



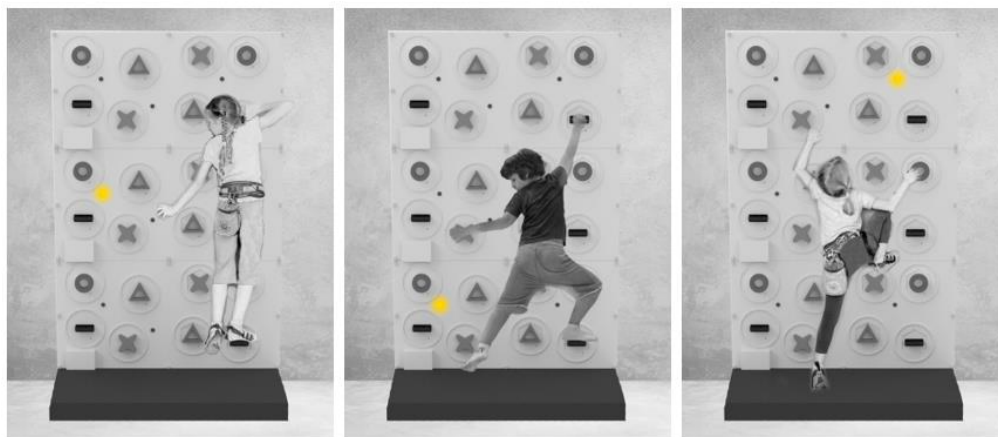
UNIVERSITAT
JAUME•I

UNIVERSITAT JAUME I



Máster Universitario en Diseño y Fabricación

*Elemento para aulas para el desarrollo de la
psicomotricidad infantil en niños de 3 a 6 años*



TRABAJO FIN DE MÁSTER

AUTORA

Raquel Sola García

TUTORA

Dr. Elena Mulet Escrig

Castellón, Octubre 2019



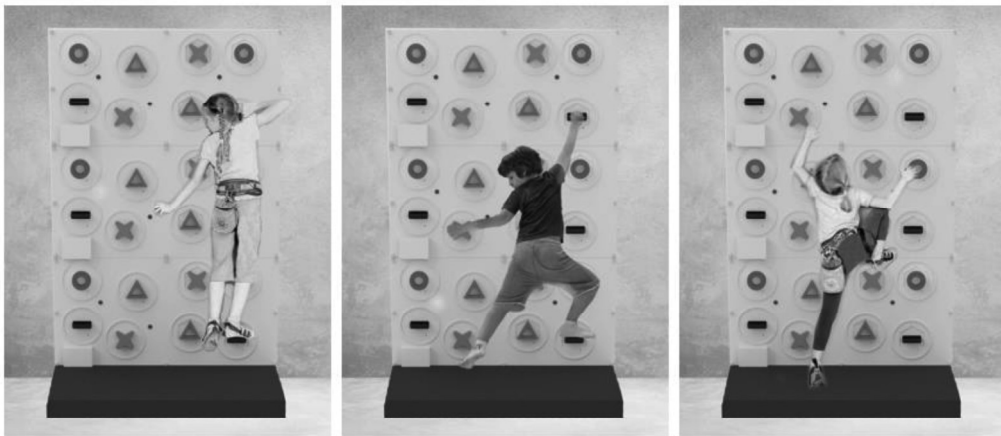
UNIVERSITAT
JAUME•I

UNIVERSITAT JAUME I

mDF

Máster Universitario en Diseño y Fabricación

*Elemento para aulas para el desarrollo de la
psicomotricidad infantil en niños de 3 a 6 años*



TRABAJO FIN DE MÁSTER

AUTORA

Raquel Sola García

TUTORA

Dr. Elena Mulet Escrig

Castellón, Octubre 2019

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Justificación.....	7
1.3. Objetivos	9
2. ANÁLISIS DEL PRODUCTO.....	11
2.1. Introducción.....	11
2.2. Estudio de mercado	12
2.3. Estudio de patentes.....	16
2.4. Conclusiones	22
2.4.1. Oportunidades detectadas	25
3. DISEÑO CONCEPTUAL	28
3.1. Requisitos y especificaciones de diseño.....	28
3.2. Propuesta conceptual de soluciones.....	30
3.3. Justificación de la selección de la alternativa.....	33
4. DISEÑO DE DETALLE.....	36
4.1. Estructura, conjuntos y piezas	36
4.1.1. Piezas	36
4.1.2. Conjunto: Módulo de pared.....	38
4.2. Presentación de imágenes y ambientes virtuales de uso del producto	44
4.3. Selección de materiales.....	47
4.3.1. Introducción.....	47
4.3.2. Requisitos de materiales.....	47
4.3.3. Justificación selección del material.....	51
4.4. Selección de procesos de fabricación	53

4.5.	Análisis de los aspectos de seguridad y ergonomía.....	58
4.5.1.	Diseño de las presas	64
4.5.2.	Posicionado de las presas.....	68
4.6.	Planificación de procesos y operaciones.....	71
4.6.1.	Introducción.....	71
4.6.2.	Hojas de ruta	72
4.6.3.	Definición de características de inyección para Panel estructural	80
4.6.4.	Resultados de análisis del proceso de fabricación.....	81
4.7.	Análisis de Resistencia Mecánica.....	89
4.7.1.	Introducción.....	89
4.7.2.	Datos comunes de los análisis.....	90
4.7.3.	Análisis Resistencia al propio peso del producto.....	93
4.7.4.	Resistencia al peso de un niño	98
4.7.5.	Momento torsor.....	106
4.7.6.	Resistencia del producto ante imprevistos	113
4.8.	Estudio de Optimización	119
4.8.1.	Configuración del Estudio de optimización.....	119
4.8.2.	Resultados del análisis de optimización	121
4.8.3.	Conclusión.....	123
4.9.	Propuesta de imagen de marca	124
4.9.1.	Logotipo	124
4.9.2.	Selección de colores.....	125
4.9.3.	Proporciones	125
4.9.4.	Márgenes de respeto	126
4.9.5.	Tamaño mínimo	126
4.9.6.	Versiones monocromáticas.....	127
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	128
5.1.	Presupuesto.....	128

5.1.1.	Introducción.....	128
5.2.	Viabilidad económica	134
6.	PLIEGO DE CONDICIONES	137
6.1.	Introducción.....	137
6.1.1.	Especificaciones de los materiales y elementos constitutivos	137
5.1.2.	Aspectos relativos a la fase de materialización	140
5.1.3.	Aspectos relativos a la fase de funcionamiento	143
7.	PLANOS.....	144
7.1.	Documento Planos	144
7.2.	Justificación de tolerancias	145
7.	148
8.	CONCLUSIONES.....	148
9.	ANEXOS.....	150
9.1.	Comparativa económica entre Proceso inyección y Termo conformado	151
9.2.	Cálculo del coste de utillaje.....	155
9.2.1.	Tablas comunes	156
9.2.2.	Coste del molde para Panel Estructural	159
9.2.3.	Coste del molde para Presas	160
9.3.	Complemento Análisis de Resistencia.....	161
9.3.1.	Presa tipo I.....	161
9.3.2.	Presa tipo II.....	165
9.3.3.	Presa tipo O.....	169
9.4.	Información de fabricante Taco químico.....	173
9.5.	Caracterización ABS/PC.....	174
9.6.	Caracterización ABS/PVC	175
9.7.	Caracterización Moldeo por inyección de plástico.....	176
	Índice de figuras	177
	Índice de tablas	181

Referencias.....183

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En los últimos años se pueden observar cambios en las metodologías de trabajo en las escuelas infantiles que también afectan inherentemente a los materiales y elementos utilizados en las aulas. Aunque el concepto no es nuevo, en la actualidad está cobrando especial importancia la *Metodología Activa*, que consiste en centrar la enseñanza en el estudiante de forma constructiva —no receptiva— y autodirigida. El trabajo es libre con unos límites en función de su edad y desarrollo. En contraposición están las tradicionales metodologías pasivas, que consideran al estudiante un objeto receptivo, como *caja vacía* en la que el profesor debe incorporar todos los conocimientos.

El cambio se ve reflejado en el incremento de escuelas con dichas metodologías, como por ejemplo las escuelas Montessori, que ya cuentan con aproximadamente 150.000 centros (Ávila, 2017). Además, empiezan a hacerse hueco en el sistema educativo público, como es el caso del *CEIP Clara Campoamor*, en Sevilla (Sánchez Martínez, 2017) o el *CEIP Rosa del Vents*, en Mallorca (Ávila, 2017).



Figura 1 CEIP Rosa del Vents (Ávila, 2017)

Entonces, cabe preguntarse cómo son estas aulas y qué las diferencian con las tradicionales. Las aulas están tendiendo a dividirse en espacios para trabajos en grupo y áreas donde los estudiantes puedan trabajar individualmente. Suelen ser habitaciones espaciosas y abiertas.

El mobiliario difiere del de las aulas convencionales, que está formado principalmente por mesas cuadradas dispuestas en filas. En las aulas donde se imparten metodologías activas es característico el uso de alfombras para delimitar los espacios de trabajo y agrupaciones de mesas con ítems que los alumnos puedan manipular e investigar.

Cada clase está configurada para las necesidades de sus estudiantes. En el caso de infantil, las sillas y mesas son bajas e incluso se puede encontrar cojines para suelo para facilitar la libertad de movimiento y el desarrollo de habilidades motoras.

Todo ello permite que los niños trabajen de forma libre y autónoma, con la intervención del profesor como guía para construir un conocimiento propio de forma responsable.

Como se puede observar, estos espacios son cada vez más dinámicos y en ellos se pretende, además de desarrollar habilidades lingüísticas, lectura, escritura y matemáticas, otras como las sensoriales. Por un lado, se llevan a cabo ejercicios que educan los sentidos de los niños. Esto tiene un propósito, y es que aprendan del entorno mediante la experimentación. Por otro lado, se fomentan otras como la concentración, la independencia y el orden (Rodríguez Lázaro, 2016).

1.2. Justificación

Como se puede observar en el apartado anterior, el paradigma escolar está cambiando y se buscan nuevos enfoques. Además, existe una creciente preocupación por las necesidades de los niños en las aulas debido a que es donde pasan gran parte del tiempo. El avance en el conocimiento en diversos campos, como la psicología o la ergonomía, permite ofrecer un servicio mejor adaptado y las oportunidades para alcanzar un mejor desarrollo.

En los últimos años se han llevado a cabo diversos estudios que relacionan el desarrollo de la psicomotricidad mediante el incremento de la actividad física, con una mejor concentración y desempeño académico. Posteriormente se mencionarán algunos ejemplos.

En primer lugar, la definición más inmediata de *psicomotricidad* según la RAE¹ es: *Conjunto de técnicas que estimulan la coordinación de las funciones motrices y psíquicas*. Con estas técnicas, se pretenden desarrollar los aspectos motores y cognitivos de los niños mediante la experimentación con su entorno. Las necesidades de los niños en el ámbito psicomotriz, que son las que atañen al presente proyecto, se subdividen en:

- Coordinación de movimientos
- Equilibrio
- Manipulación
- Consciencia del propio cuerpo
- Autonomía motriz
- Experimentación con objetos y materiales diversos

(García Rodríguez, 1995)

La bibliografía que hace referencia a los efectos del entrenamiento físico y el rendimiento académico es muy extensa. Por ejemplo (Correa Bautista, 2016), hace mención a numerosos estudios observacionales y experimentales. Entre ellos, se encuentra un estudio reciente realizado a 395 niños en escuelas de Maule, en Chile, con el fin de evaluar su rendimiento académico. Tuvieron en cuenta la actividad física y el tiempo en

¹ RAE: Real academia española.

pantalla, que se evaluó mediante autorreporte. Llegaron a la conclusión de que una mejor condición física se asociaba con una buena media académica general.

También menciona otro estudio similar, siendo esta vez 277 estudiantes de distintas escuelas finlandesas. En este caso monitorizaron de forma objetiva, mediante acelerómetros, el tiempo sedentario y actividad física que realizaron durante siete días. Los resultados obtenidos mostraron un rendimiento académico mayor en los alumnos que realizaban una mayor actividad física. Los datos fueron ajustados por sexo, dificultad de aprendizaje y cantidad de sueño, según se describe en (Correa Bautista, 2016).

Por tanto, la escuela es un lugar idóneo para propiciar la actividad física, no solo mediante las horas asignadas a Educación física, sino también mediante otros mecanismos como favorecer la reducción de horas seguidas que pasan sentados, incentivar pequeños descansos en las continuas actividades pasivas o juegos informatizados. Desconectar cada cierto tiempo es uno de los consejos más extendidos en técnicas de estudio ya que está demostrado que no se puede mantener la atención en algo durante más de una hora en una misma tarea.

Esto es especialmente relevante en la infancia, ya que es una etapa por lo general más activa en comparación con las personas adultas, y puede llegar a ser complicado realizar tareas que requieran gran concentración. Para niños con edades comprendidas entre los 3 y 6 años se observa un período de concentración de diez a 25 minutos. (Castillero Mimenza, 2019). En estos casos, se recomienda la estimulación mediante tareas sugerentes y en la medida de lo posible, que el niño no sienta una obligación a realizar ese ejercicio de concentración.

Otros estudios incluso mencionan la relación entre los efectos de la actividad física en los síntomas de TDAH², siendo beneficiosa, como evidencia (Gapin, Labban, & Etnier, 2011) en su revisión de estudios que examinan los efectos de la actividad física en el comportamiento en casos de TDAH.

² TDAH: Trastorno por déficit de atención.

1.3. Objetivos

Visto el contexto de los nuevos retos a los que se enfrentan las aulas actuales y del futuro, y los estudios que evidencian la relación entre buena capacidad cognitiva y actividad física, el objetivo principal que se persigue con el presente proyecto es el de introducir el *movimiento* en las aulas escolares, en concreto para las de segundo ciclo de educación infantil.

Si bien es cierto que dentro de la programación escolar se proporcionan horas específicas para realizar actividad física, estas se encuentran esparcidas en los días de la semana. Esto da lugar, por un lado, a días en los que el alumno pasa horas seguidas en la misma aula; por otro lado, el diseño de las aulas actuales es homogéneo y basado en la posición fija de los alumnos en sillas y mesas. Esto es necesario para facilitar el desempeño docente, pero por ello también se ve necesario implementar elementos dentro del aula que disminuyan el sedentarismo, sin que interrumpan en exceso las clases.

Se busca una solución, como pueda ser un elemento, que permita al niño el movimiento del cuerpo por períodos cortos de tiempo, de diez minutos. También, que pueda acceder a él por voluntad propia sin requerir intervención de un adulto –aunque siempre éste tendrá que vigilar sus acciones por seguridad.

