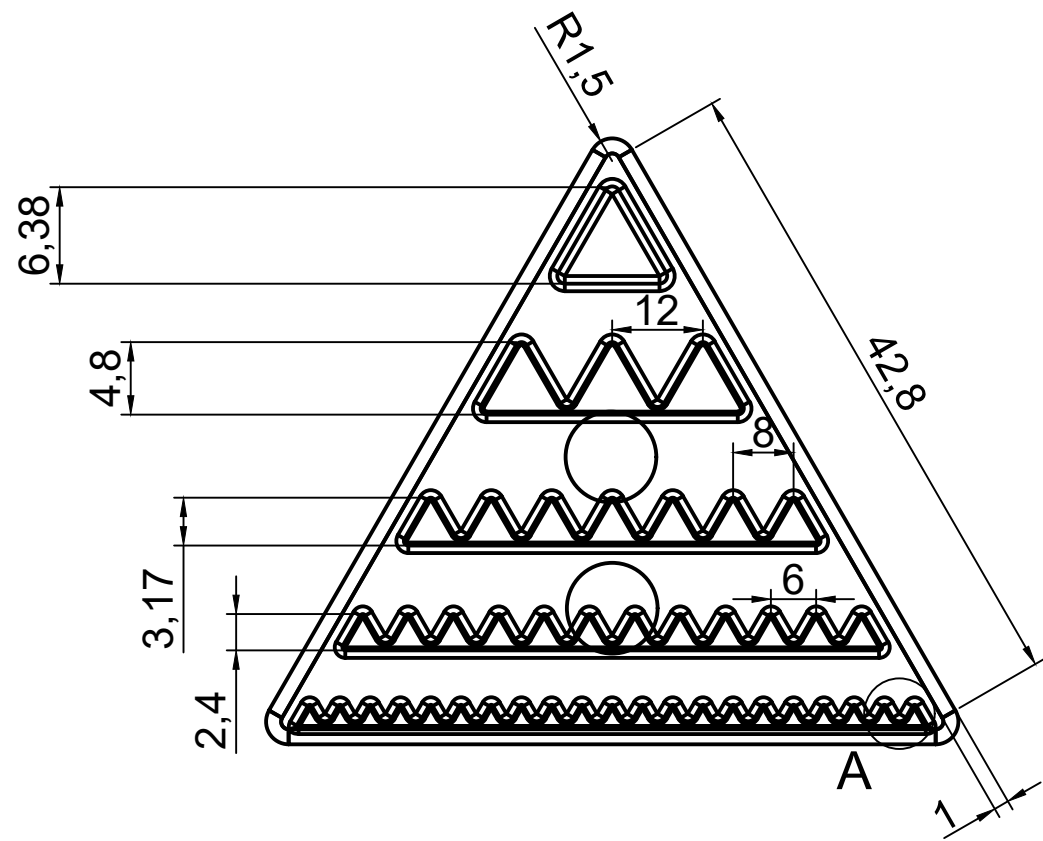


VISTA
TRASERA

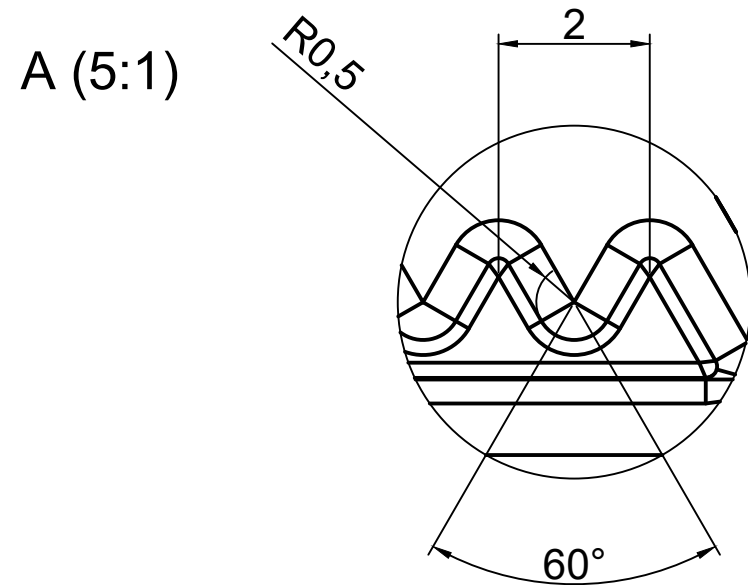
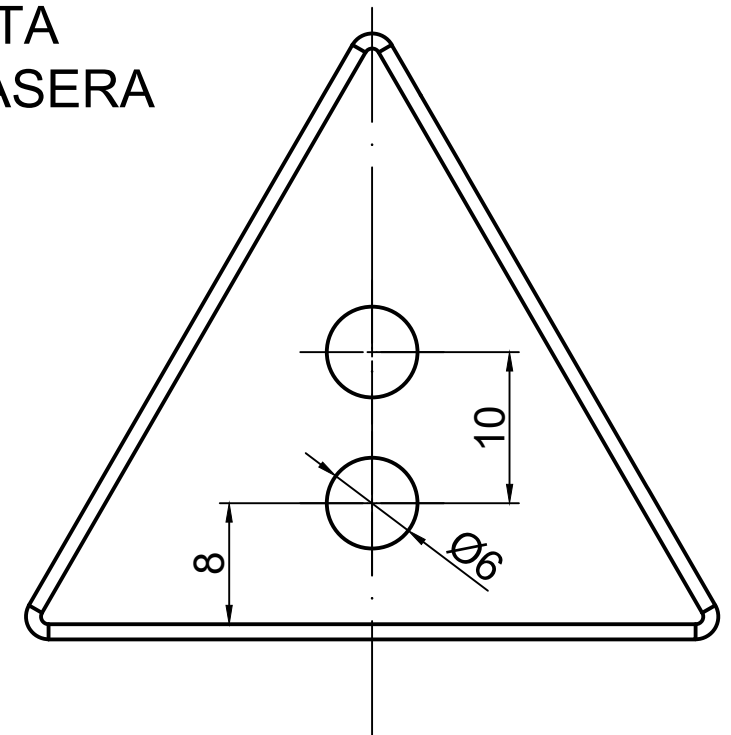


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 10		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 16/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

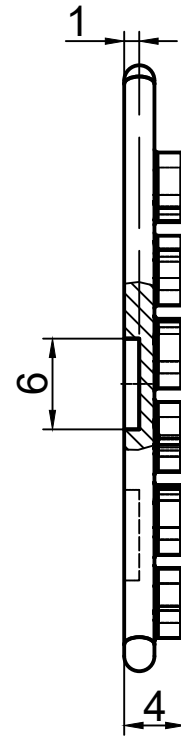
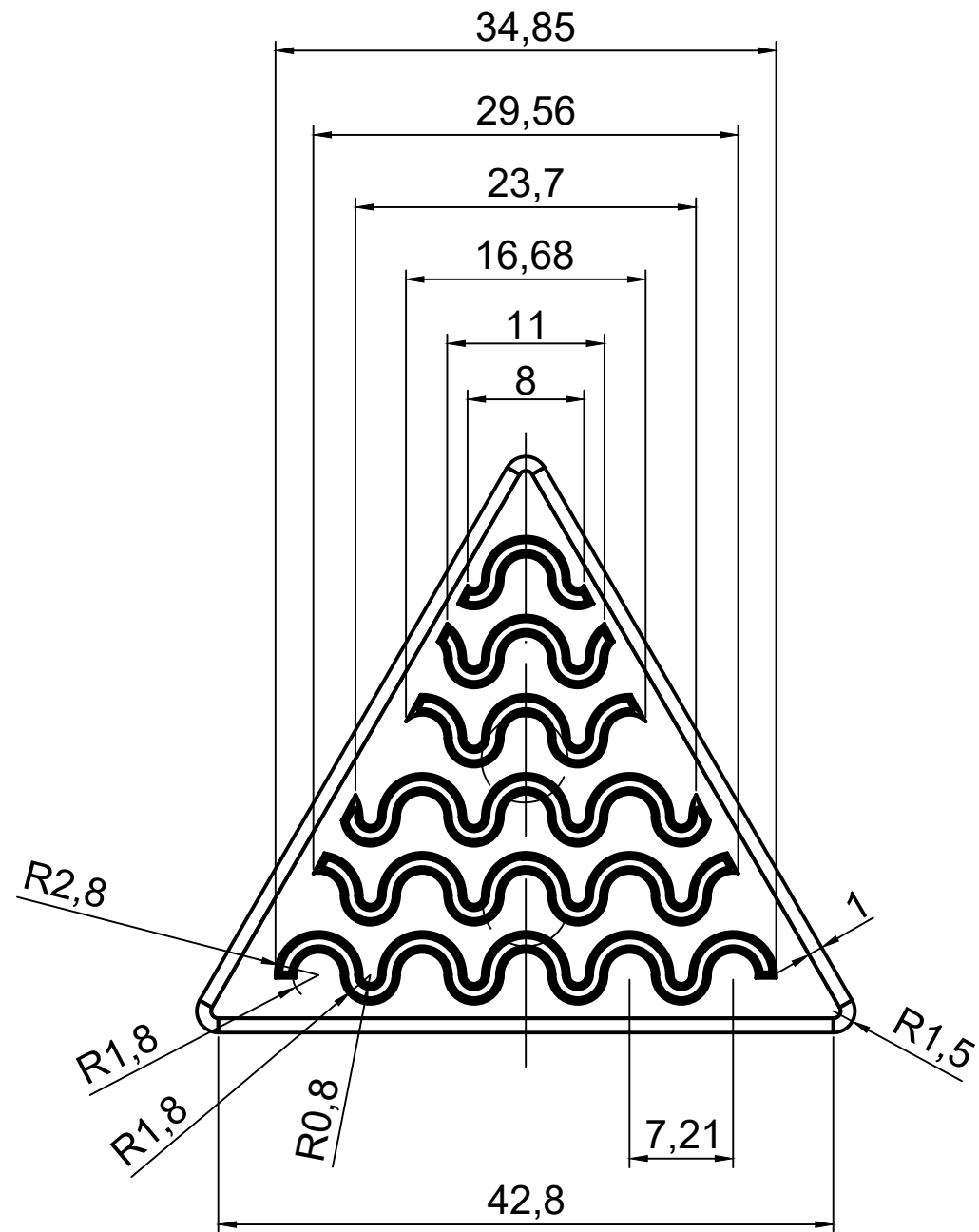


VISTA TRASERA

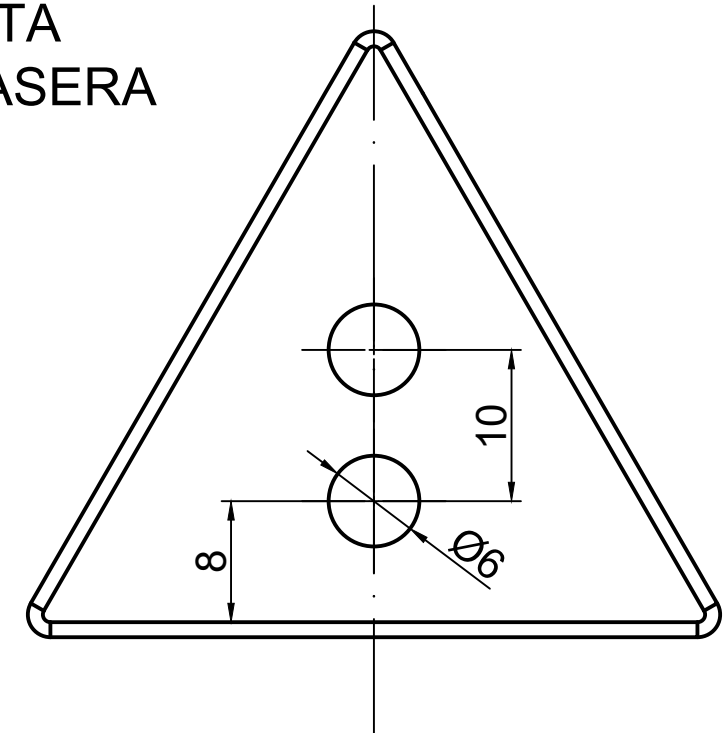


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 11		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 17/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

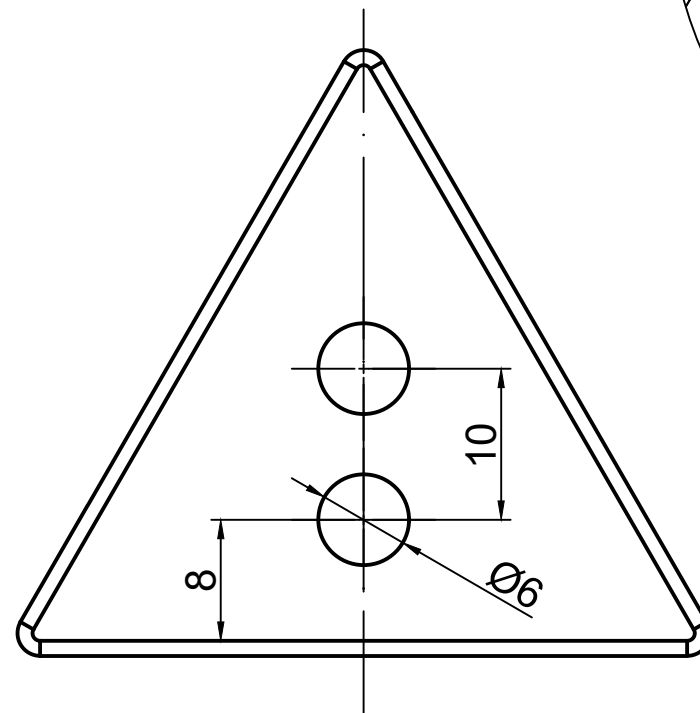
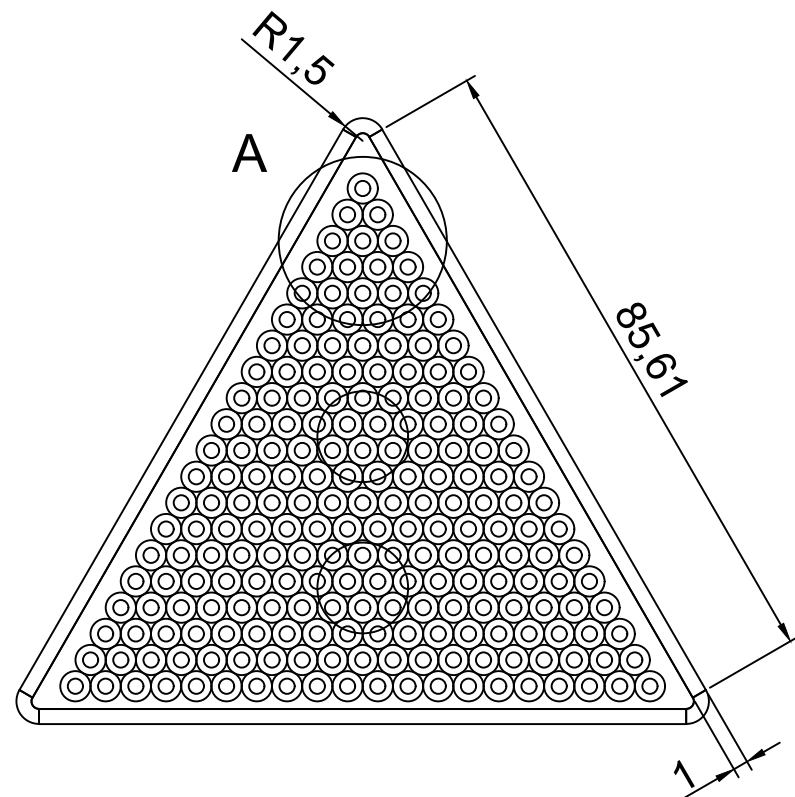
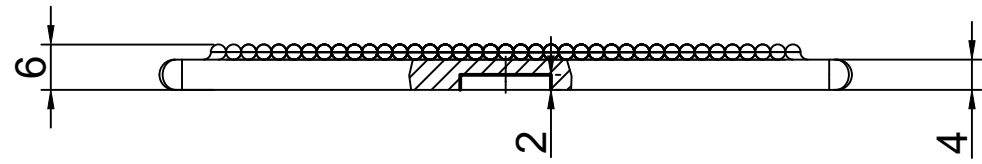


VISTA TRASERA

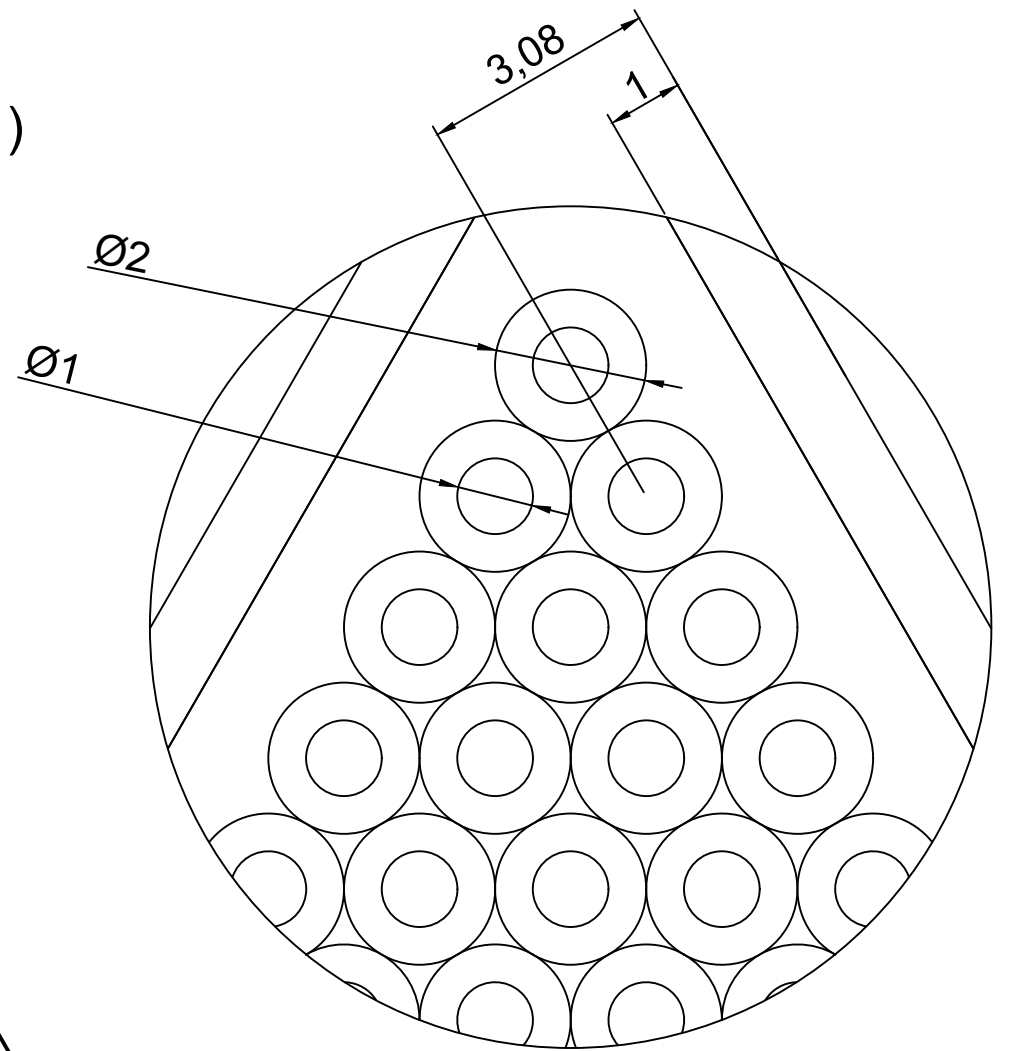


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 12		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 18/15	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