Además, que sea un producto que pueda experimentarse a través de varios sentidos, no solo la vista sino también el tacto, por ejemplo, para que sea más atractivo para quienes lo usan porque activa la percepción de más partes de su cuerpo, muy importante en la época infantil. O incluso, sirviendo de refuerzo en caso de que la persona que lo use tenga dificultades de visión.

En el aspecto técnico, se busca que sea un producto capaz de fabricarse industrialmente para aprovechar las ventajas que ofrece este método, como son: llegar a un mayor público, rapidez en la obtención del producto final, capacidad de fabricarse numerosas veces con mayor garantía de obtener la misma calidad en toda la serie, entre otras.

El BOE, mediante el Real Decreto 132/2010, de 12 de febrero, por el que se establecen *los requisitos mínimos de los centros que impartan las enseñanzas del segundo ciclo de la educación infantil, la educación primaria y la educación secundaria*, define las instalaciones que deben ofrecer este tipo de centros. Son las siguientes:

“a) Un aula por cada unidad con una superficie adecuada al número de puestos escolares autorizados y en todo caso, con un *mínimo de 2 metros cuadrados por puesto escolar*.

b) Una *sala polivalente de 30 metros cuadrados*.

c) Un *patio de juegos*, de uso exclusivo del centro, con una superficie adecuada al número de puestos escolares autorizados y nunca inferior a 150 metros cuadrados para cada seis unidades o fracción, con horario de utilización diferenciado en el caso de que se escolaricen alumnos de otras etapas educativas.”

BOE-A-2010-4132

Con este proyecto, se pretende aportar una solución válida para los tres tipos de instalaciones descritas anteriormente para ampliar las posibilidades de utilización, aunque priorizando el uso en el aula.

También es deseable que el elemento satisfaga los criterios conceptuales que debe cumplir el mobiliario definido en la *Guía para proyectar y construir escuelas infantiles* de la FEMP³ en conjunto con el MEC⁴, que son, por ejemplo: funcionalidad en las formas, que potencien el descubrimiento; formas ergonómicas y medidas antropométricas adecuadas; calidad en los materiales... (Arnaiz Sancho, de Basterrechea Meunier, & Salvador Carreño, 2011) Se detallarán en forma de requisitos en el siguiente apartado.

Como conclusión, la aportación de este TFM es plantear un elemento para un aula, de libre acceso por el escolar, con el que se ejercite su motricidad gruesa en períodos cortos de tiempo, que su uso no quede limitado al campo de visión y que se pueda fabricar por métodos industriales.

³ FEMP: Federación española de municipios y provincias

⁴ MEC: Ministerio de Educación y Ciencia



2. ANÁLISIS DEL PRODUCTO

2.1. Introducción

A modo de introducción, las actividades que se pueden llevar a cabo para potenciar la motricidad gruesa son las que tienen que ver con el torso, los brazos y/o las piernas. Mientras que la motricidad fina engloba los movimientos precisos con las manos, como atrapar objetos, escribir, etc. la motricidad gruesa tiene que ver con andar o correr, mantener una posición concreta, y también la coordinación mano-ojo.

Generalmente, se desarrollan siguiendo un orden, del cuello hacia abajo y del torso a las extremidades. Entre los dos y cuatro años tienen habilidades complejas más allá de correr y subir/bajar escaleras ayudándose de las manos y apoyando los dos pies en cada escalón. Muchos a esas edades ya pueden trepar árboles y jugar con pelotas usando pies y manos. Entre los cuatro y seis, han adquirido la mayoría de las habilidades motoras gruesas y muestran indicios de autoconciencia sobre los movimientos que realizan, lo que les permite mejorar y tener interés por realizar otras diferentes (Rodríguez Puerta, 2019).

Por tanto, algunas actividades que se pueden llevar a cabo son las siguientes:

- Columpiarse: requiere coordinación entre brazos y pies para conseguir el movimiento.
- Andar con unos zancos: controlar el movimiento del pie mediante el de las manos, además de mantener el equilibrio a cierta altura.
- Comba: coordinación para saltar a la vez que se controla la velocidad a la que gira la cuerda.
- Trepar: control corporal y precisión en los movimientos.
- Reptar: desarrollo de la musculatura en general.

A continuación, en el apartado 2.2 Estudio de mercado y 2.3 Estudio de patentes, se desarrollan las distintas soluciones ya existentes encontradas que satisfacen las funciones descritas. En el apartado 2.4 Conclusiones, se analizan en mayor profundidad en relación con la temática del proyecto para extraer oportunidades de diseño.

2.2. Estudio de mercado

Una vez detectadas distintas funciones, se realiza una búsqueda de las soluciones que ya existen en el mercado que puedan satisfacerlas de alguna manera.



Figura 2 Soluciones ya existentes agrupadas

Tabla 1 Información general sobre las principales soluciones existentes en el mercado

Producto	Fabricante	Material	Dimensiones	Precio
G1. Blockmodule kit 3 - 288 Wesco	Wesco	Espuma de alta densidad cubierta de tela vinílica.	1,4 m x 1,2 m en planta.	1004,93 € (\$1150,09)
G2. Recorrido motriz	Eneso	Plástico homologado por la unión europea bajo	Variable. Cada pieza tiene unas dimensiones aproximadas de	683,65 €

		la normativa EN-72.	110 x 50 cm en planta.	
G3. "Gus" Climb-n-Crawl Caterpillar ELR-035	Feber	Plástico resistente.	Diámetro de entrada y salida de 50 cm y 210 cm de longitud.	421,74 € (\$482,67)
G4. Muro de escalada para niños	Escalada Chile	Plástico de alta resistencia y pilares metálicos.	390 x 230 x 40 cm	1,389€
G5. Islas de equilibrio	SPeCIAL TOYS	PVC.	Diámetro de la base: 13,5cm. Altura: 7cm.	33,79€

Tabla 2 Características en detalle sobre las principales soluciones existentes en el mercado

Producto	Características
G1. Blockmodule kit 3 - 288 Wesco	<ul style="list-style-type: none"> – Módulos ligeros fáciles de transportar y ensamblar. Se pueden desmontar para guardarlos. Los niños pueden realizar distintas actividades con ellos como arrastrarse, trepar o saltar. – En las imágenes del producto no queda claro la forma de unión, si es que existe, entre los distintos módulos, pudiendo causar desplazamientos de estos y por consiguiente caídas del niño.
G2. Recorrido motriz	<ul style="list-style-type: none"> – Recorrido motriz de 7 piezas de plástico que ofrecen múltiples combinaciones que les ayudará a desarrollar las habilidades motoras, tomar decisiones y coger confianza en sí mismos.

	<ul style="list-style-type: none"> - Cada pieza tiene una superficie diferente: líneas, puntos, círculos, olas, cuadros, etc. lo que permite la realización de ejercicios de reconocimiento táctil. - Según comenta la página anunciante, a diferencia del anterior, los módulos sí cuentan con un sistema de unión que evita el desplazamiento de las mismas.
G3. "Gus" Climb-n-Crawl Caterpillar ELR-035	<ul style="list-style-type: none"> - Túnel de reptación y trepado con forma de gusano, diseñado especialmente para exterior debido a sus dimensiones. - El producto se apoya en el suelo sin anclar de forma fija. - Edad recomendada a partir de tres años.
G4. Muro de escalada para niños	<ul style="list-style-type: none"> - Su uso está limitado a exterior por sus grandes dimensiones y que el método de anclaje sea al suelo. - Para la instalación habría que anclar el producto al suelo e instalar las 48 presas.
G5. Islas de equilibrio	<ul style="list-style-type: none"> - Estas cúpulas de PVC con aire se vuelven planas cuando se pisan o se empujan ya que liberan el aire que tienen dentro. - La piedra recupera instantáneamente su forma completa cuando se levanta el pie o la mano. - Los diferentes colores y números son útiles para las actividades cognitivas.

A continuación, se muestran otros productos que podrían estar dentro de las mismas categorías mencionadas, realizados en diferentes materiales y también con distintos precios.



Figura 3 Otras alternativas dentro de las mismas categorías

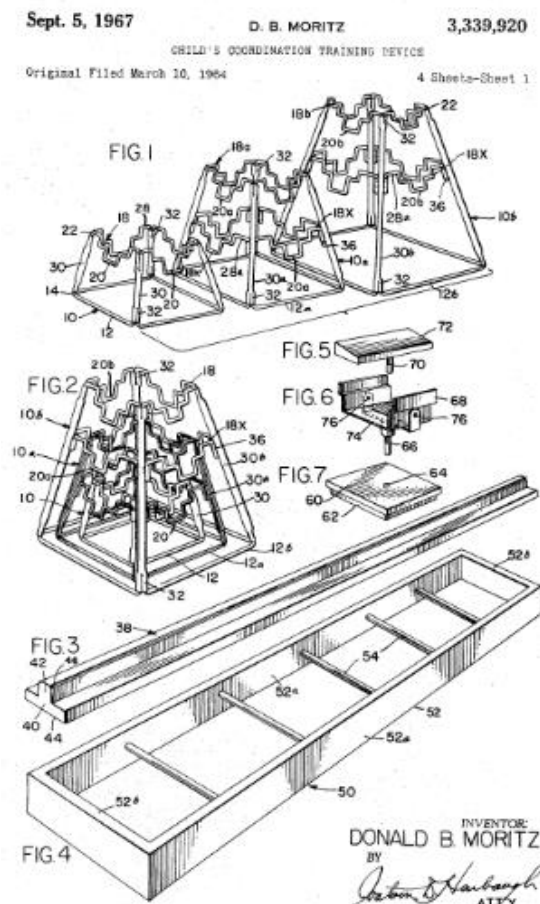
Tabla 3 Características resto de alternativas

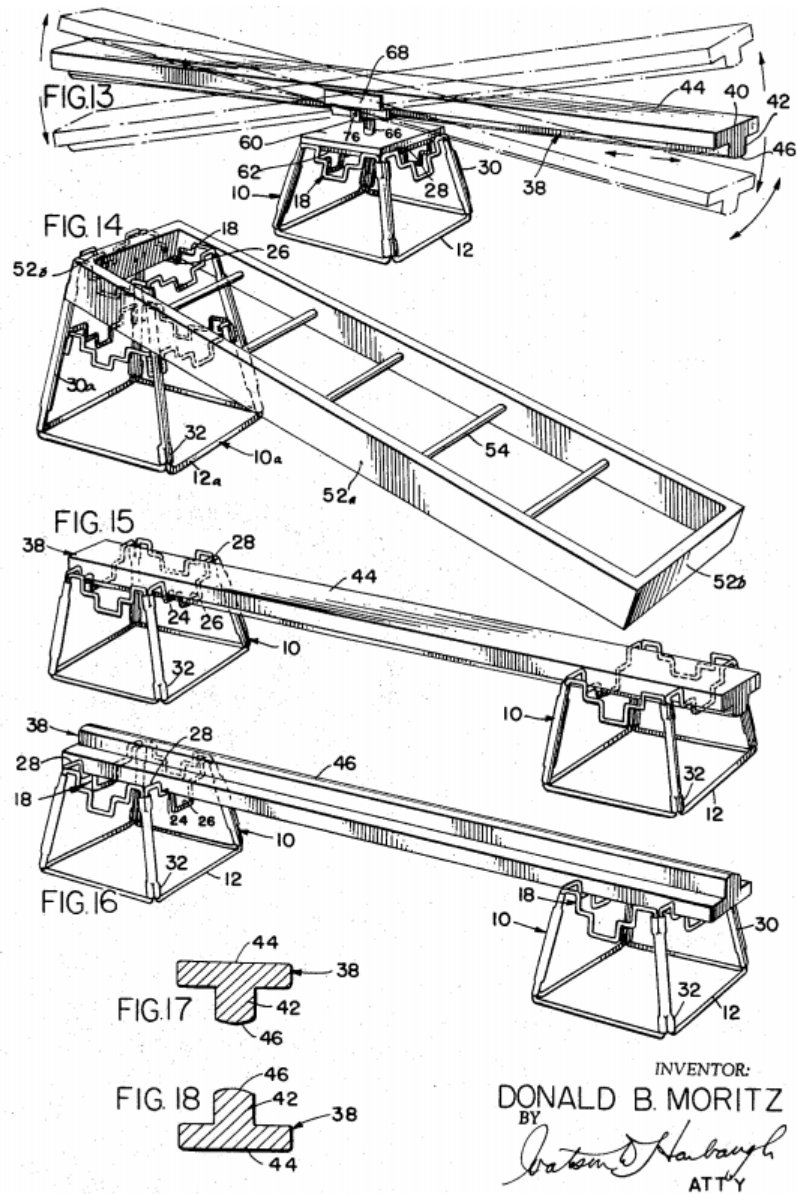
Producto	Fabricante	Material	Dimensiones	Precio
G3.1. Pasadizo de tela	Eneso	Tela	48cm de diámetro y 1,8m de largo	24,25€
G3.2. Pasadizo de espuma	Dalter	Espuma de poliuretano de 20 kg/m3	60 cm largo x 50 cm alto x 60 cm ancho	143,99€
G4.1. Caseta infantil	Indalchess	Madera y otros	En planta: 2400 x 940cm	2999€
G4.2. Muro de escalada exterior	Zhejiang Mich Playground Co., Ltd	LLDPE y tubos de acero inoxidable	230 x 180 cm	342€
G5.1. Balancín	Sport Garrido	Plástico y metal	76 x 18 cm	84,58€
G5.2. Plataforma de equilibrio	Sport Garrido	Madera	Base 30x30 cm	56,56€

2.3. Estudio de patentes

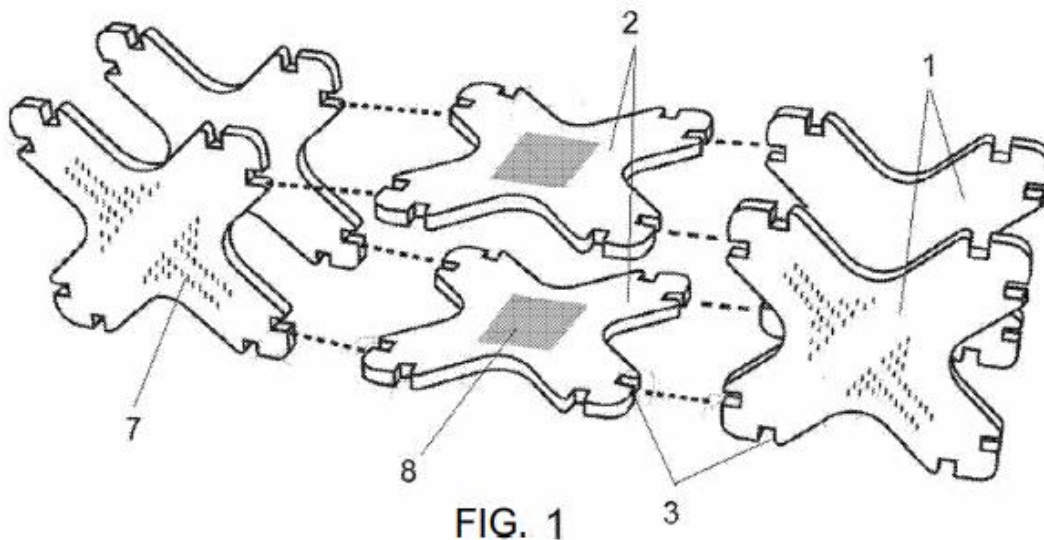
a. *Child's coordination training device*

«In the present invention devices are provided which not only reveal physical objects and shapes perceived as a matter of interest by preschool children, but devices which also demonstrate how physical shapes become meaningful as being indicative of their usefulness to perform particular tasks. Whether it be the state sturdiness of a wide bottom stand, the stability of a three point or four point support that is adjustable for irregularities on supporting surfaces, or merely objects in motion, visual and tactual learning are advanced by observation and participation. To take a part in setting up a device and see it accomplished so that it can be put to useful work in a tactual, physical Way, as controlled by coordinated motor responses of the child himself, brings sharp attention and a finality of perception that is followed by improved and more confident motor action for other learning tasks yet to come.»





Moritz, D. B. (1967). *U.S. Patent No. 3,339,920*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

b. *Dispositivo educativo paramétrico modular*

«Comprende una pluralidad de primeros módulos (1) y segundos módulos (2), acoplables físicamente entre sí. Cada módulo (1,2) comprende a su vez un cuerpo laminar (6) con bordes perimetrales redondeados, y unas uniones machihembradas (3) para acoplamiento físico con el módulo correspondiente. Cada uno de los primeros módulos (1) incorpora unos primeros conectores (4) eléctricos, unos elementos de iluminación (7), y un primer circuito eléctrico para conexión de los elementos de iluminación (7) con los primeros conectores (4). Cada uno de los segundos módulos (2) incorpora un panel solar (8) fotovoltaico para captación de radiación solar y generación de energía eléctrica, unos segundos conectores (5) eléctricos, confrontables a los primeros conectores (4) para transmisión de la energía eléctrica a los elementos de iluminación (7), y un segundo circuito eléctrico para conexión del panel solar (8) con los segundos conectores (5) eléctricos.»

(Patente nº WO 2018/167753 A2, 2018)

Burneo Valdivieso, X. E. (2018). *Patente nº WO 2018/167753 A2*

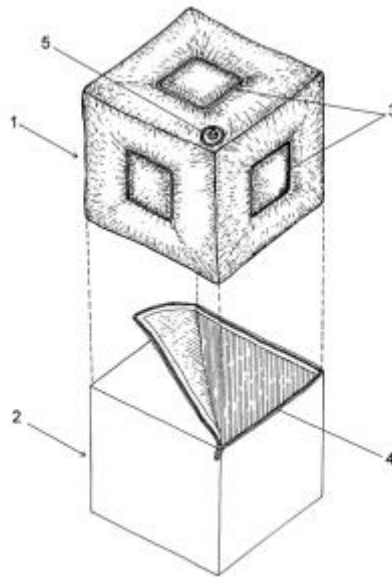
c. *Juguete hinchable para el desarrollo de la psicomotricidad infantil*

Fig. 1

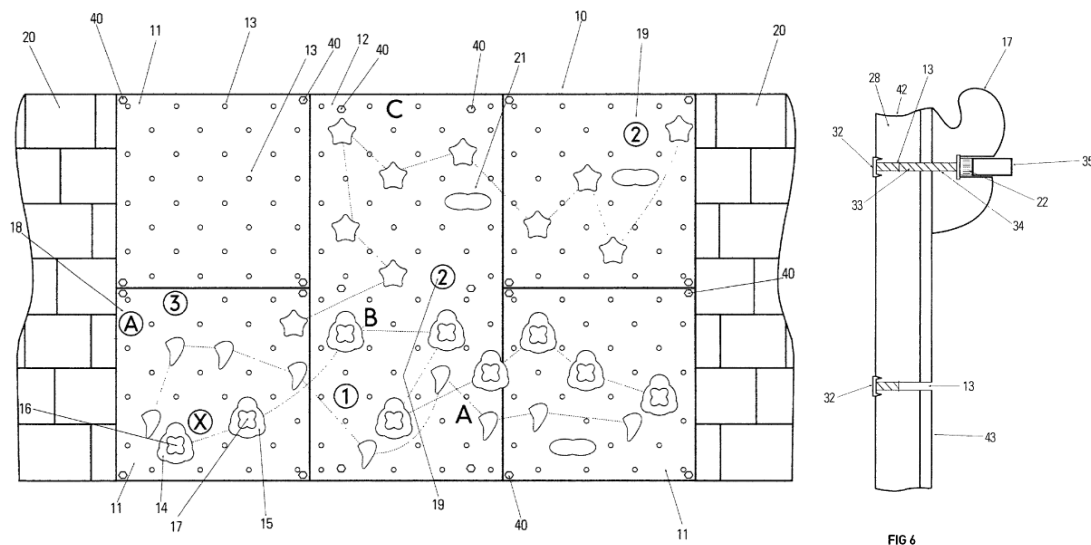
«Juguete hinchable para el desarrollo de la psicomotricidad infantil, de configuración cúbica que está formado por dos cuerpos independientes que son un elemento interior hinchable (1) de material plástico o similar y una funda exterior (2) de material textil que envuelve al elemento interior hinchable (1), en donde el elemento interior hinchable (1) presenta en la zona central de cada una de sus caras unas líneas nervadas (3), a modo de refuerzos, para obtener unas caras con una superficie plana.»

(España Patente nº 2 366 244, 2012)

Ramirez León, J., Miguel, R. L., & Ramirez León, R. (2012). *España Patente nº 2 366 244*

d. *Climbing wall assembly*

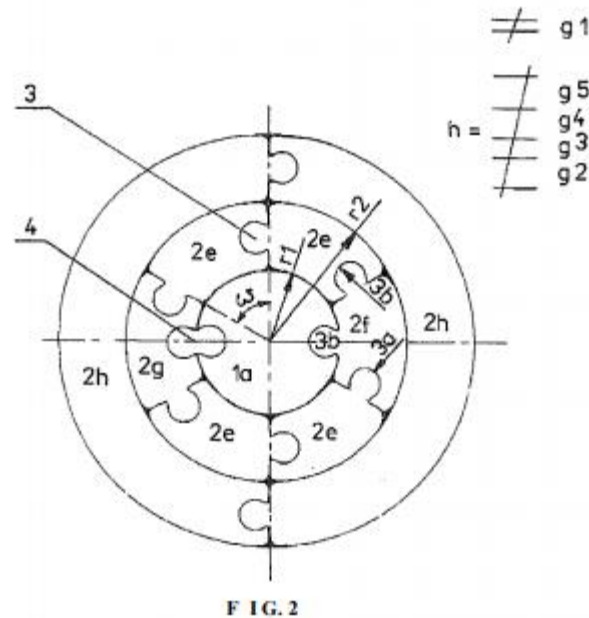
«A climbing wall assembly for educational and recreational purposes. The climbing wall assembly has a plurality of adjacent wall panels, each having an exterior surface adapted for educational purposes and having a plurality of apertures for mounting hand hold structures. A plurality of climbing paths are thereby available for the assembly. Markable metallic and magnetic wall panel surfaces are further provided whereby climbing paths may be marked and removable magnetic and metallic educational elements may be utilized by the climbers».



(Washington DC Patente nº 7 056 266, 2006)

Sudeith, T. S. (2006). *U.S. Patent No. 7,056,266*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

e. *Rehabilitation sensory puzzle set, especially for children with psychomotor disorders*



«The set consists of smaller elements which complement one another in shape like jigsaw puzzle pieces in such a way that, being interconnected by circular dovetail type connectors situated on the edges, they fill up a larger area of a circular geometric figure. It consists of a central element (1,1a) and many concentric ring-shaped sectors (2 a, 2b, 2h) which, selected according to the radii (r_1 , r_2) and the central angle (α) are interconnected by dovetails (3) on radially oriented edges, forming at least two ring-shaped fields including the central element (1,1a).»

(Internacional Patente nº WO 2017/105264 AI, 2017)

Bujak, E. (2017). *Internacional Patente nº WO 2017/105264 AI.*

2.4. Conclusiones

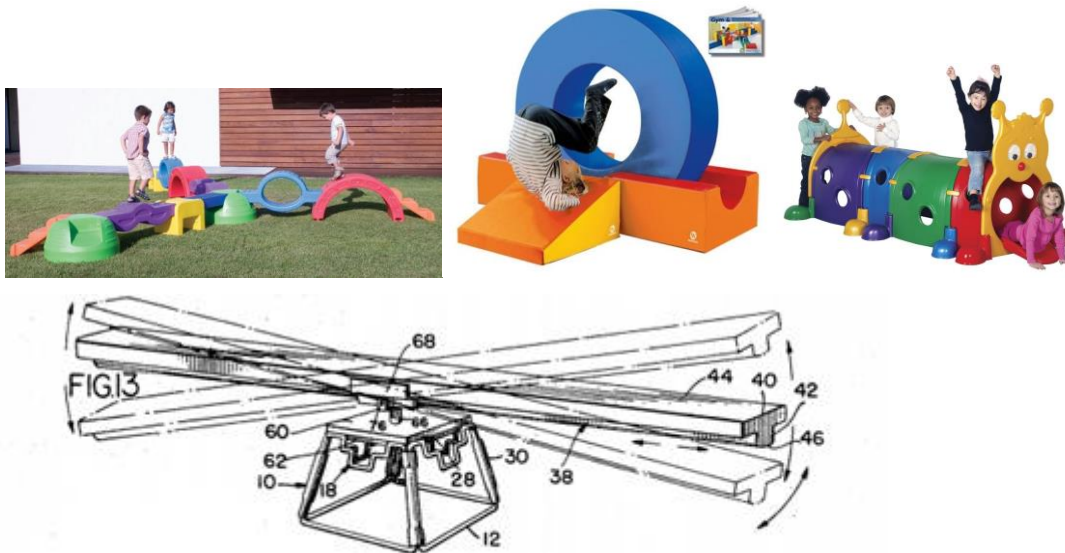
Se ha realizado este estudio con la finalidad de detectar oportunidades en el mercado, mediante inconsistencias visuales. Las cuestiones que se pretenden responder con este son cómo se resuelve la funcionalidad deseada.

- ¿El diseño se ajusta a la funcionalidad o está sobredimensionado, existen soluciones más simples que realizan la misma función?
- ¿Existe alguna oportunidad que incentive su adquisición?
- ¿El producto puede tener algún problema de seguridad en su uso?
- El producto fomenta su uso de alguna manera, ¿plantea algún reto o es interactivo?
- ¿Se pueden utilizar varios con sentidos, por ejemplo, no solo la vista sino también el tacto?
- Respecto al método de fabricación, ¿se trata de un producto industrializado?

Dependiendo del producto puede surgir alguna otra pregunta más específica ya que existen múltiples formas en las que se puede entrenar la motricidad gruesa. Por ello, en este proyecto se han agrupado por forma y función.

Para llevarlo a cabo, se ha buscado en catálogos disponibles de multitud de tiendas a nivel global, productos específicos para el desarrollo de la motricidad gruesa. Las conclusiones a las que se ha llegado se describen a continuación.

1. Las composiciones de distintos módulos que permiten reptar y trepar por ellas son comunes. La modularidad permite ajustar el producto a las necesidades de los usuarios a nivel de utilidad, economía o requerimientos de cada espacio por tamaño. Mientras que en algunas de ellas es evidente el uso de sistemas de unión, en otras no lo es tanto, dudando incluso de que exista, como es el caso de Blockmodule kit 3 de Wesco.



Este tipo de productos no son interactivos, es decir, el producto no da una respuesta ante una interacción del usuario con él. Consiguen captar la atención de los niños de una forma convencional, mediante formas que se asemejan a animales y colores llamativos.

2. En el caso de los productos específicos para trepar. Estos fomentan el descubrimiento, la motricidad gruesa, moverse de una forma distinta a la habitual. De estos productos destaca la gran superficie que ocupan, ello también limita los espacios donde pueden incluirse ya que tienen que ser amplios como patios o gimnasios.

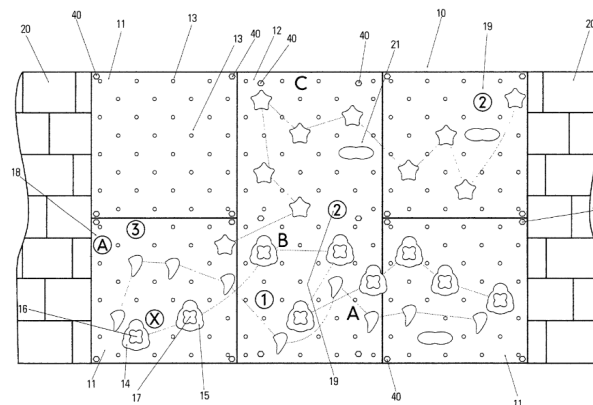
Por otro lado, también destaca la complejidad de la instalación. Son productos muy artesanales, como la Caseta infantil, en los que en muchos casos es el cliente el que ha de pensar y fabricar el elemento donde se colocarán las presas e instalarlas una a una.

Se observa una gran variabilidad en el precio de estos. Dependiendo de los materiales y formas que tengan se pueden ir desde los 2999€, de la caseta infantil de Indalchess a los 342€ de Mich Playground, aunque el precio normal encontrado suele estar en torno a los 1500€. Son productos que están ganando notoriedad, cada vez son más los elementos de este estilo que se instalan, crecen los grupos de diseño de interiores que los incluyen en fachadas como se ha apreciado en el análisis de mercado. En esos casos la instalación es mucho más económica pero cuando se adquieren las presas, no se adquiere el producto acabado, sino que hay que instalarlo en alguna superficie o elemento. Además

de que las posiciones de las presas se colocarían de forma aleatoria, sin estudios antropométricos detrás.



Además, en la búsqueda de patentes se ha detectado una inconsistencia que podría ser un problema de seguridad en uno de los productos, que es el mostrado en la siguiente imagen.



En este caso, se tratan de paredes imantadas a las que se pueden acoplar elementos mediante unión magnética. Esto puede llegar a confundir al usuario y causar caídas por apoyar el peso en estos elementos, ya que los imanes permiten el desplazamiento paralelo entre sus superficies.