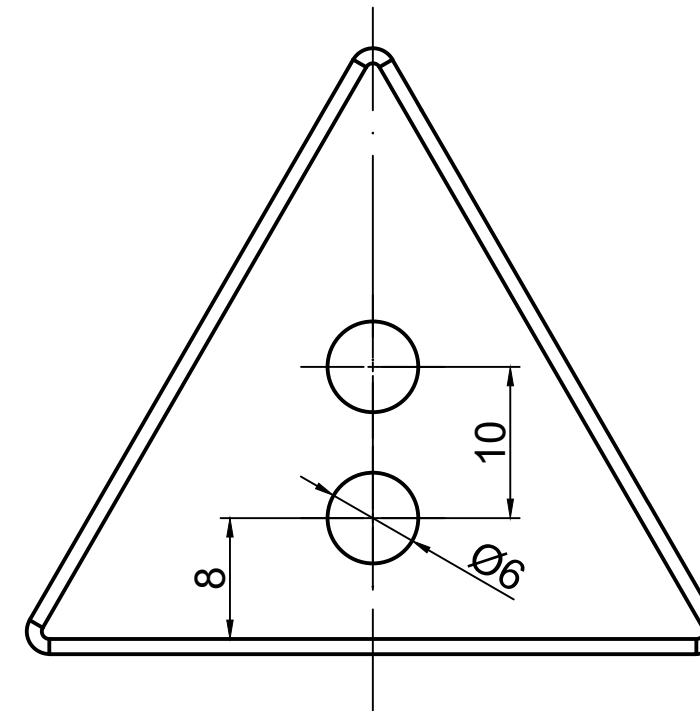
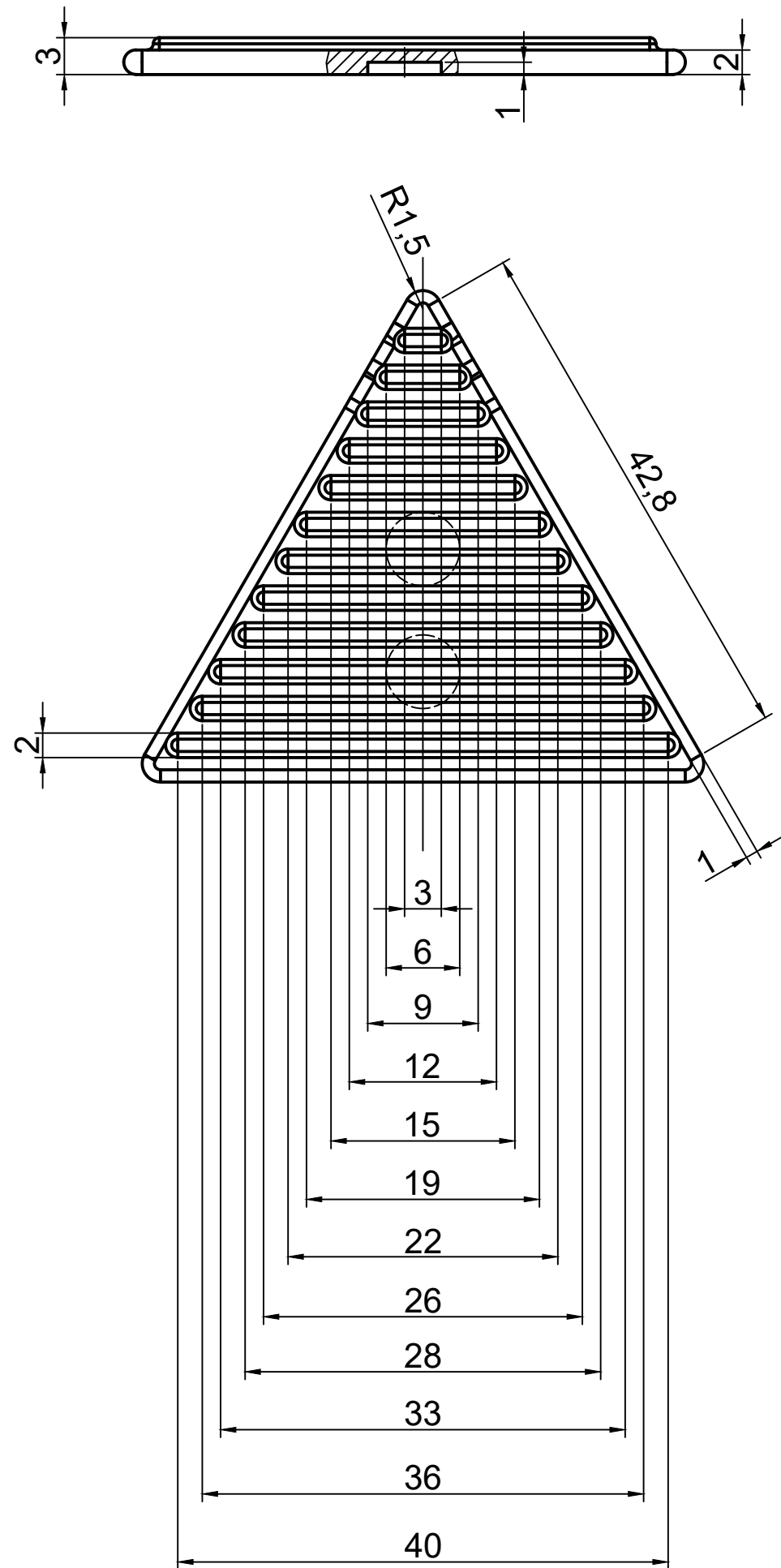


A (5:1)



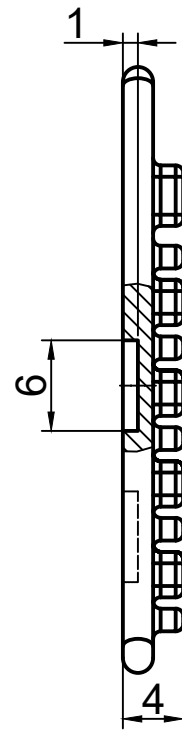
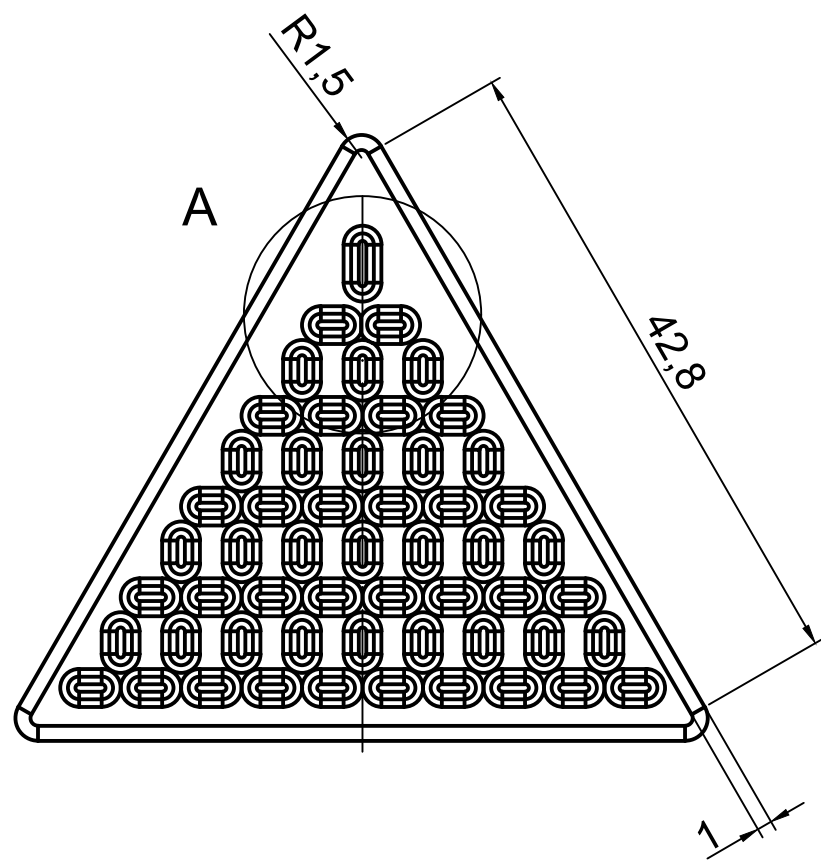
NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 13		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 19/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

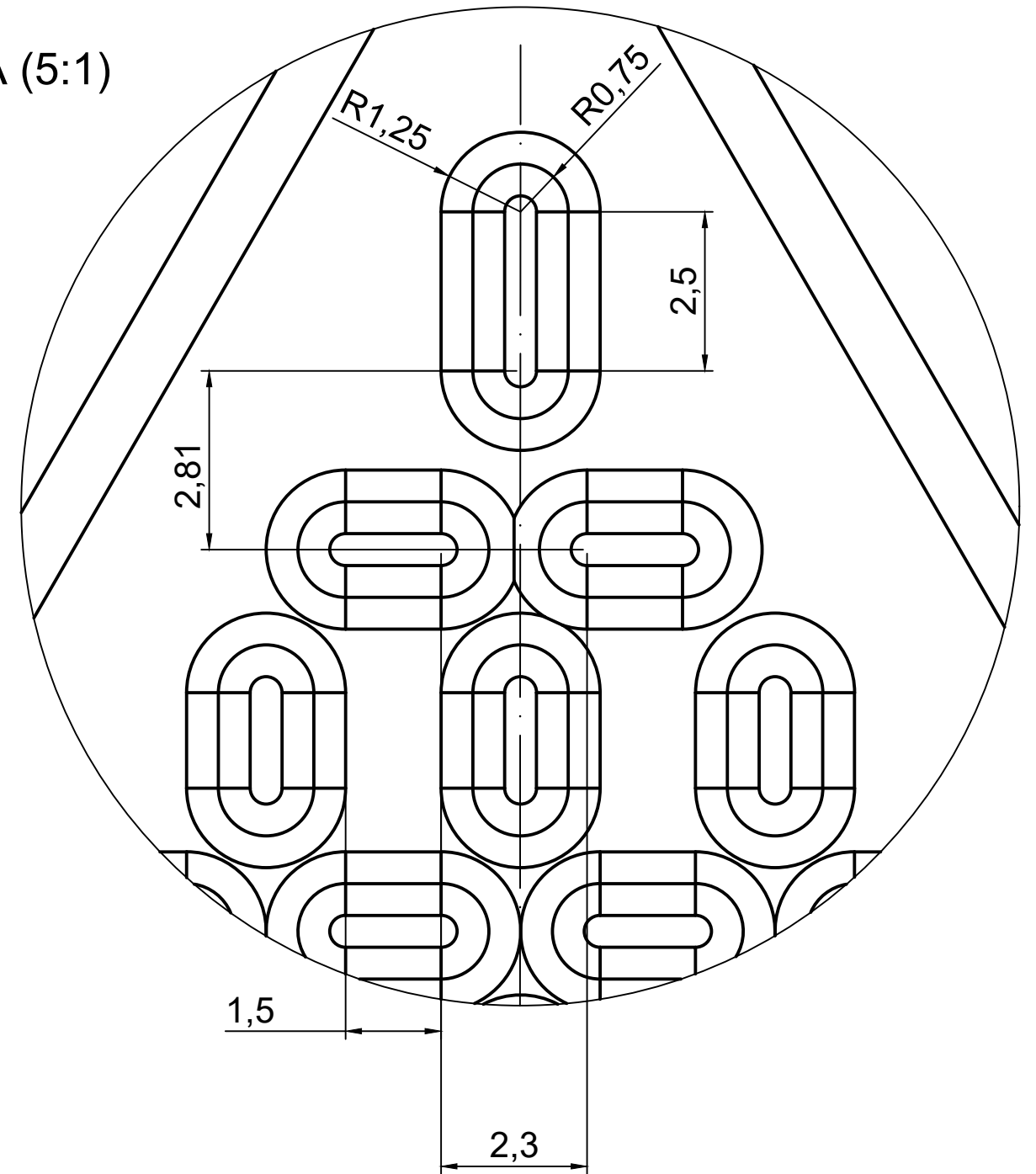


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

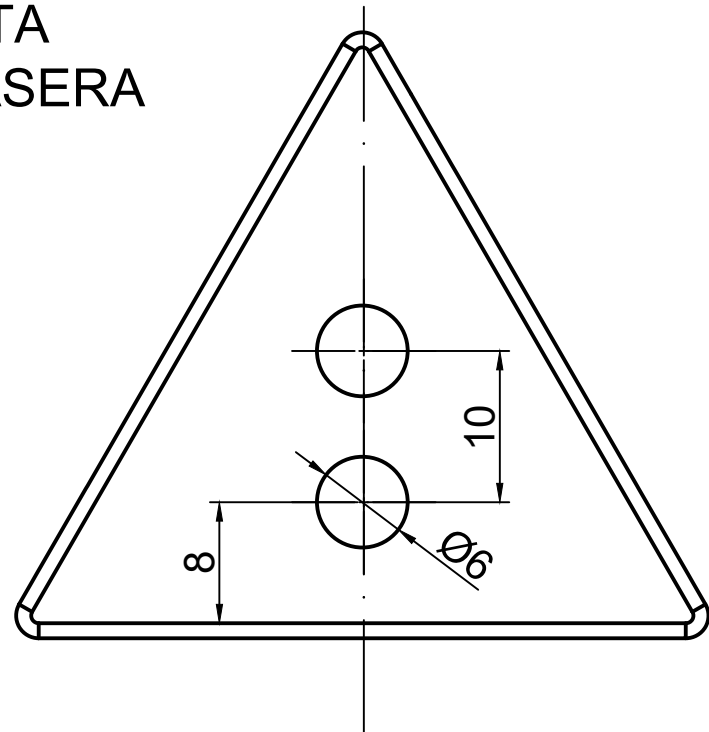
PIEZA TRIANGULAR 14		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 20/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



A (5:1)