3. Los elementos de equilibrio como las islas, zancos o balanceadores siguen la misma estrategia de los primeros para llamar la atención, mediante colores llamativos. Son elementos muy prácticos y a la vez, la forma está reducida a lo más simple. En muchos casos se resuelve con media esfera para generar un desequilibrio y que el niño tenga que reorientar el cuerpo para mantener la estabilidad. En ese sentido es difícil aportar una solución nueva, creativa y práctica. Además, su función se puede resolver también mediante el reciclado de otros productos, como pueden ser los de packaging. Este es un movimiento que también está ganando terreno en la actualidad. Por otro lado, se detecta una

inconsistencia de seguridad en algunos de estos productos: las asas que sobresalen pueden causar lesiones si el niño cae encima de ellas.



2.4.1. Oportunidades detectadas

Por tanto, las oportunidades detectadas se pueden resumir en los siguientes puntos.

1. Introducción del movimiento en las aulas infantiles, propiciada por la definición de nuevas metodologías educativas y por otro lado por los pocos o nulos elementos que fomentan la actividad física dentro del aula. En el caso de aulas polivalentes o gimnasios sí que hay elementos para el desarrollo de la psicomotricidad. Sin embargo, en las aulas de educación infantil no, como se puede ver en la que se muestra un ejemplo de aula infantil de 3 a 6 años, según la normativa de la Consejería de Educación y Ciencia.

AULA EDUCACIÓN INFANTIL 3-6 AÑOS 50.00 m²

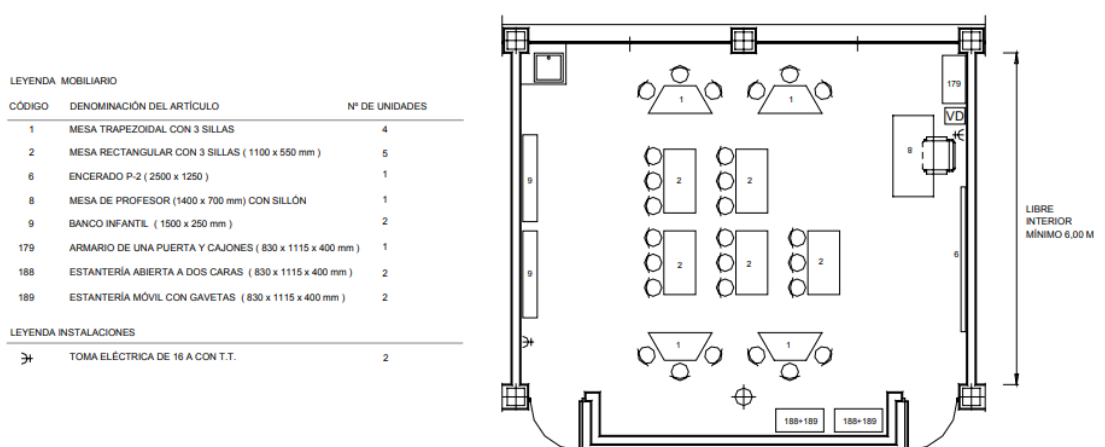


Figura 4 Aula infantil de 3 a 6 años (Consejería de Educación y Ciencia, 2003)



Figura 5 Aula escuela infantil Chiquilines en Zaragoza

En la Figura 5 se ve como dentro de un aula real, se llevan a cabo actividades para desarrollo de la motricidad fina y de concentración, sin embargo, la psicomotricidad gruesa, no se contempla.

2. A diferencia de los elementos de los gimnasios, el que se busca con este proyecto debe permitir un uso de pocos minutos, ya que la finalidad no es realizar una sesión continua de ejercicio, sino que el ejercicio sirva para despejarse a la vez que desarrolle la psicomotricidad gruesa, por las múltiples ventajas a nivel de concentración y aprendizaje mencionadas previamente en Antecedentes.
3. Se busca un elemento que pueda experimentarse a través de varios sentidos por varias razones. En primer lugar, para que el niño pueda desarrollar soluciones más creativas y, en segundo lugar, para aportar confianza en su uso en aquellos niños que puedan tener algún problema de visión, por ejemplo. A diferencia de los actuales en los que prima el uso de la vista, el tacto también cobrará importancia.
4. Fabricación industrial/artesanal. La poca automatización en la fabricación de algunos productos de este sector hace plantearse desde una perspectiva del diseño industrial si el nivel de desarrollo tecnológico permite la simplificación de los procesos. Es el caso de las paredes escalables, que actualmente son casi un ejercicio de artesanía en el que el usuario va en busca del tablón de grandes dimensiones, que luego perforará y al cual tendrá que insertar las presas que, a su vez, se obtienen de forma artesanal.
5. Incorporación de la gamificación en las aulas infantiles. «La Gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito

educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados, ya sea para absorber mejor algunos conocimientos, mejorar alguna habilidad, o bien recompensar acciones concretas, entre otros muchos objetivos.» (Gaitán, 2019). En este caso, incorporando un sistema que permita la interacción entre el niño y el producto, como pueda ser mediante leds y un controlador, que indique rutas o retos con el fin de mejorar las habilidades motoras del alumno. Los productos encontrados carecían de este recurso.



3. DISEÑO CONCEPTUAL

3.1. Requisitos y especificaciones de diseño

Partiendo de las carencias detectadas y las inconsistencias visuales del análisis de mercado, reglamentos vigentes, guías de proyección, se listan los requisitos y especificaciones que debe cumplir el actual proyecto.

Estos se dividen en dos grupos, los que son restricciones y los que son optimizables. Las restricciones son condición *sine qua non* para tener en cuenta el concepto, es decir, si no se cumple alguna de ellas, el concepto no se tendrá en cuenta en los siguientes pasos de la selección. Las optimizables facilitarán la selección del concepto que mejor se adecúa, es decir, la mejor alternativa.

Restricciones

1. Formas ergonómicas y medidas antropométricas para niños y niñas de edad entre 3 y 6 años.
2. Seguro para los niños. A una distancia desde el suelo hasta 1,20 m no deberán existir:
 - 2.1. Salientes puntiagudos
 - 2.2. Enchufes
 - 2.3. Espejos o cristales que no sean de seguridad
3. Los cantos deben ser romos o canteados.
4. Las dimensiones máximas que puede ocupar en el suelo son las equivalentes a dos puestos escolares, es decir, 4 m².
5. La altura total máxima que puede ocupar el producto es de 2,2 m.

Optimizables

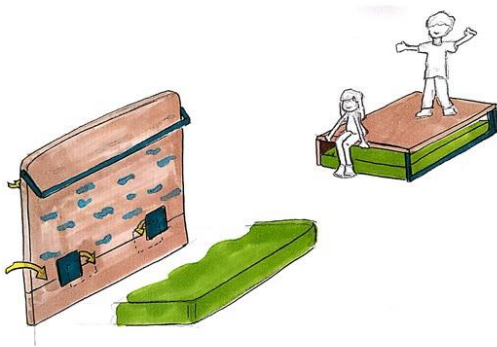
6. Se favorece la durabilidad del producto, mediante posibilidad de reparación o recambio.
 - 6.1. Criterio: Cuantas más piezas puedan repararse o sustituirse, mejor.
 - 6.2. Unidad: porcentaje de piezas con recambio.
7. El producto cubre de forma óptima el espacio para su uso. Por ejemplo, siendo modular o dispone de un sistema de ampliación–retracción que lo minimiza cuando no se esté usando.
 - 7.1. Criterio: Cuantos más mecanismos tenga para guardar/ocultar el producto, mejor.
 - 7.2. Unidad: número de mecanismos para guardar/ocultar el producto.
8. El producto cuenta con la menor cantidad de elementos móviles –como piezas abatibles, deslizantes, ...– que son más propensas a romper o requerir mantenimiento.
 - 8.1. Criterio: Cuantos menos mecanismos para realizar la función tenga, mejor.
 - 8.2. Unidad: nº mecanismos.
9. El producto se limpia con facilidad, invirtiendo el menor tiempo posible. Esto depende de la superficie que ocupa y lo intrincado del diseño.
 - 9.1. Criterio: Cuanto menor tiempo se invierta en la limpieza, mejor.
 - 9.2. Unidad: tiempo en minutos.
10. El producto puede usarse en uno, dos y/o los tres tipos de habitáculos definidos que pueden formar parte de una escuela.
 - 10.1. Criterio: En cuantos más habitáculos pueda instalarse, mejor.
 - 10.2. Unidad: número de estancias.
11. Uno de los incentivos del producto es que se instale con facilidad para expandir su uso.
 - 11.1. Criterio: Que el producto final se monte en el menor número de pasos posible.
 - 11.2. Unidad: 4 gran número de operaciones, 3 moderado, 2 reducido, 1 ninguna operación.
12. Que el producto tenga algún sistema que potencie su uso o sea interactivo de alguna manera.
 - 12.1. Criterio: Cuantos más elementos interactivos tenga, mejor.
 - 12.2. Unidad: número de elementos.
13. El producto cuenta con algún sistema para mejorar la usabilidad, por ejemplo, que puedan usarse con distintos sentidos, para localizar algún elemento que pueda realizarse no solo de forma visual, sino también a través del tacto.
 - 13.1. Criterio: Cuantos más sentidos puedan intervenir para su uso, mejor.
 - 13.2. Unidad: número de elementos.

3.2. Propuesta conceptual de soluciones

A continuación, se presentan las distintas alternativas que se plantean para dar solución a los objetivos de partida. Van acompañadas de una breve descripción que permitirá valorar posteriormente cuál de ellas cumple los requisitos y es mejor solución para los objetivos optimizables.

Alternativa 1 – Elemento multifuncional teatro/escalable

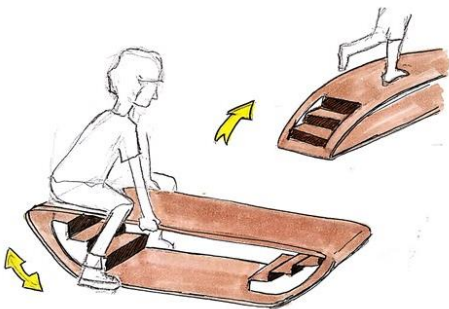
Descripción



- Muro escalable que cuenta con mecanismos que lo transforman en una tarima para representaciones teatrales.
- Uso interior, aula y aula polivalente, y exterior.
- 3 mecanismos: 2 abatir muro y 1 abatir patas delanteras.
- 1 mecanismo para que el elemento ocupe menos espacio cuando no está en uso.
- Medidas: 1700 x 1500 mm.
- Tiempo de limpieza aproximado 10 min.
- Existiría la posibilidad de sustituir los mecanismos que pudiesen dañarse con el uso o tiempo. (20%)
- El comprador tendría que adquirir las presas y mecanismos y montarlo por sí mismo.

Alternativa 2 – Elemento multifuncional balancín/pasillo

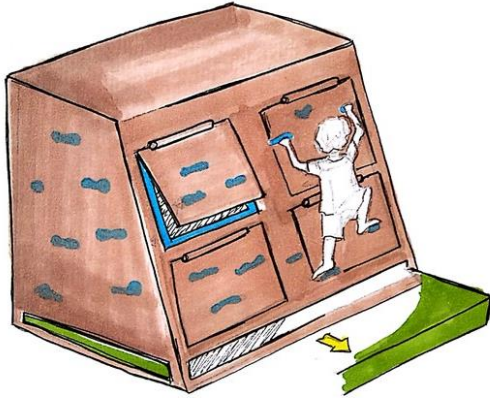
Descripción



- Elemento con dos posiciones, en una de ellas funciona como balancín y en la otra es un pasillo con escaleras.
- Uso interior, aula y aula polivalente, y exterior.
- 0 mecanismos para realizar la función.
- 0 mecanismos para ser guardado.
- Medidas: 1500 x 500 mm.
- Tiempo de limpieza aproximado 5 min.
- No existiría la posibilidad de sustitución de piezas al estar formado por un solo componente. (0%)
- Instalación sencilla, sin requerir ninguna operación.

Alternativa 3 – Elemento multifuncional armario/escalable

Descripción



- Adaptación de un elemento ya disponible en el aula, un armario, para que tenga otra funcionalidad, escalable.
- Uso interior, aula y aula polivalente.
- 1 mecanismos para realizar la función que bloquee las puertas durante el uso.
- 0 mecanismos para ser guardado.
- Medidas: 1700 x 1000 mm.
- Tiempo de limpieza aproximado 15 min.
- Existiría la posibilidad de sustituir los mecanismos que pudiesen dañarse con el uso o tiempo. (20%)
- El comprador tendría que adquirir las presas y mecanismos y montarlo por sí mismo mediante indicaciones proporcionadas.

Alternativa 4 – Elemento escalable que proponga retos

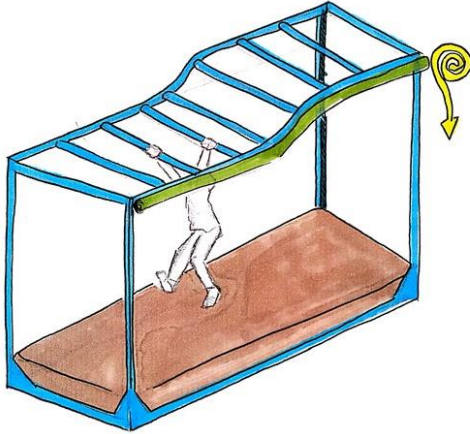
Descripción



- Elemento escalable para desarrollar la motricidad gruesa que pueda usarse con varios sentidos (vista y además tacto), que genere retos mediante un sistema de LEDs, separado por módulos.
- Uso interior, aula y aula polivalente, y exterior.
- 0 mecanismos para realizar la función.
- 0 mecanismos para ser guardado.
- Medidas: 1700 x 1000 mm.
- Tiempo de limpieza aproximado 5 min.
- El comprador solo tendría que anclar el producto a la pared sin requerir conocimientos especiales.

Alternativa 5 – Elemento multifuncional teatro/m.g.

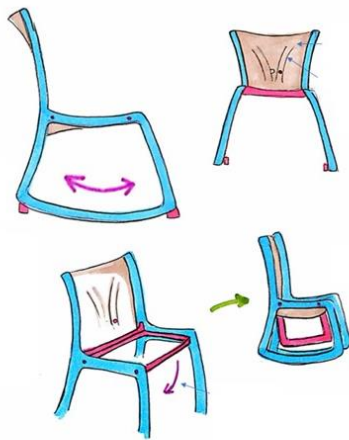
Descripción



- Elemento para desarrollar psicomotricidad gruesa con croma/panel decorativo para representaciones teatrales.
- Uso interior, aula y aula polivalente, y exterior.
- 1 mecanismos para realizar la función, plegar/desplegar croma.
- 0 mecanismos para ser guardado.
- Medidas: 1500 x 500 mm.
- Tiempo de limpieza aproximado 7 min.
- Existiría la posibilidad de sustituir el croma. (20%)
- El comprador tendría que montarlo por sí mismo.

Alternativa 6 – Balancín 1

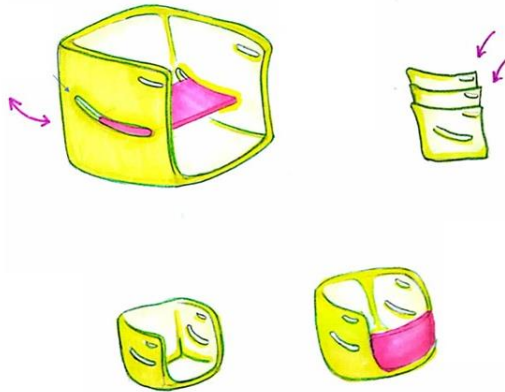
Descripción



- Silla con mecanismo que permita el balanceo, plegable para ocupar el menor espacio posible durante su uso.
- Uso interior, aula y aula polivalente.
- 2 mecanismos para realizar la función balancear/bloquear balanceo, 1 mecanismo plegar/desplegar silla.
- 1 mecanismos para ser guardado.
- Medidas: 1000 x 500 x 500 mm.
- Tiempo de limpieza aproximado 7 min.
- Existiría la posibilidad de sustituir mecanismos dañados. (20%)
- El comprador tendría que montarlo por sí mismo.

Alternativa 7 – Balancín 2

Descripción



- Silla con mecanismo que permita el balanceo, apilable para ocupar el menor espacio posible durante su uso.
- Uso interior, aula y aula polivalente.
- 1 mecanismos para realizar la función balancear/bloquear balanceo.
- 0 mecanismos para ser guardado.
- Medidas: 500 x 500 x 500 mm.
- Tiempo de limpieza aproximado 5 min.
- No existiría la posibilidad de sustituir mecanismos dañados. (0%)
- El comprador tendría que montarlo por sí mismo aunque el montaje sería muy sencillo, sin requerir herramientas.

3.3. Justificación de la selección de la alternativa

Para la selección de la alternativa se ha aplicado el método DATUM. En la Figura 6 se muestra en miniatura las alternativas para facilitar la revisión de las puntuaciones.

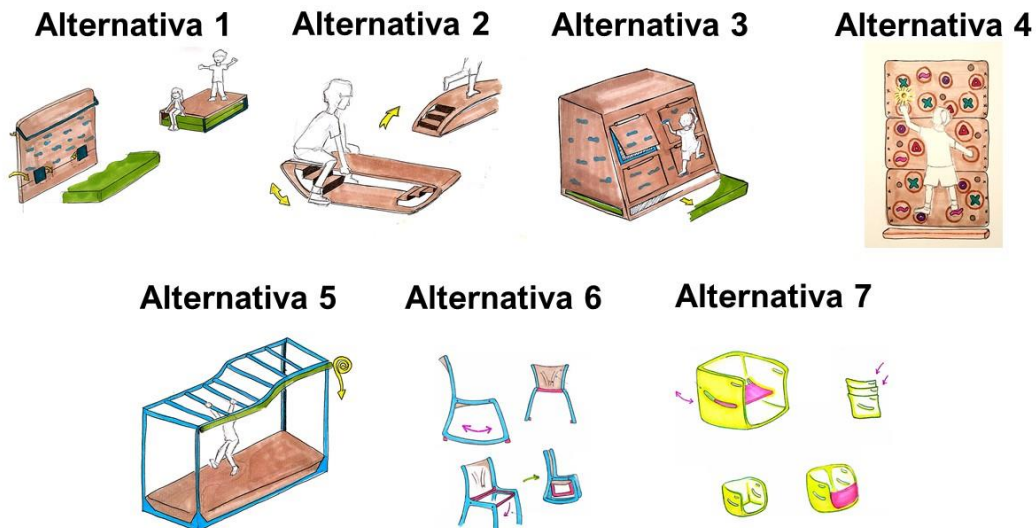


Figura 6 Identificación de las alternativas de diseño agrupadas

En la Tabla 4, la primera columna corresponde a las restricciones definidas en Restricciones y la primera fila a las alternativas mostradas en la Figura 6.

Tabla 4 Evaluación de las Restricciones de las Alternativas

Alternativas→ Restricciones↓	1	2	3	4	5	6	7
1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
2.1	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
2.2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
2.3	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
4	2,55m ² → Sí	0,75m ² → Sí	1,70m ² → Sí	0,75m ² → Sí	2m ² → Sí	0,25m ² → Sí	0,25m ² → Sí
5	1,75m → Sí	0,5 m → Sí	1,75m → Sí	1,75m → Sí	1,75m → Sí	1m → Sí	0,5m → Sí

La Alternativa 3, se rechaza porque no podría evitar tener salientes puntiagudos a menos de 1,2 m debido a las puertas del armario, siendo la funcionalidad como armario su característica principal. Por tanto, no se tiene en cuenta en los siguientes pasos del método.

En la Tabla 5, la primera columna muestra las especificaciones Optimizables y en la primera fila, las Alternativas que cumplen las restricciones.

Tabla 5 Evaluación de las características Optimizables de las Alternativas

Alternativas→ Optimizables↓	1	2	4	5	6	7
6	20%	0%	20%	20%	20%	0%
7	1	0	0	1	1	1
8	3	0	0	1	3	1
9	10	5	5	7	7	5
10	3	3	3	3	2	2
11	4	1	2	3	3	1
12	1	0	1	1	0	0
13	0	0	1	0	0	0

La Tabla 6 muestra el sistema de puntuación en el método DATUM.

Tabla 6 Criterio de puntuación de las alternativas

0	La alternativa DATUM y la alternativa i son iguales
1	La alternativa i tiene una puntuación mejor que la alternativa DATUM
-1	La alternativa i tiene una puntuación peor que la alternativa DATUM

Tabla 7 Aplicación del método DATUM

Alternativas→	1	2	4	5	6	7
Optimizables↓						
6	1	0	1	1	1	0
7	0	-1	-1	0	0	0
8	-1	1	1	0	-1	0
9	-1	0	0	-1	-1	0
10	1	1	1	1	0	0
11	-1	0	-1	-1	-1	0
12	1	0	1	1	0	0
13	0	0	1	0	0	0
Σ	0	1	3	1	-2	0 (DATUM)

Por tanto, el concepto que mejor cumple las especificaciones es la Alternativa 4, Elemento escalable interactivo, que será el desarrollado en este proyecto.

Alternativa 4 – Elemento escalable que proponga retos

Descripción



- Elemento escalable para desarrollar la motricidad gruesa que pueda usarse con varios sentidos (vista y además tacto), que genere retos mediante un sistema de LEDs, separado por módulos.
- Uso interior, aula y aula polivalente, y exterior.
- 0 mecanismos para realizar la función.
- 0 mecanismos para ser guardado.
- Medidas: 1700 x 1000 mm.
- Tiempo de limpieza aproximado 5 min.
- El comprador solo tendría que anclar el producto a la pared sin requerir conocimientos especiales.

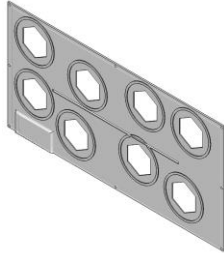
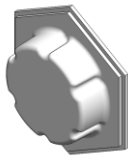
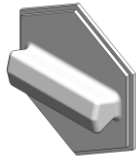

4. DISEÑO DE DETALLE






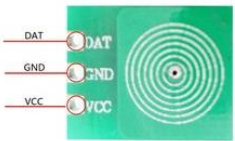


4.1. Estructura, conjuntos y piezas


4.1.1. Piezas

A continuación, se presenta la Tabla 8, que contiene la información elemental de todos los componentes del producto y, posteriormente se completa con una breve descripción de cada uno, funciones y cómo van interconectados entre ellos.

Tabla 8 Resumen de componentes

Componente	Información
<p>Estructura</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 3 – Dimensiones: 1200 x 600 x 20 mm – Material: ABS/PC
<p>Presas Tipo O</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 6 – Dimensiones: 160 x 160 x 37 mm – Material: ABS/PC
<p>Presas Tipo I</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 6 – Dimensiones: 160 x 160 x 37 mm – Material: ABS/PC
<p>Presas Tipo II</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 6 – Dimensiones: 160 x 160 x 37 mm – Material: ABS/PC

<p>Presa Tipo III</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 6 – Dimensiones: 160 x 160 x 32 mm – Material: ABS/PC
<p>Tuerca</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 8 – Dimensiones: M8 – Elemento comercial
<p>Arandela</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 8 – Dimensiones: M8 – Elemento comercial
<p>Varilla roscada</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 8 – Dimensiones: M8 – Elemento comercial
<p>Microcontrolador</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 1 – Dimensiones: 51 x 74 x 12 mm – Elemento comercial
<p>Sensor de posición capacitivo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 8 – Dimensiones: 51 x 74 x 12 mm – Elemento comercial
<p>Módulo LED impermeable</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 3 – Dimensiones: 22,9 x 2,9 mm – Elemento comercial
<p>Alimentación impermeable</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad: 1 – Dimensiones: 96 x 72 x 19 mm – Elemento comercial

<p>Cableado</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones: AWG 18, \varnothing 1mm - Elemento comercial
---	---

A continuación, en la Figura 7, se presenta posible configuración del producto completo y la subdivisión en dos partes diferenciadas, una que le da la forma y estructura y otra que es el sistema electrónico.

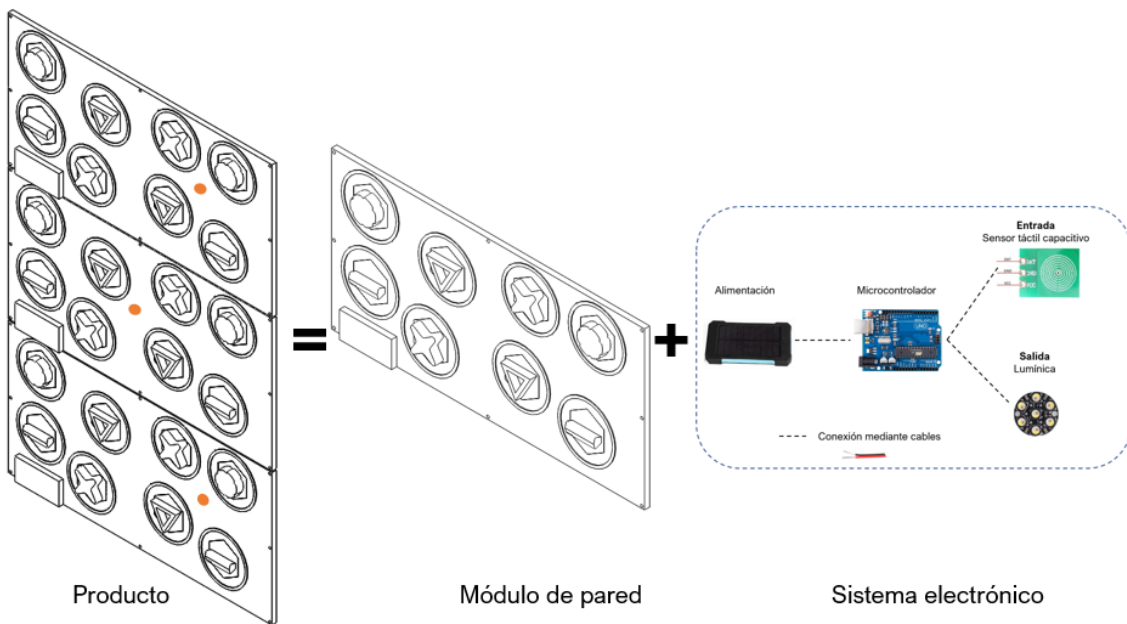
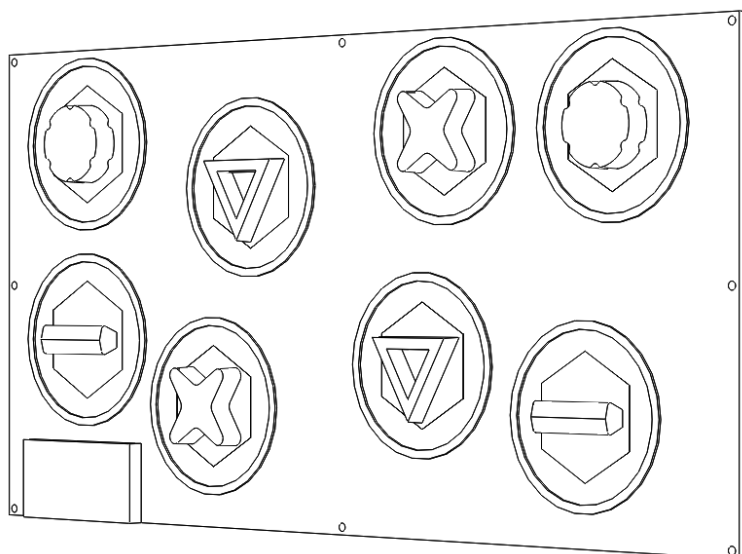


Figura 7 Composición del producto

4.1.2. Conjunto: Módulo de pared



Está formado por cuatro componentes diferentes, que quedan ilustrados en la Figura 8:

- Estructura Base (x1)
- Presa Tipo O (x2)
- Presa Tipo I (x2)
- Presa Tipo II (x2)
- Presa Tipo III (x2)

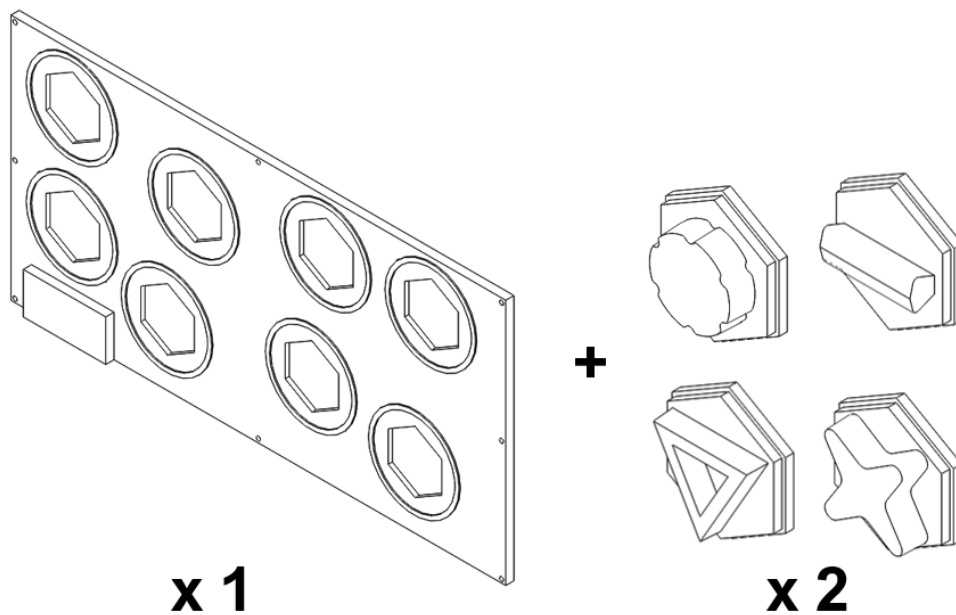


Figura 8 Esquema de composición del Módulo pared

Se fabrican en distintos moldes para simplificar la forma de cada uno de ellos y permitir la extracción de la pieza, aunque se aplicará un proceso de unión entre las distintas partes para que el comprador final solo se tenga que encargar de anclar el producto a la pared.