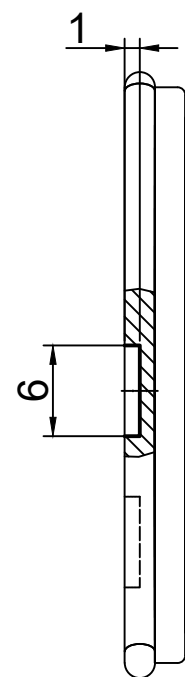
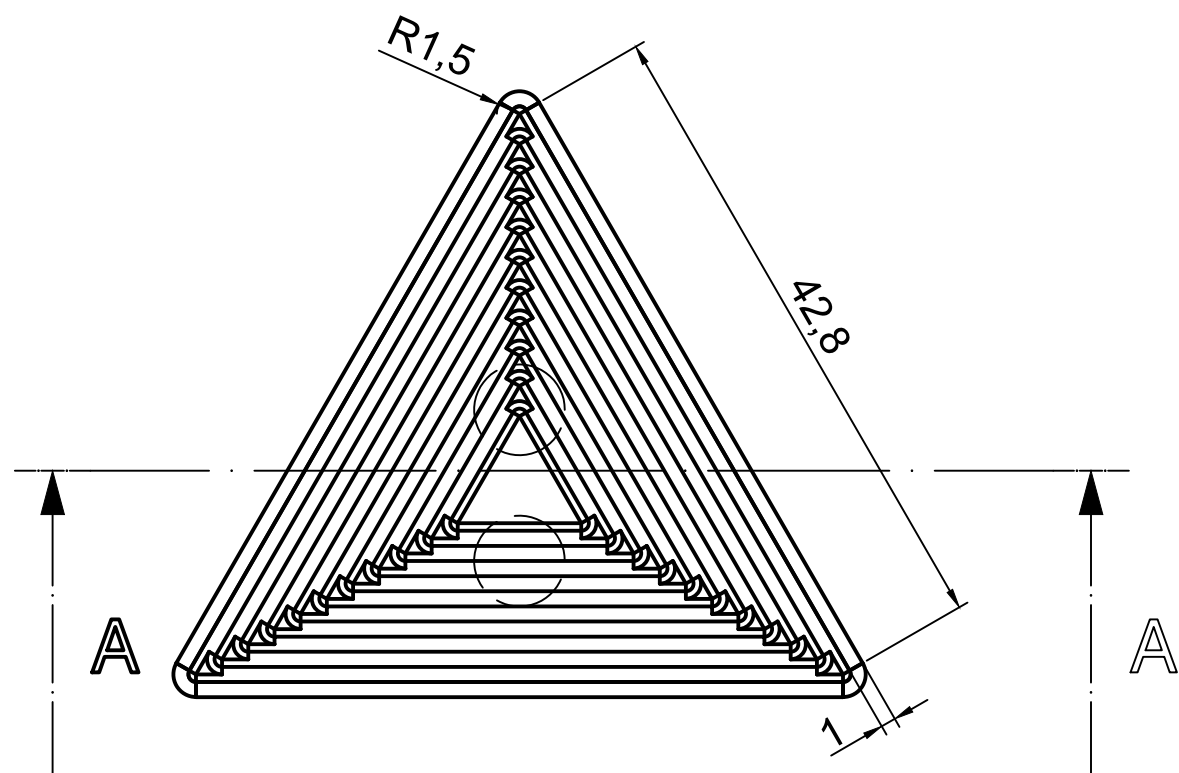
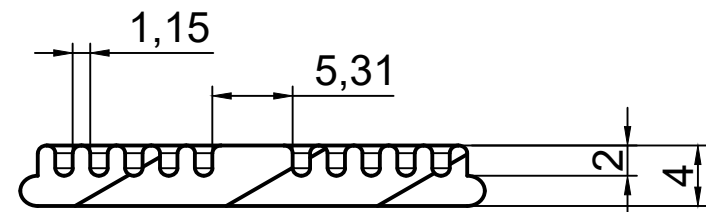


VISTA TRASERA

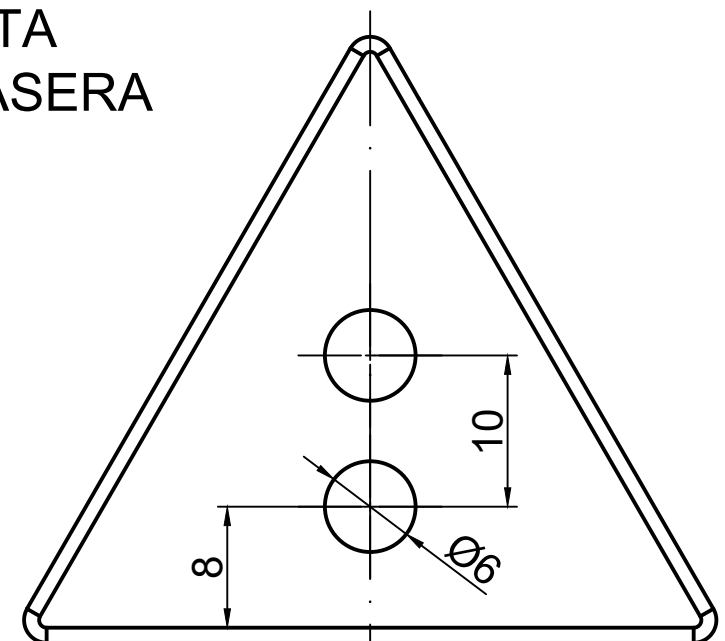


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 15		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 21/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



VISTA
TRASERA



NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 16

ESCALA
2:1

Propietario Legal:

Ana Sánchez González

Aprobado por:

Elidia Beatriz Blázquez Parra
Giusi Castaldo

Número de identificación:

Diseño de una lámpara adaptada para
personas con TEA

Creado por:

Ana Sánchez González

Fecha de edición:

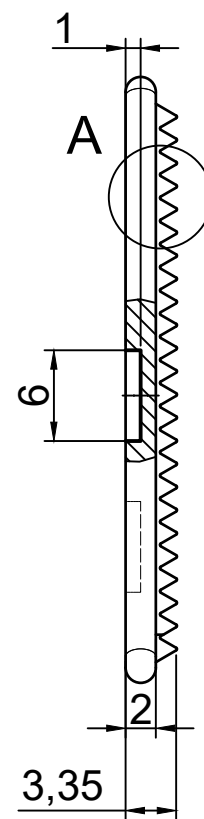
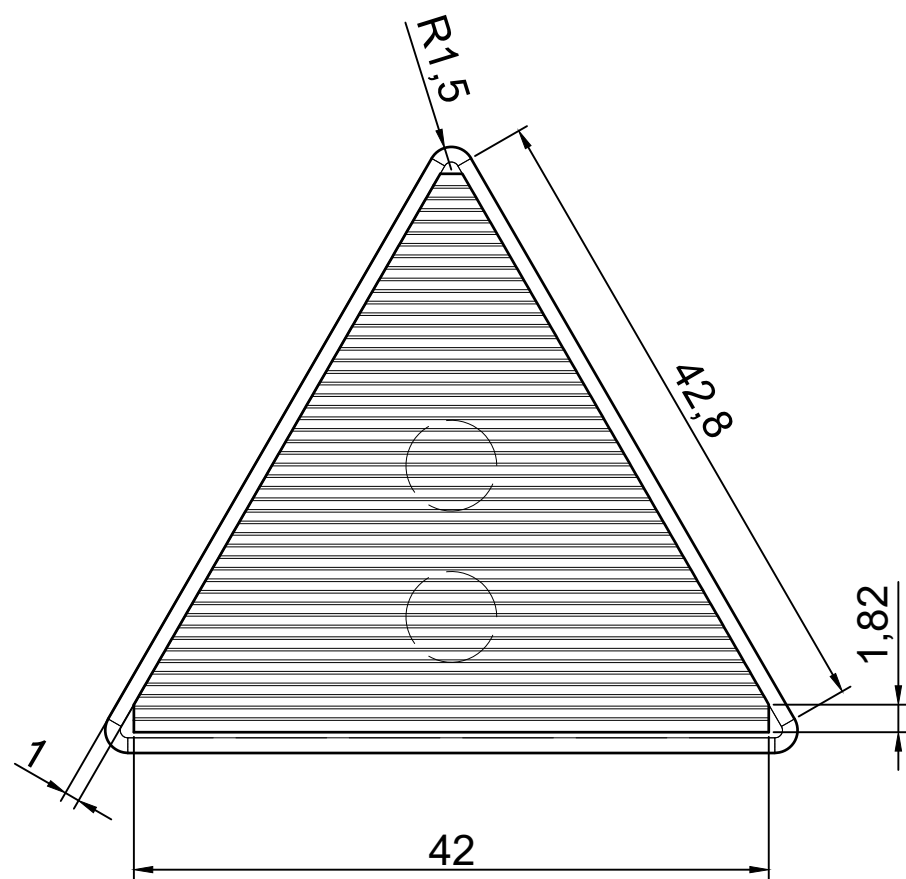
Junio 2025

Número de hoja:

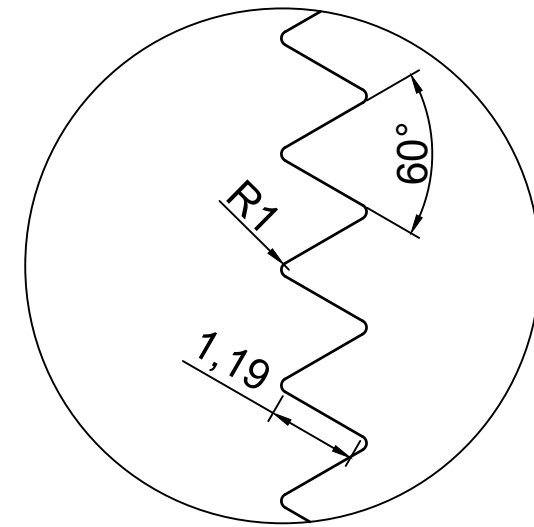
Plano 22/30

Tipo de documento:

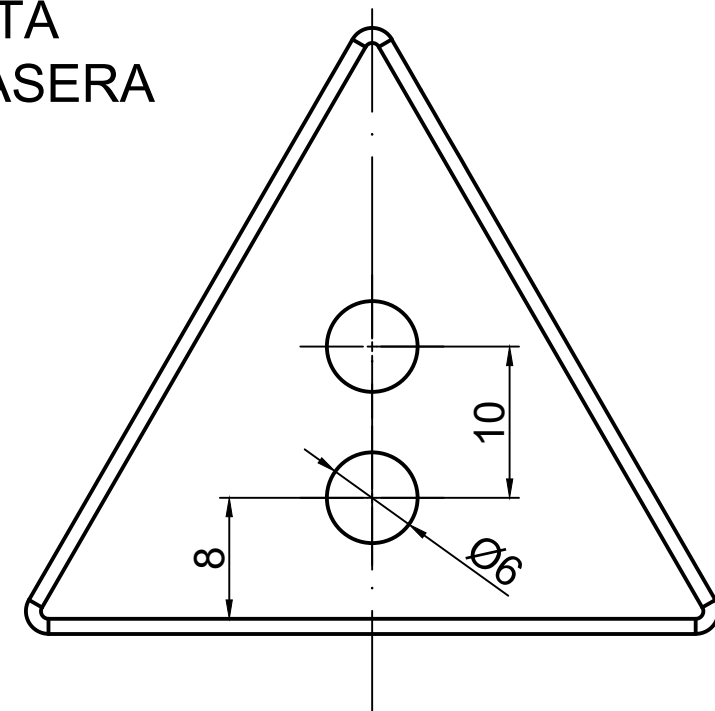
Dibujo de Despiece



A (5:1)



VISTA
TRASERA



PIEZA TRIANGULAR 17

ESCALA
2:1

Propietario Legal:

Ana Sánchez González

Aprobado por:

Elidia Beatriz Blázquez Parra
Giusi Castaldo

Número de identificación:

Diseño de una lámpara adaptada para
personas con TEA

Creado por:

Ana Sánchez González

Fecha de edición:

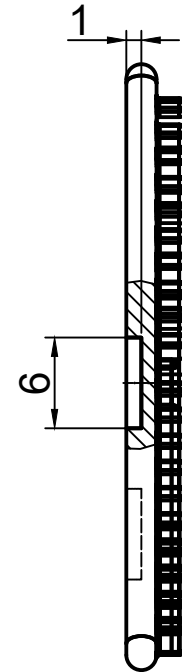
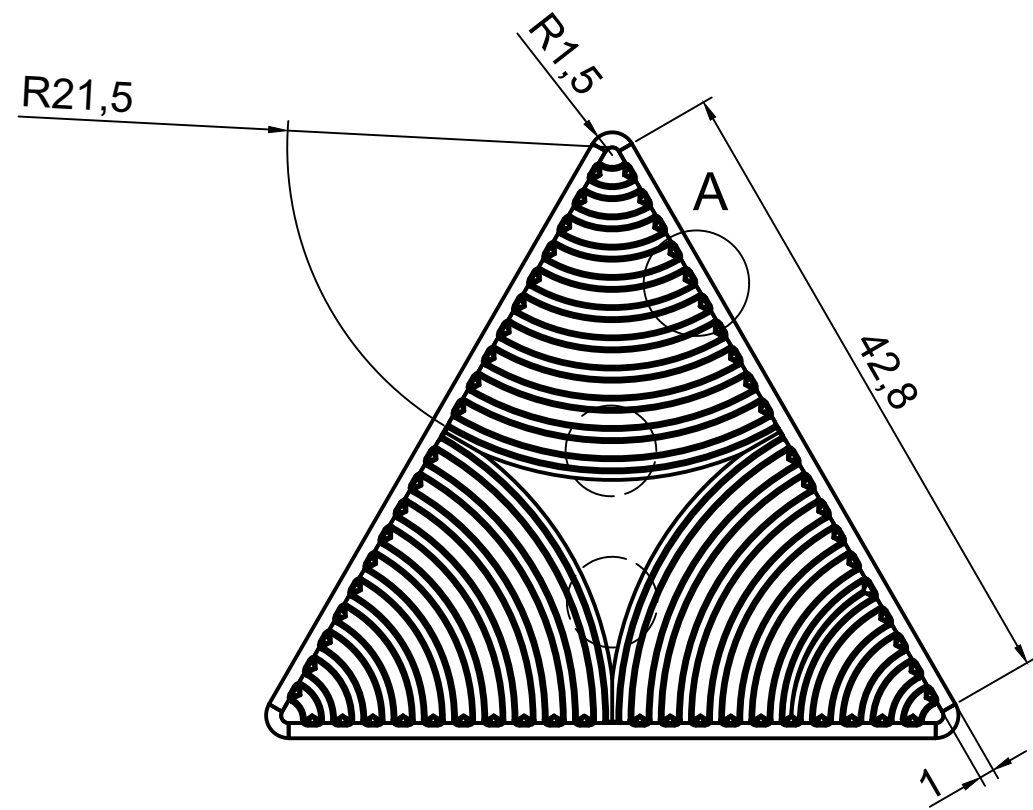
Junio 2025

Número de hoja:

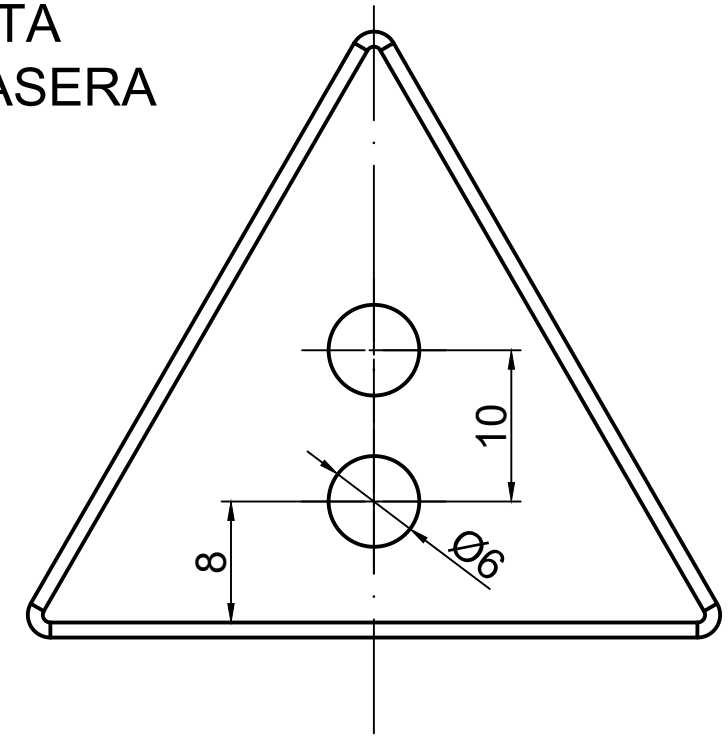
Plano 23/30

Tipo de documento:

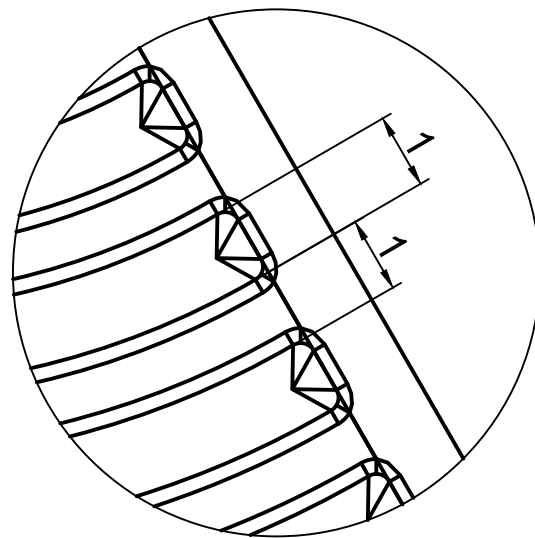
Dibujo de Despiece



VISTA TRASERA

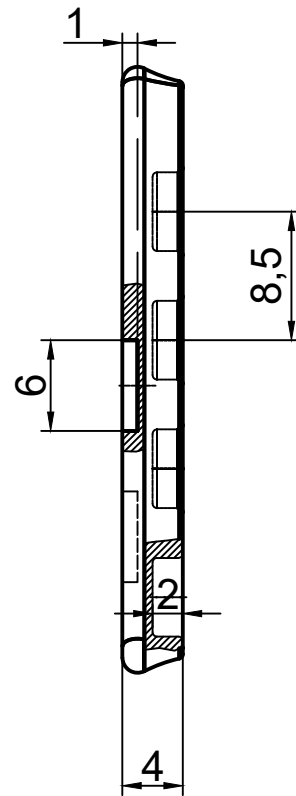
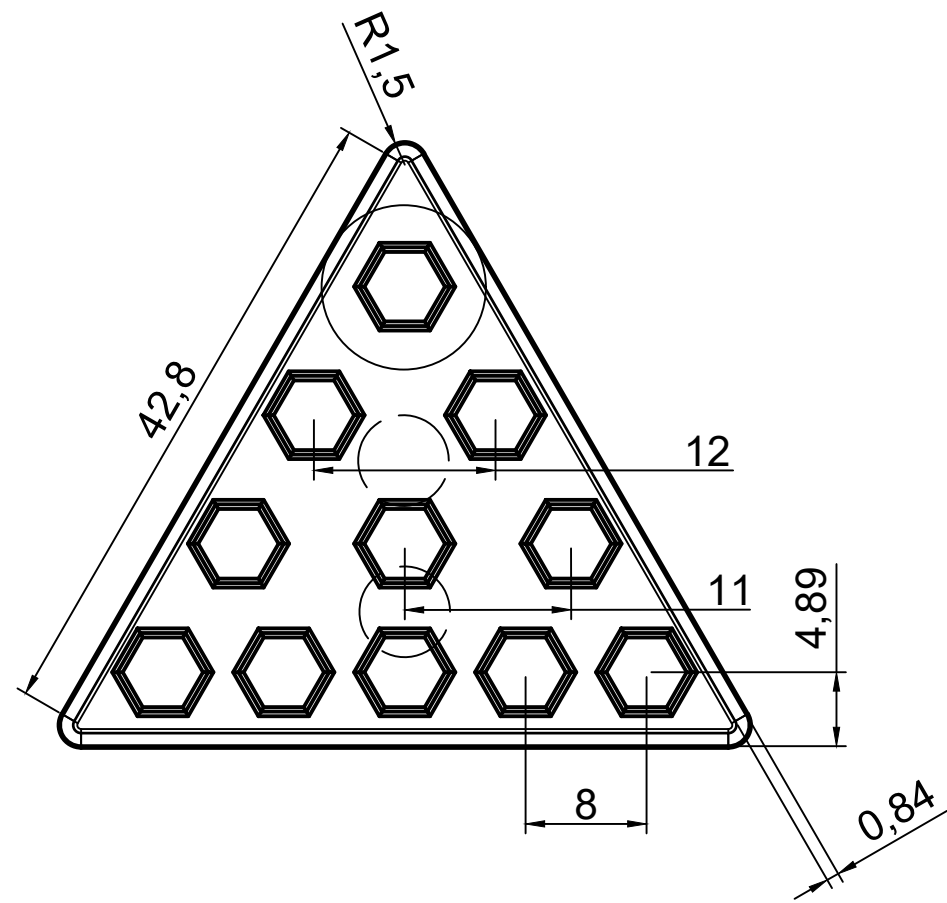


A (5:1)