Tiene unas medidas esenciales de 1200x600x600mm. Se escogen estas para que sean fáciles de almacenar, transportar y puedan introducirse de forma cómoda a sus lugares de emplazamiento.

Está realizado en ABS/PC, por lo que el peso total es de 7,01 kg. La justificación de esta elección se desarrolla en el apartado Selección de materiales.

El *Módulo de pared* se une mediante 8 varillas roscadas M10 y taco químico, que anclan la estructura a la pared de forma fija en esos puntos de unión.

Conjunto: Sistema Reto

Para propiciar que el niño se desplace por los paneles o módulos, se propone un sistema con el cual mediante luces se le sugiera escalar más arriba, descender o moverse en sentido horizontal. Por un lado, esto permite que el niño se mantenga activo. Por otro lado, reducir el espacio que ocupa el producto ya que, aunque este ocupe un espacio limitado, siempre tendrá el incentivo de la luz como guía y no la amplitud del producto.

Para ello se recurre a un sistema electrónico, donde los componentes básicos necesarios son los mostrados en la Figura 9.

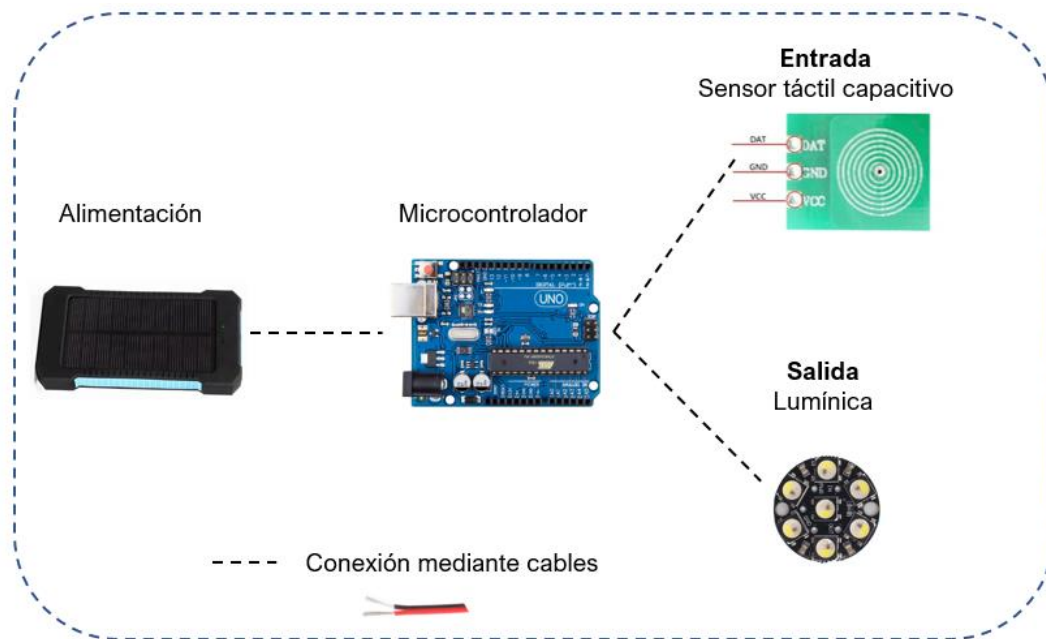
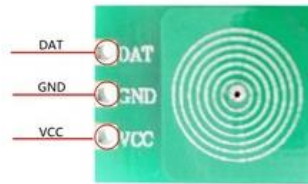


Figura 9 Esquema de composición del Sistema electrónico

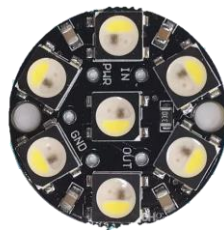
a. *Sensor táctil capacitivo*



Se selecciona este tipo de sensor para detectar la posición del cuerpo por sus pequeñas dimensiones (aproximadamente el tamaño de una tarjeta microSD), ser impermeable y porque no requiere la aplicación de una fuerza o una deformación de la presa considerables, teniendo una sensibilidad alta. Puede detectar cuerpos a una distancia de 6mm sin que estos toquen la superficie del sensor.

b. *Panel LED sk6812*

Es el emisor de luz que incentivará el cambio de posición del niño. Mediante la detección de su posición, el sistema electrónico será capaz de encender luces alejadas o que le sugieran un cambio de posición, para incentivar que se desplace por la estructura. Son necesarios tres por módulo.



Este va encapsulado con otro elemento comercial que se adquiere en conjunto que hace que sea impermeable.



c. *Microcontrolador*



Este elemento es imprescindible para que puedan interactuar de forma correcta los sensores que detectan la posición del niño, con el encendido de las luces en el momento preciso.

d. Batería



Figura 10 Alimentación del sistema electrónico

Para alimentar el sistema es necesario una fuente que proporcione energía. En este caso, se realiza mediante una batería extraíble recargable —o *powerbank*— debido a la versatilidad que ofrece. Es recargable por lo que se puede reusar cuando se agote. Se escoge con una con capacidad de 10000mAh para que pueda abastecer durante más de 44 horas el sistema antes de tener que volver a cargarlo, teniendo en cuenta lo que consume el microcontrolador, los LEDs y los sensores de posición. Ello permite que pueda usarse durante varias sesiones sin tener que preocuparse por la batería.

A continuación, se muestran los cálculos que han llevado a la aproximación de la duración de la batería. En ellos no se tienen en cuenta factores como modos de ahorro de batería en el microcontrolador u otros factores.

- LED: podría encontrarse encendidos 3 LEDs simultáneamente.
Según la ficha técnica cada uno consume 0,3W. Con una tensión de 5V (Mokungit, s.f.) $\rightarrow 0,3 \text{ W} / 5 \text{ V} = 0,06 \text{ A} \rightarrow 60\text{mA}$ cada uno $\rightarrow 180\text{mA}$ en total.
- Microcontrolador: se toma como referencia un Arduino UNO, que tiene un consumo de 46mA. (Macho, 2019)
- Sensor táctil: según datasheet 0,002mA en standby con picos cuando se entra en contacto con el sensor de hasta 0,025mA (Longge Dianzi, 2019).
- Capacidad de la Batería: $10\,000\text{mAh} \rightarrow \frac{10000 \text{ mAh}}{180 + 46 + 0,025 \text{ mA}} = 44,25 \text{ h}$

Dentro de las posibles opciones, se opta una batería impermeable ya que el producto final podrá ir emplazado zonas exteriores y, aunque todo el sistema electrónico se

encuentre en la parte trasera del producto, no es estanco, lo que podría perjudicar a la batería en caso de condiciones atmosféricas de lluvia o nieve.

e. Cableado

Es necesario conectar todo el sistema mediante cableado. El utilizado para estas aplicaciones es el cable flexible AWG 18 de diámetro 1mm.

4.2. Presentación de imágenes y ambientes virtuales de uso del producto



Figura 11 Representación virtual del producto

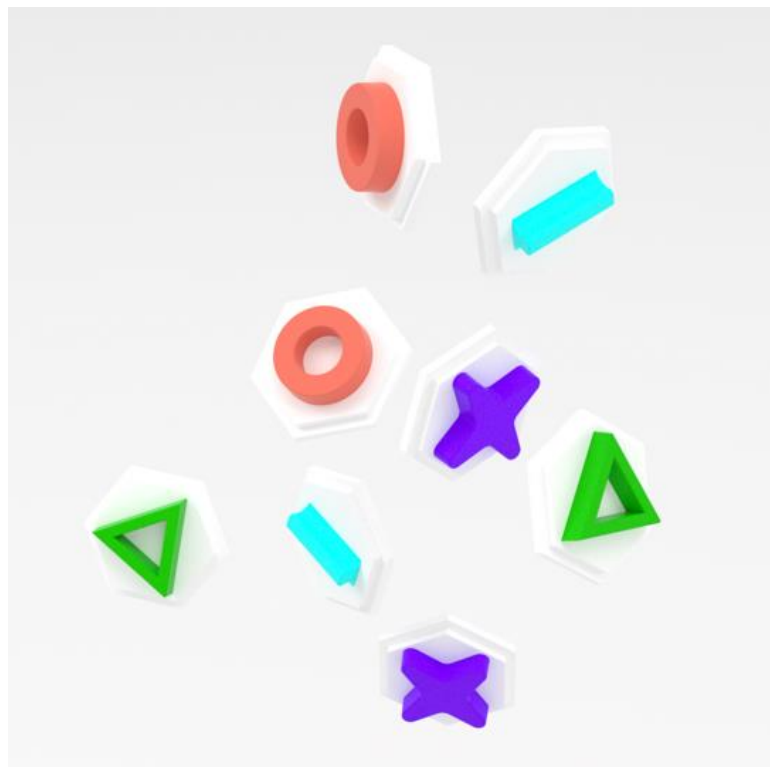


Figura 12 Detalle de las Presas



Figura 13 Emplazamiento del producto dentro de un aula

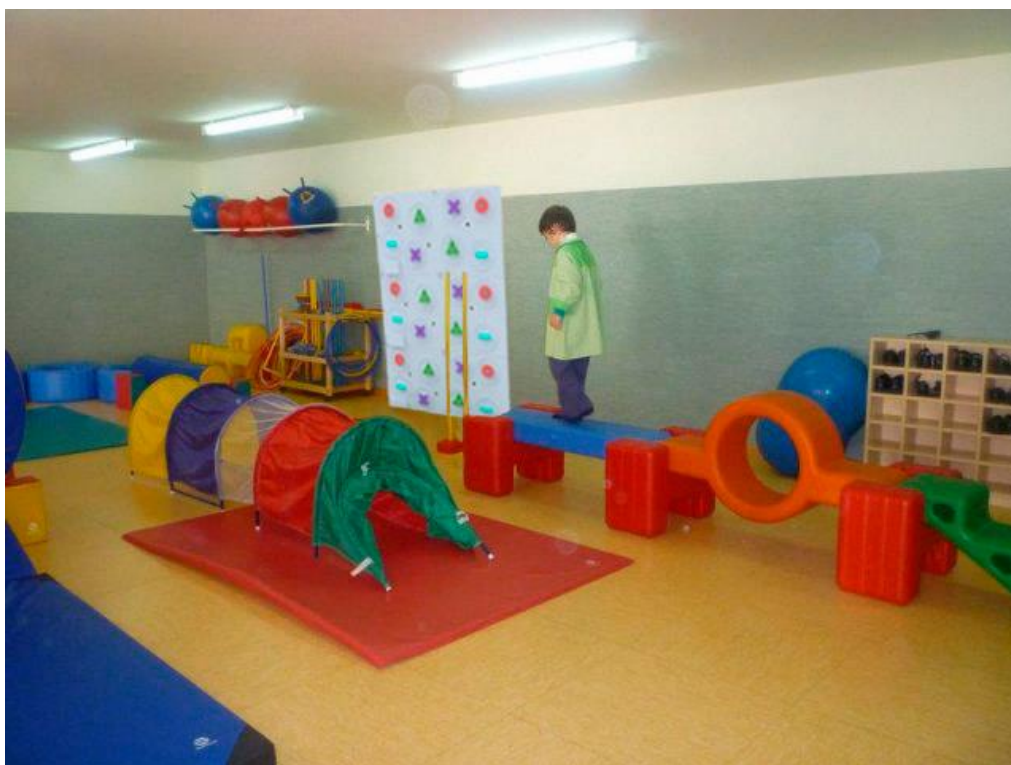


Figura 14 Emplazamiento del producto en aula polivalente o psicomotriz

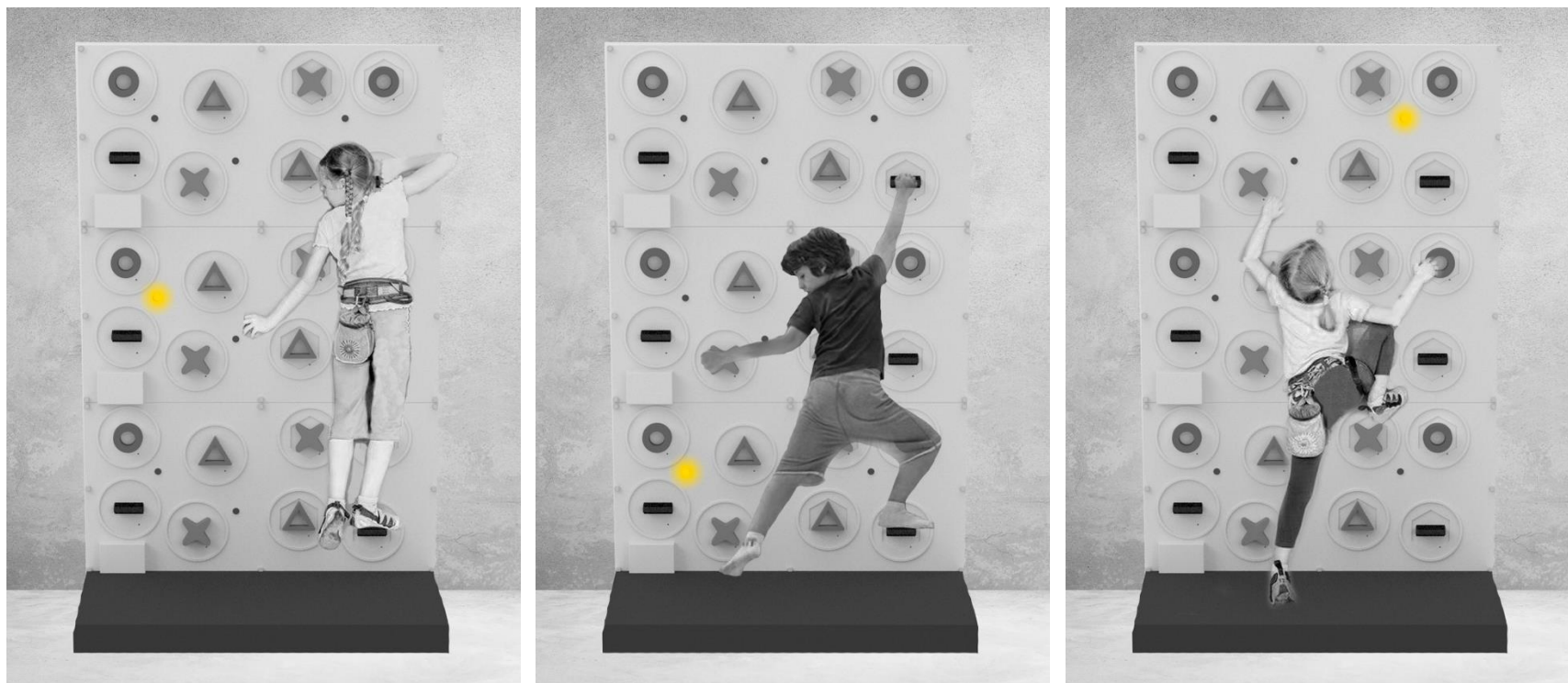


Figura 15 Ejemplos de uso con distintos LEDS encendidos

4.3. Selección de materiales

4.3.1. Introducción

Los componentes que se han de fabricar para este proyecto son la Estructura, las presas y la tapa inferior, ya que los demás –elementos de fijación, material de amortiguamiento, electrónica, etc– son productos comerciales.