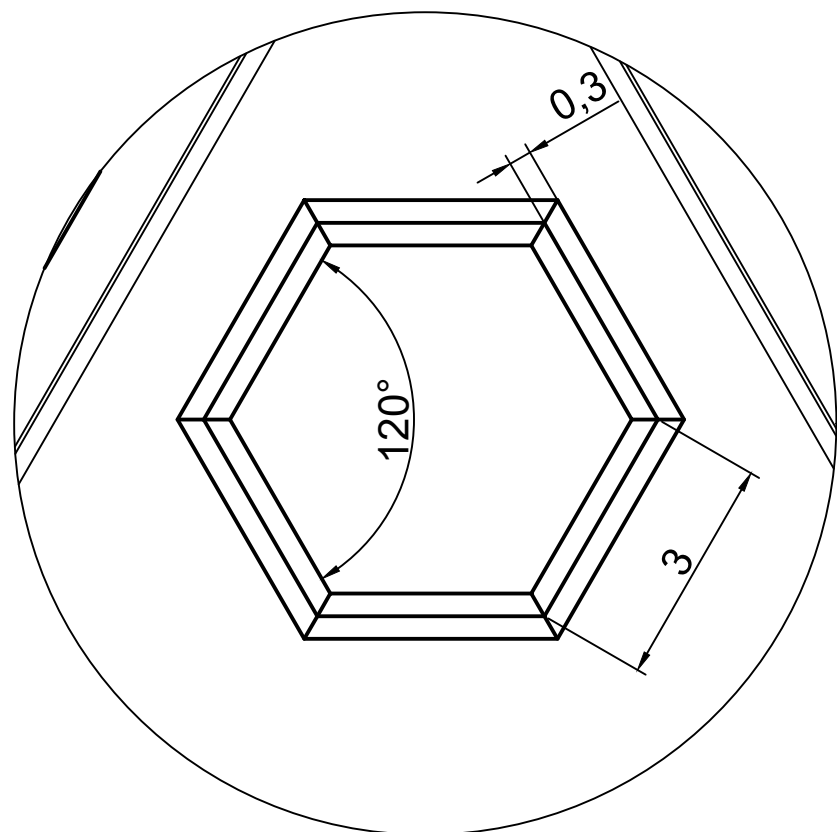
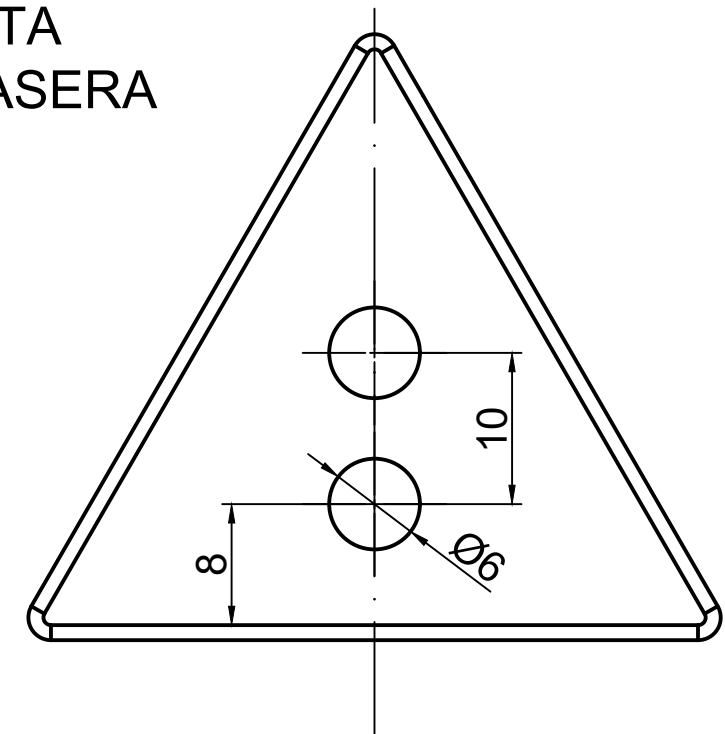


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,2

PIEZA TRIANGULAR 18		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 24/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

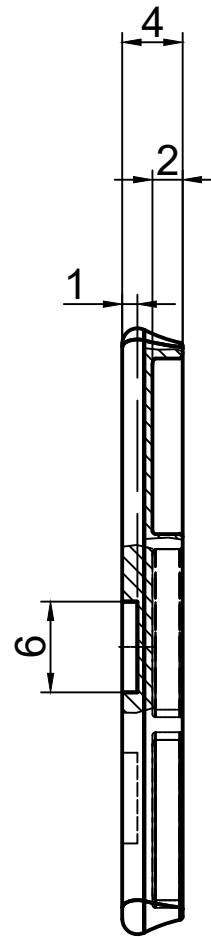
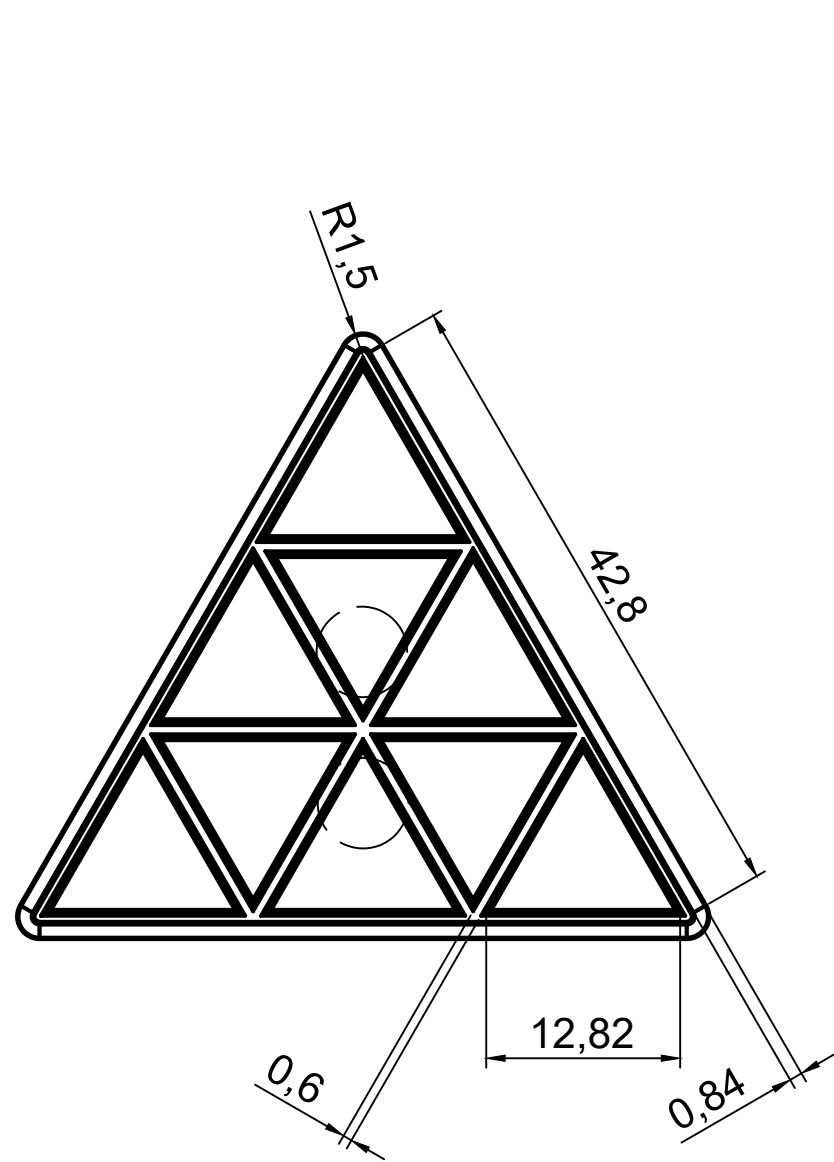


VISTA
TRASERA

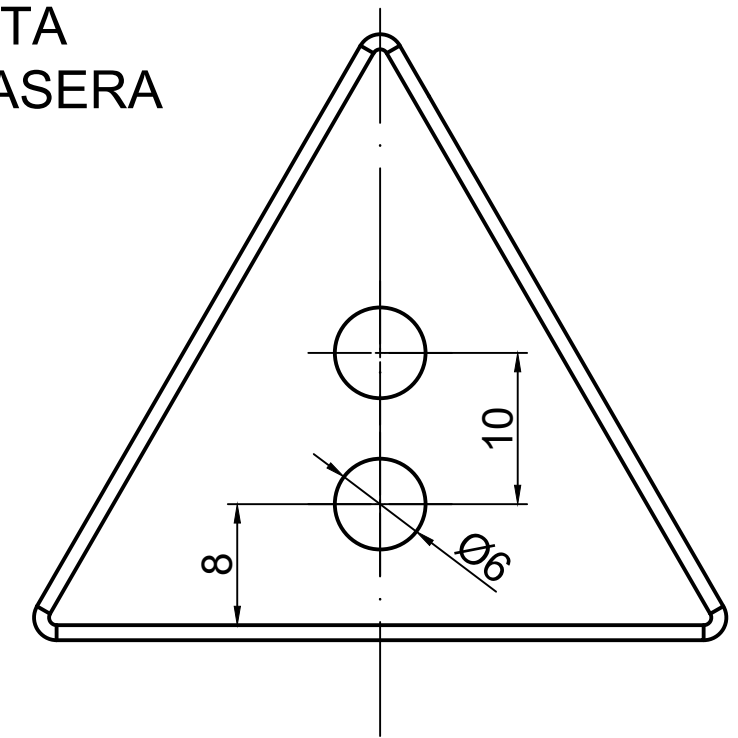


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 19		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 25/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



VISTA
TRASERA



NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 20

ESCALA
2:1

Propietario Legal:
Ana Sánchez González

Aprobado por:
Elidia Beatriz Blázquez Parra
Giusi Castaldo

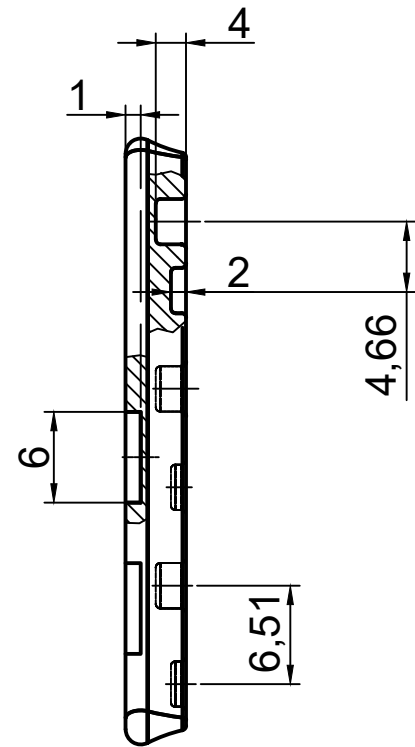
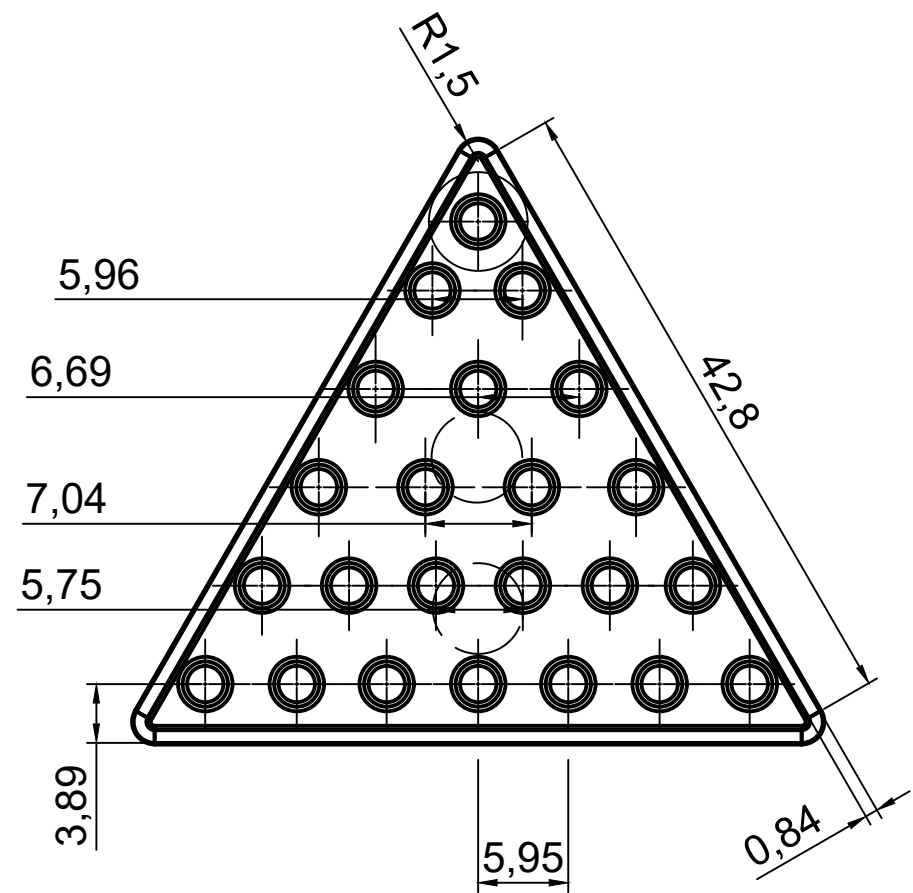
Número de identificación:
Diseño de una lámpara adaptada para
personas con TEA

Creado por:
Ana Sánchez González

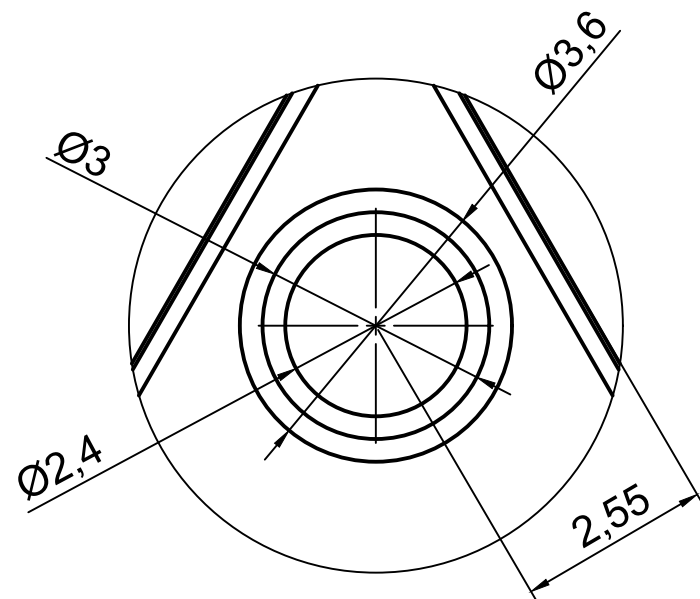
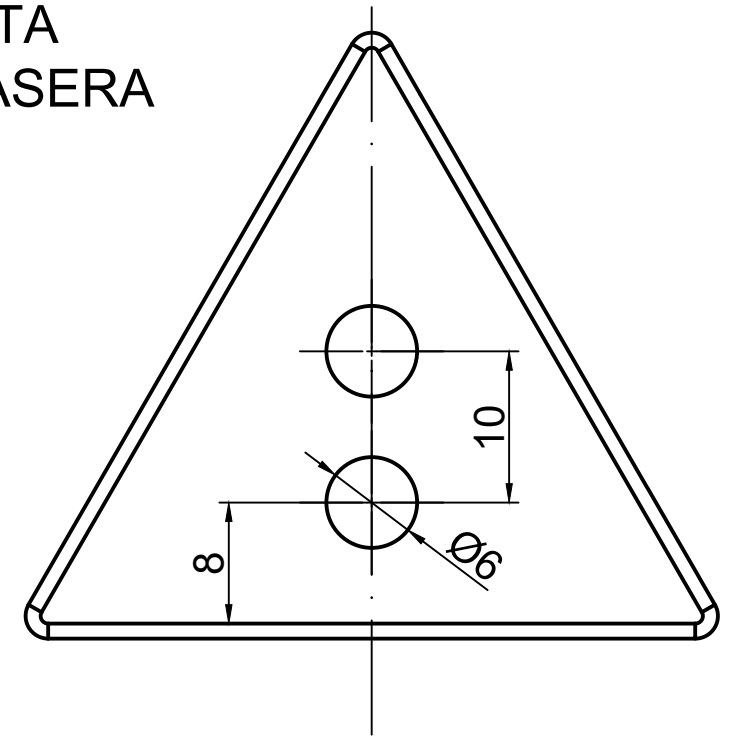
Fecha de edición:
Junio 2025

Número de hoja:
Plano 26/30

Tipo de documento:
Dibujo de Despiece

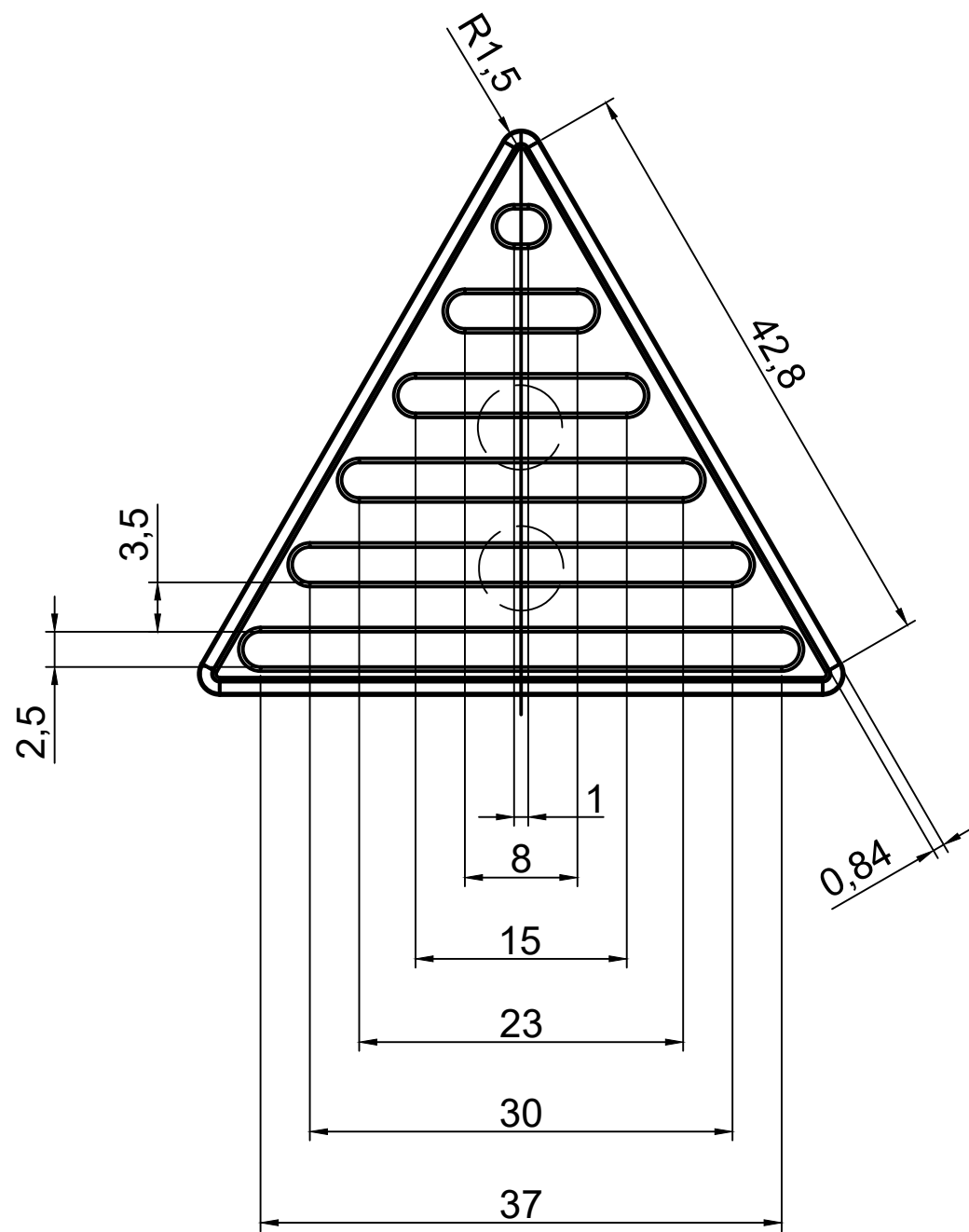


VISTA TRASERA

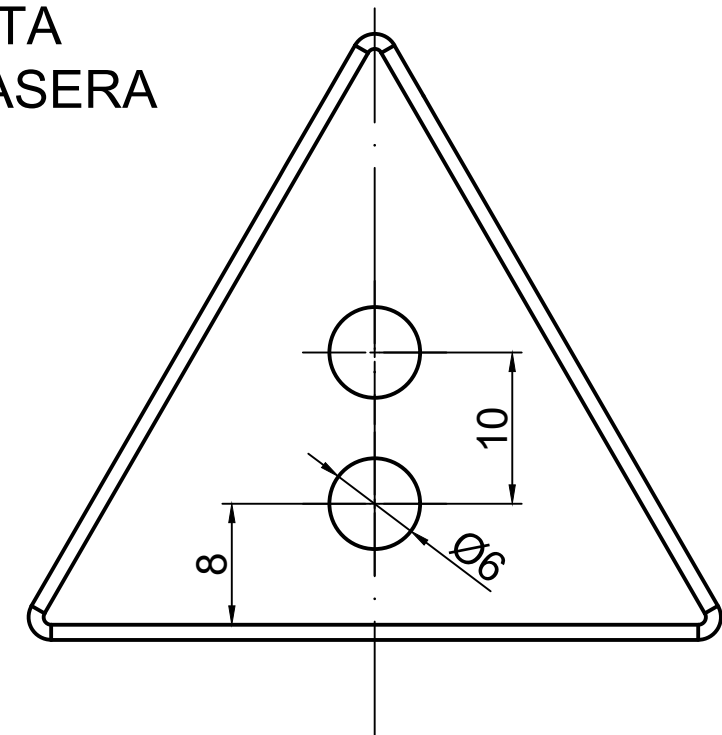


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 21		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 27/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