Para la selección de los materiales se ha utilizado la base de datos de CES EduPack, que actualmente cuenta con 3639 materiales y además se completan una búsqueda de materiales emergentes que pueden satisfacer los requisitos de una forma innovadora.

4.3.2. Requisitos de materiales

Los requisitos que tienen que cumplir los materiales del producto se listan a continuación.

- Inertes a la acción del agua. Esta característica es necesaria si se instala el producto en exteriores o incluso para permitir una mejor limpieza de este.

Criterio:

- El material resiste al agua dulce sin degradarse después de una exposición prolongada sumergido en agua dulce sin protección adicional.
- Resistentes a la radiación UV. Al igual que en el caso anterior, si el producto se instala en exteriores cabe esperar que esté expuesto a la luz solar, por ello, para mantenerse con buen aspecto durante un tiempo prolongado, deberá ser resistente a la radiación UV.

Criterio: El material tiene una duración de años sin degradarse por la acción de la radiación UV. Incluye materiales que *per se* pueden degradarse por la radiación UV pero se pueden encontrar fácilmente con protección que puede hacer que duren años, como es el caso del PP estable a rayos UV.

- Estables a temperaturas comprendidas entre de 45° y -10° C. Se escoge este rango de temperaturas ya que son las máximas y mínimas respectivas que

pueden alcanzarse en las zonas en las que se espera mayor venta del producto a lo largo del año.

Criterio: El material no pierde la forma dada dentro del rango de temperaturas $[-10,45]$ °C.

- Ignífugos o de llama auto-extinguible. Aunque los lugares donde se va a emplazar el producto no están intrínsecamente relacionados con el fuego, se considera una medida cautelar al albergar baterías eléctricas.

Criterio: Limitación del índice de oxígeno (en %)

Ratio	Limitación del índice de oxígeno (en %)
Llama autoextinguible	26-49
Ignífugo	>50

- Soportar el peso de un niño de 6 años en el percentil 95, concretado en el Estudio ergonómico de esta memoria, con un coeficiente de seguridad de 1,5 para evitar problemas puntuales por cargas imprevistas. Numéricamente, esto implica que la estructura tiene que soportar una masa aplicada de al menos 44,1 kg.

En la Figura 16 se muestra el resultado de eliminar los materiales que no cumplen las restricciones, separados por familias.

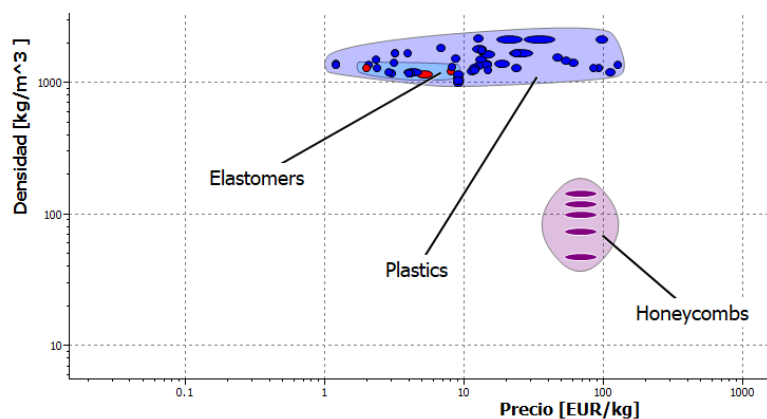


Figura 16 Materiales que cumplen las restricciones

a. Optimización

Aplicando los filtros anteriormente comentados, 56 materiales cumplen los requisitos, por tanto, se realiza un segundo cribado con objetivos optimizables para materiales:

- El producto tiene el menor precio posible.
- El producto tiene el menor peso posible. La variable que controla esta característica es la densidad del material.

Como se puede ver en la Figura 16, los materiales basados en estructura en panal son los que menor peso ofrecen. Sin embargo, tienen un precio muy superior a la mayoría del resto de materiales y el producto tiene una gran superficie, por lo que se descartan.

Acotando los límites a un precio inferior a 10 € / kg de material y una densidad inferior a 1500kg/m³ los materiales que cumplen todo lo anteriormente comentado son los que se muestran en la Figura 17 y son en el PVC, ABS o compuestos derivados de ellos principalmente.

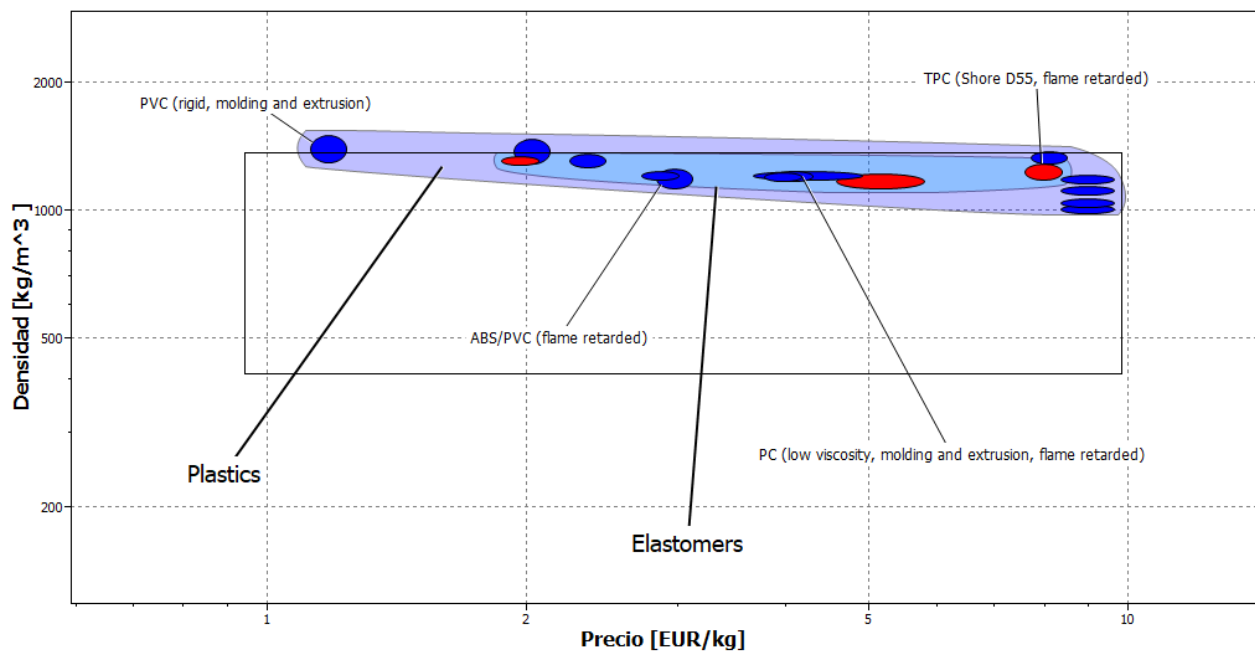


Figura 17 Materiales que cumplen las restricciones y objetivos optimizables

Tabla 9 Materiales y sus respectivas densidades y precio

Material	Densidad [kg/m ³]	Precio [EUR/kg]
PA transparent (part-cycloaliphatic, amorphous, high Tg)	1,00E+03	8,36
PA transparent (part-cycloaliphatic, amorphous, low Tg)	1,03E+03	8,36
PA transparent (semi-aromatic type 6-3-T, amorphous)	1,10E+03	8,36
TPU (Ether, aromatic, Shore A85, flame retarded)	1,12E+03	4,59
ABS/PVC (flame retarded)	1,13E+03	2,83
PA transparent (semi-aromatic type 6I/6T, amorphous)	1,17E+03	8,36
ABS/PC (flame retarded)	1,17E+03	3,9
TPC (Shore D55, flame retarded)	1,18E+03	7,59
PC (low viscosity, molding and extrusion, flame retarded)	1,19E+03	3,79
PCTA (unfilled)	1,20E+03	3,67
ASA/PVC (unfilled)	1,20E+03	2,72
PVC/PMMA (unfilled)	1,26E+03	2,25
PVC-elastomer (Shore A75, flame retarded)	1,29E+03	1,87
PAS (unfilled)	1,29E+03	7,71
PVC (rigid, high impact, molding and extrusion)	1,29E+03	1,93
PVC (rigid, molding and extrusion)	1,30E+03	1,12

4.3.3. Justificación selección del material

Una vez ordenados de menor a mayor densidad y su precio correspondiente se observa que los materiales que mejor satisfacen todo lo expuesto son el ABS/PVC y el ABS/PC con un precio y densidades equiparable.



Figura 18 Materiales y sus respectivas densidades y precio

Una vez ordenados de menor a mayor densidad y su precio correspondiente se observa que los materiales que mejor satisfacen todo lo expuesto son el ABS/PVC y el ABS/PC con un precio y densidades equiparable.

Por último, se selecciona el ABS/PC por tener unas características mejores que el ABS/PVC y además, en la industria tiene aplicaciones más similares al producto de este proyecto que como se puede ver en el Anexo: Caracterización ABS/PC y el Anexo: Caracterización ABS/PVC.

Entre las características principales que ofrece para este proyecto, el ABS tiene una alta resistencia para que los niños puedan jugar con él manteniendo un buen acabado, amplia posibilidad de colores, no es tóxico. En conjunto con el PC, este último mejora las propiedades mecánicas aportando tenacidad y resistencia a impactos y también actúa de retardante de llama y resistente a los UV abaratando los costes del producto respecto a la utilización de ABS solo.

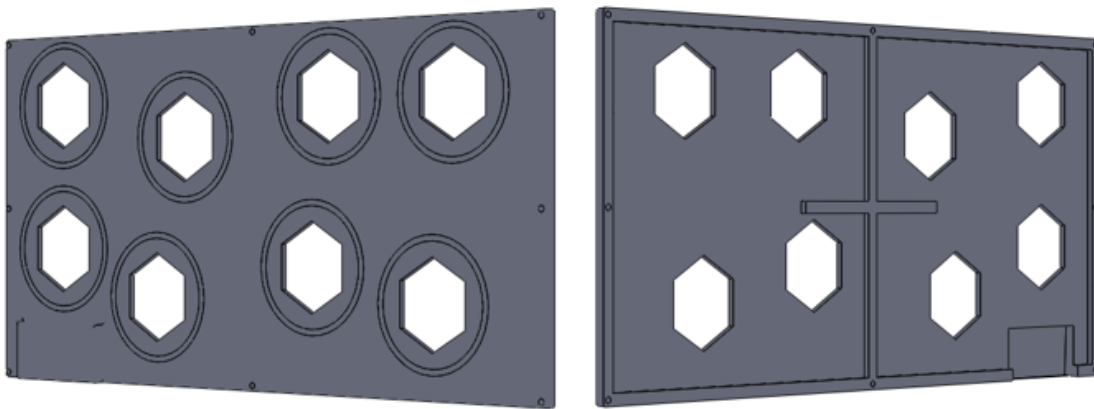
Para mayor detalle de las características técnicas de estos materiales, se puede consultar el Anexo: Caracterización ABS/PC de la memoria.

4.4. Selección de procesos de fabricación

Para este proyecto se ha utilizado la metodología de Boothroyd, para realizar la selección de procesos de fabricación que parte de haber definido las características geométricas de cada pieza y el material. El proceso ha de ser compatible con estas propiedades ya definidas.

El primer paso de esta metodología es definir los atributos de forma de cada pieza.

a. Estructura base

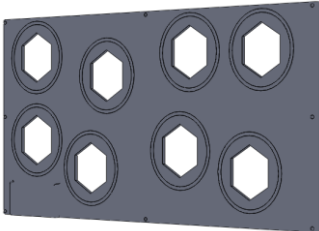


Parte frontal

Parte posterior

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Depresiones en una dirección: Sí | 5. Eje de revolución: No |
| 2. Depresiones en más de una dirección: No | 6. Sección transversal regular: Sí |
| 3. Espesor de pared uniforme: No | 7. Cavidades abiertas: No |
| 4. Sección transversal uniforme: No | 8. Cavidades cerradas: No |
| | 9. Sin ángulos de salida: No |

Tabla 10 Aplicación de las características geométricas a tabla de Boothroyd a Panel estructural.

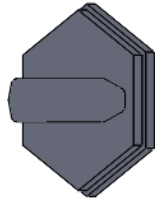
Pieza: Estructura Base										
Material: ABS/PC										
Nº Plano										
		Depresiones en una dirección	Depresiones en más de una dirección	Paredes con espesor uniforme	Sección transversal uniforme	Eje de revolución	Sección transversal regular	Cavidades abiertas	Cavidades cerradas	Superficies sin ángulos de salida
		Moldeo por inyección	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Extrusión soplado	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	D	No	No	
Inyección soplado	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	D	No	No	
Rotomoldeo	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	No	D	D	
Termo conformado	Sí	Sí	D	D	Sí	Sí	Sí	No	No	

Por un lado, los procesos de Extrusión por soplado e Inyección por soplado se llevan a cabo en piezas huecas con paredes finas y redondeadas, que son características que no tiene la pieza a fabricar por lo que se descartan.

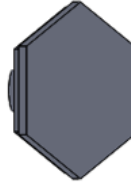
Por otro lado, el hecho de que tenga paredes con espesores diferentes limita casi todos los procesos de fabricación para plásticos, dejando como único disponible el moldeo por inyección. Cabe destacar que estas paredes de espesor diferente no se pueden eliminar ya que son rigidizadores necesarios para evitar el pandeo de la estructura. Sin embargo, se ha realizado un estudio sobre el impacto económico que tendría la fabricación mediante termo conformado. Se puede consultar en el Anexo: Comparativa económica entre Proceso inyección y Termo conformado. La conclusión a la que se llega con ello es que sigue siendo más adecuado el moldeo por inyección frente al termo conformado para este proyecto concreto.

b. *Presa I*

La característica que diferencia a esta presa del resto es que tiene depresiones en más de una dirección. Esta característica se definió para facilitar el agarre de la presa, pudiendo hacer *pinza con la mano* en ella.