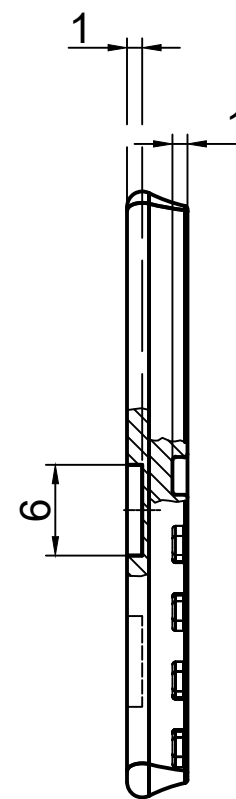
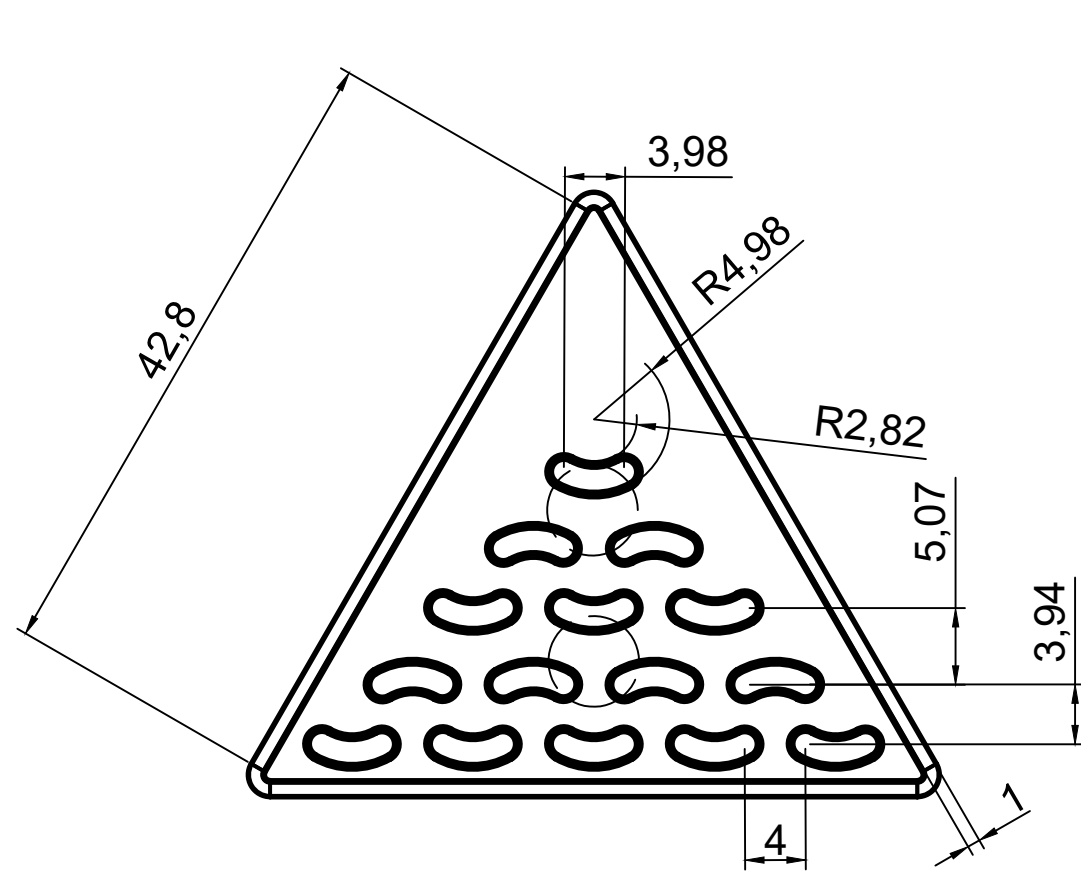


VISTA TRASERA

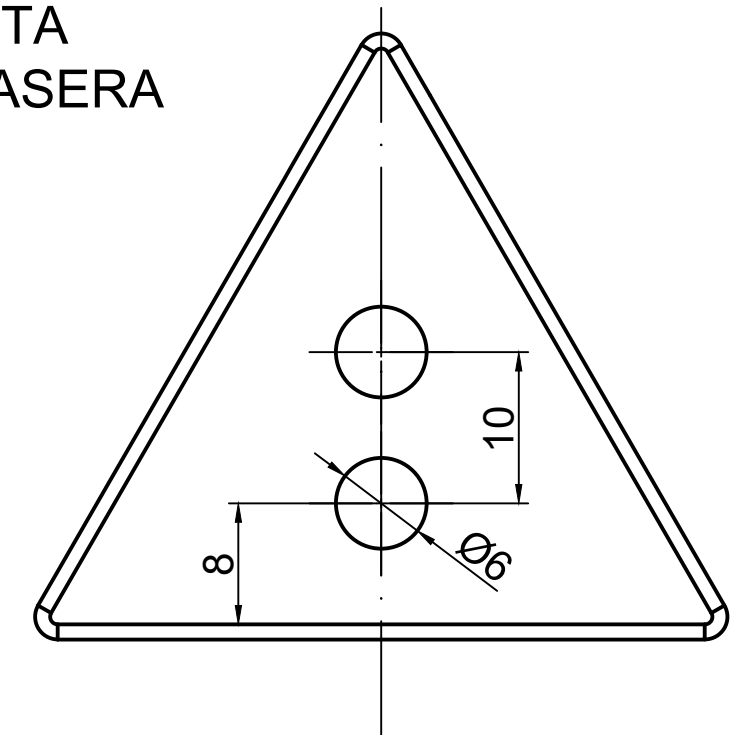


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 22		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 28/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece

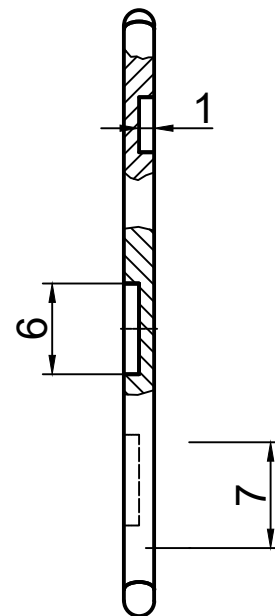
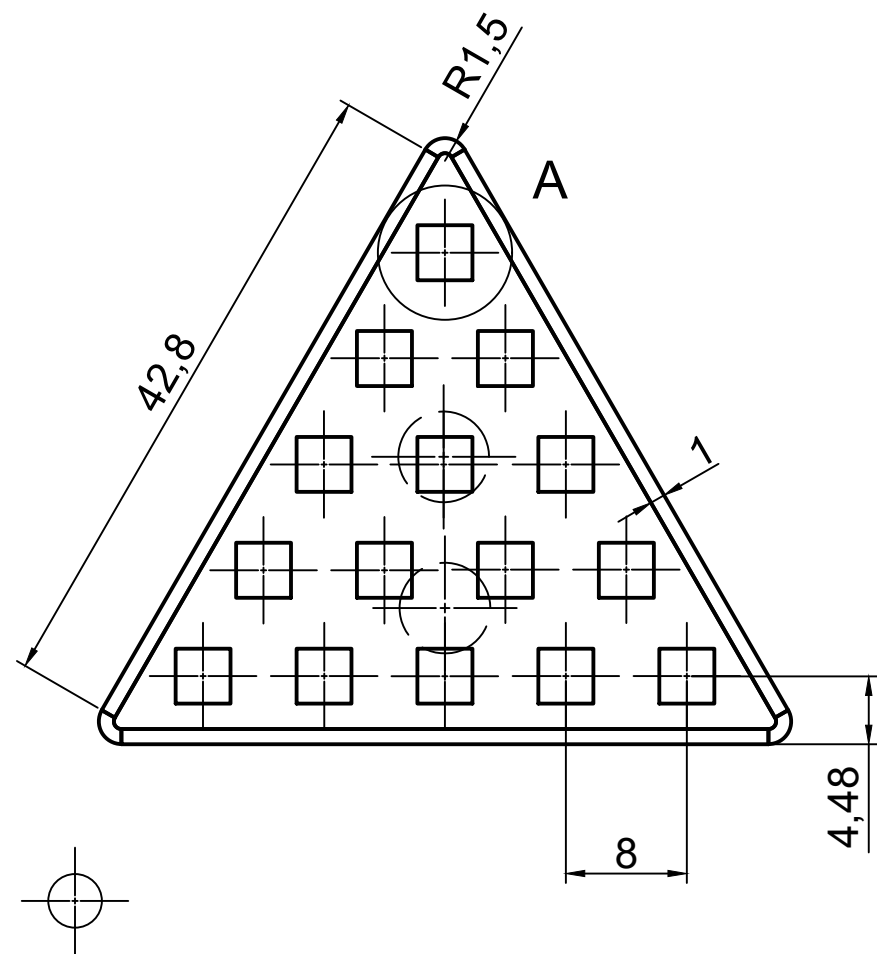


VISTA TRASERA

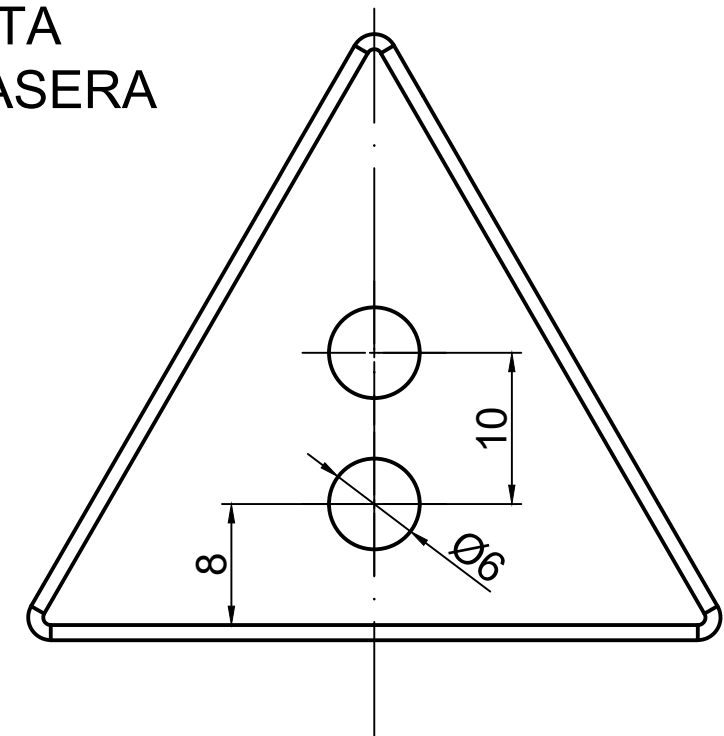


NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

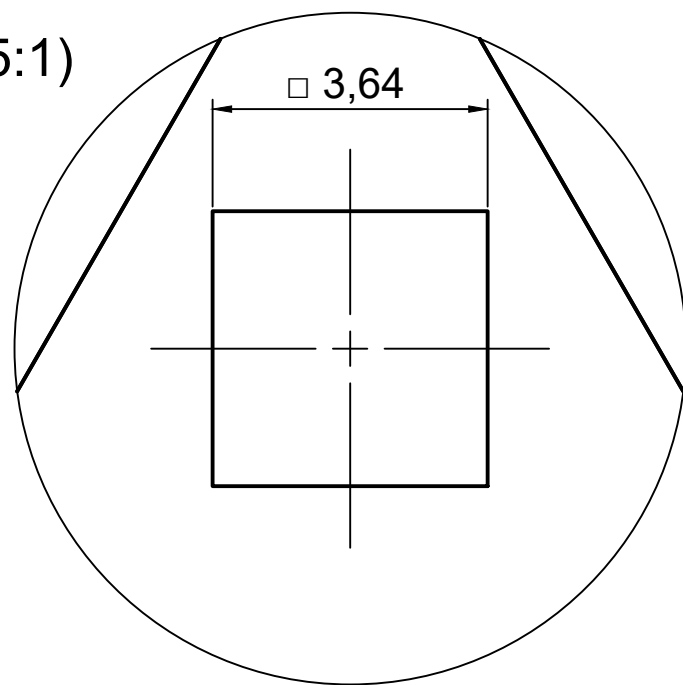
PIEZA TRIANGULAR 23		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 29/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece



VISTA TRASERA



A (5:1)



NOTA: TODOS LOS REDONDEOS NO ACOTADOS SON DE R0,5

PIEZA TRIANGULAR 24		ESCALA 2:1
Propietario Legal: Ana Sánchez González		Aprobado por: Elidia Beatriz Blázquez Parra Giusi Castaldo
Número de identificación: Diseño de una lámpara adaptada para personas con TEA		Creado por: Ana Sánchez González
Fecha de edición: Junio 2025	Número de hoja: Plano 30/30	Tipo de documento: Dibujo de Despiece