Parte frontal



Parte posterior

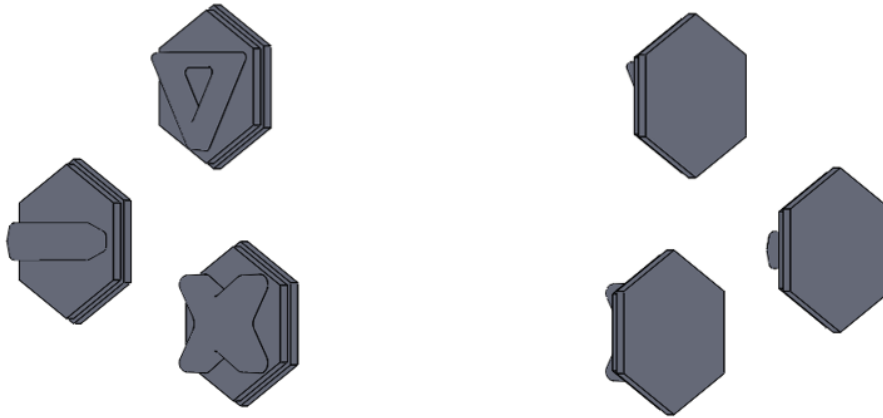
- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Depresiones en una dirección: Sí | 5. Eje de revolución: No |
| 2. Depresiones en más de una dirección: Sí | 6. Sección transversal regular: No |
| 3. Espesor de pared uniforme: No | 7. Cavidades abiertas: No |
| 4. Sección transversal uniforme: No | 8. Cavidades cerradas: No |
| | 9. Sin ángulos de salida: No |

Tabla 11 Aplicación de las características geométricas a tabla de Boothroyd a Presa tipo I

Pieza: Presa I y Presa II									
Material: ABS/PC									
Nº Plano									
	Depresiones en una dirección	Depresiones en más de una dirección	Paredes con espesor uniforme	Sección transversal uniforme	Eje de revolución	Sección transversal regular	Cavidades abiertas	Cavidades cerradas	Superficies sin ángulos de salida
Moldeo por inyección	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
Extrusión soplado	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	D	No	No
Inyección soplado	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	D	No	No
Rotomoldeo	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	No	D	D
Termo conformado	Sí	Sí	D	D	Sí	Sí	Sí	No	No

c. *Presas O, Presa II y Presa III*

Estas piezas se han agrupado ya que puede considerarse que tienen las mismas características geométricas.

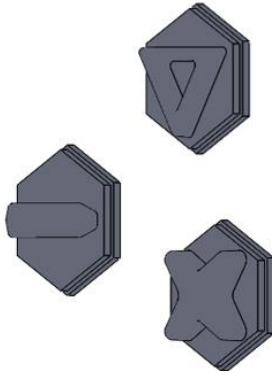


Parte frontal

Parte posterior

1. Depresiones en una dirección: Sí
2. Depresiones en más de una dirección: No
3. Espesor de pared uniforme: No
4. Sección transversal uniforme: No
5. Eje de revolución: No
6. Sección transversal regular: No
7. Cavidades abiertas: No
8. Cavidades cerradas: No
9. Sin ángulos de salida: No

Tabla 12 Aplicación de las características geométricas a tabla de Boothroyd a resto de presas

Pieza: Presa O, Presa II, Presa III									
Material: ABS/PC									
Nº Plano									
									
	Depresiones en una dirección	Depresiones en más de una dirección	Paredes con espesor uniforme	Sección transversal uniforme	Eje de revolución	Sección transversal regular	Cavidades abiertas	Cavidades cerradas	Superficies sin ángulos de salida
Moldeo por inyección	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
Extrusión soplado	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	D	No	No
Inyección soplado	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	D	No	No
Rotomoldeo	Sí	Sí	D	No	Sí	Sí	No	D	D
Termo conformado	Sí	Sí	D	D	Sí	Sí	Sí	No	No

Con ello se justifica que, para todas las piezas a fabricar para este proyecto, se aplicará el proceso de Moldeo por inyección.

4.5. Análisis de los aspectos de seguridad y ergonomía

En este apartado se determinan los aspectos antropométricos que intervienen en el diseño del producto. Para ello se realiza una descripción de cómo interactúa el usuario con él.

En este tipo de instalaciones se producen dos tipos de movimientos esencialmente: vertical, mediante el trepado, y horizontal. Ambos realizados mediante la flexión y extensión de codos, brazos y rodillas de forma coordinada. Los niños se sujetan a la estructura mediante las manos y los pies sirven de apoyo e impulso para avanzar.

Para salir de la estructura, se presentan dos opciones: descender por el entramado o saltar. En esta segunda opción el niño tendrá que amortiguar la caída con las piernas.

Con ello, los parámetros a tener en cuenta para un diseño ergonómico son los siguientes:

1. La forma de las presas debe ser la adecuada para las manos y pies de los niños/as de entre tres y seis años.
 - a. Desde el aspecto de la seguridad, el diseño de las presas debe evitar que se produzcan atrapamientos de los dedos en ellas.
2. La separación tanto en altura como longitudinal de las presas tiene que ser la adecuada para que los niños/as de entre tres y seis años puedan alcanzarlas.
 - a. Desde el aspecto de la usabilidad, las presas tienen que estar situadas a distancias estudiadas, basadas en las medidas antropométricas de las extremidades y alcances. No deben estar situadas aleatoriamente.
 - b. Desde el aspecto de la seguridad, la separación de las presas debe evitar que se produzcan atrapamientos de cabeza o extremidades.
3. La estructura debe resistir como mínimo el peso máximo de los niños/as que se subirán en ella, es decir, el peso de un niño de seis años con un coeficiente de seguridad.

La bibliografía consultada (Alemany & Busó, 2015) (Ruiz Ortiz, 2001) arroja los datos que se muestran en las siguientes tablas, de las cuales se han extraído únicamente los datos de interés para este proyecto.

a. *Medidas antropométricas niña de tres años relevantes para este proyecto*

En la Figura 19 y se puede visualizar las zonas a las que se hacen referencia en la Tabla 13.

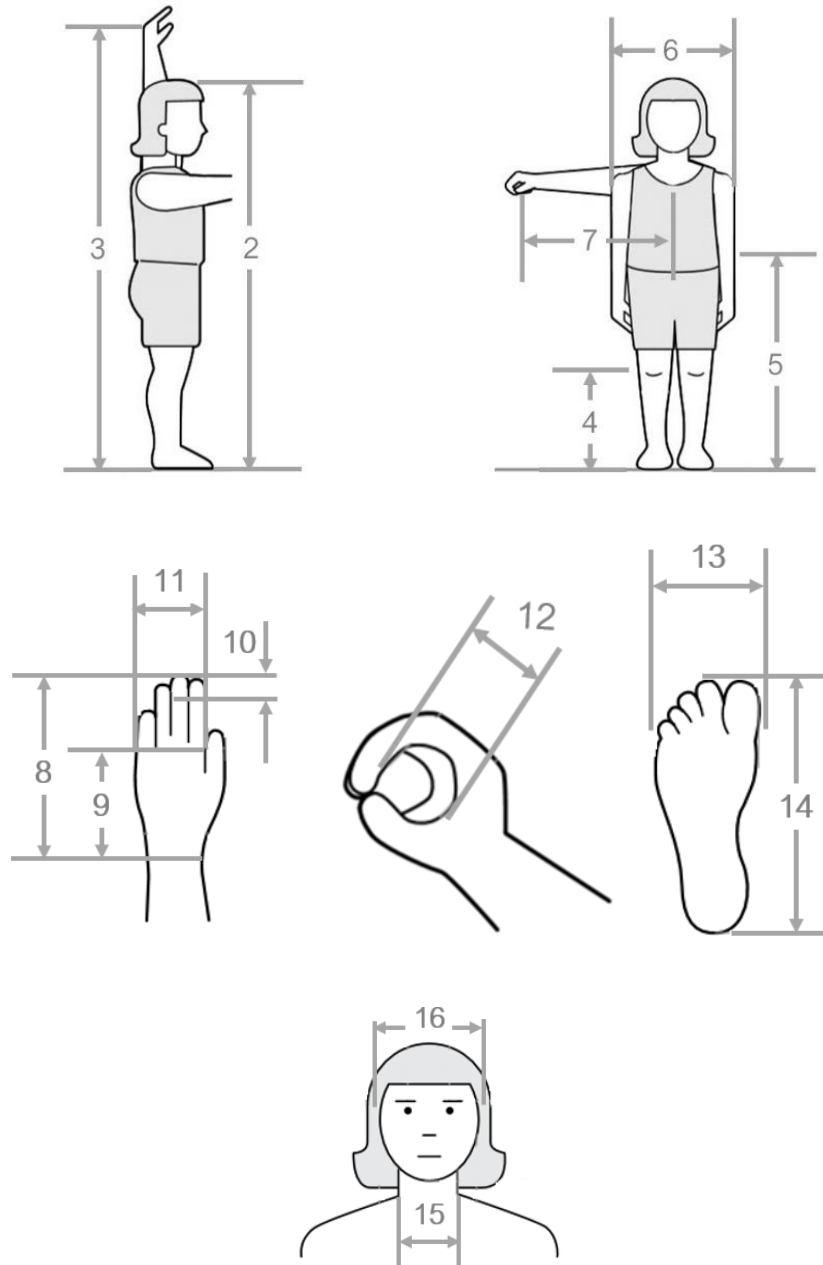


Figura 19 Dimensiones del cuerpo, niña de 3 años

(Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2015)

Tabla 13 Medidas antropométricas de niños de 3 años

Medida antropométrica	Percentil	Medida
Cuerpo		
1. Peso	P95	18,6 kg
2. Estatura	P95	1044 mm
3. Alcance vertical máx.	P95	1208 mm
4. Altura rodilla	P95	285 mm
5. Altura del codo	P95	641 mm
6. Anchura de hombros	P95	258 mm
7. Alcance brazo lateral	P95	458 mm
Mano		
8. Largo de mano	P95	120 mm
9. Longitud de la palma de la mano	P95	70 mm
10. Longitud falange proximal	Calculado*	10 mm
11. Ancho palma de la mano	P95	58 mm
12. Diámetro de agarre (mano)	P95	26 mm
Pie		
13. Ancho del pie	P95	71 mm
14. Largo de pie	P95	168 mm
Cabeza		
15. Anchura cuello	P95	84 mm
16. Anchura cabeza	P95	147 mm

*Debido a que no se ha encontrado esa medida, se ha realizado un cálculo para aproximarla ya que es necesaria para el diseño de las presas. Se ha aproximado considerando que representa el 20% de la diferencia entre el largo de la mano y el largo de la palma.

$$(10) = 0,2 \times [(8)-(9)]$$

b. *Medidas antropométricas niño de seis años relevantes para este proyecto*

En la Figura 20 y se puede visualizar las zonas a las que se hacen referencia en la Tabla 14.

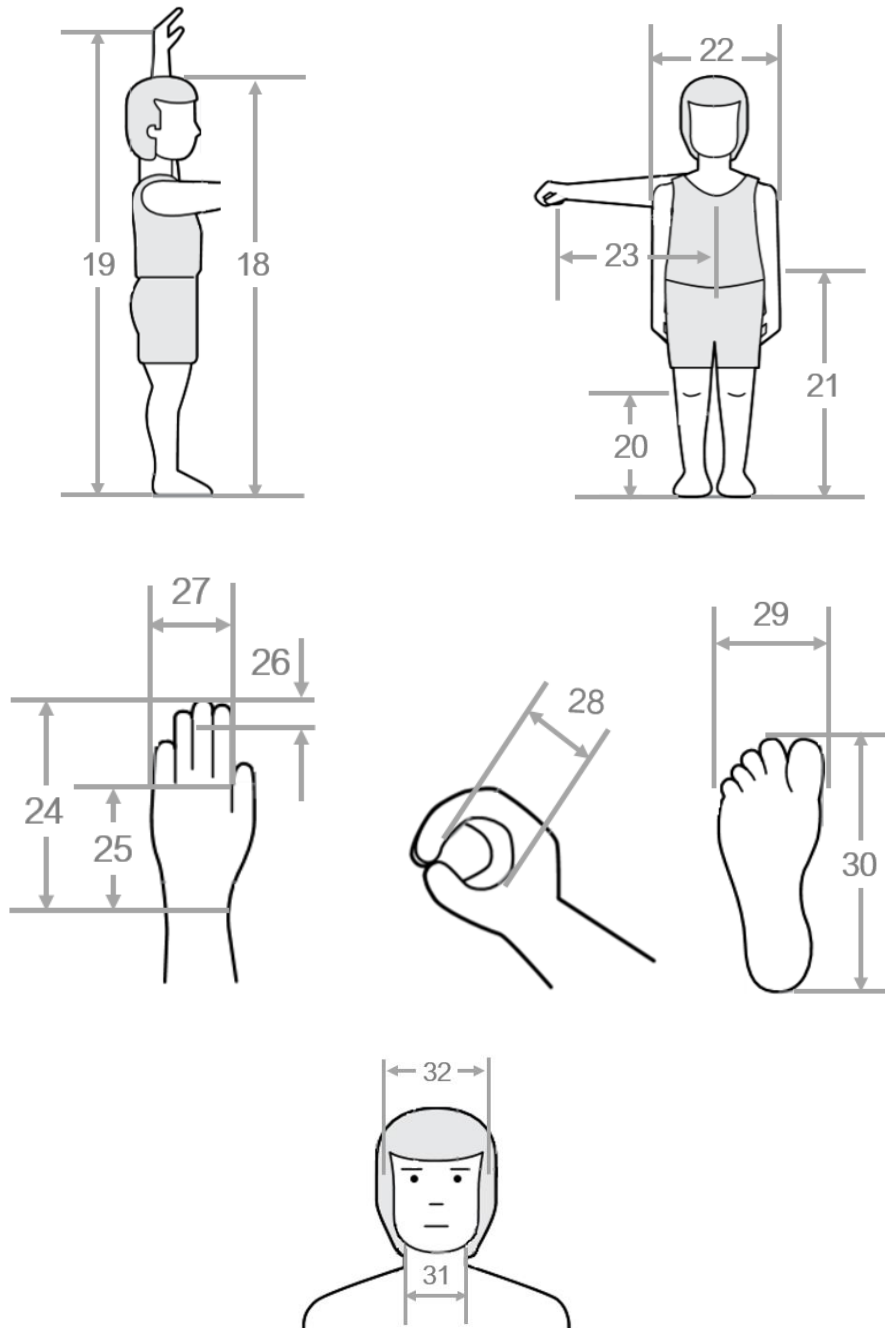


Figura 20 Dimensiones del cuerpo, niño de 6 años

(Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2015)

Tabla 14 Medidas antropométricas de niños de 6 años

Medida antropométrica	Percentil	Medida
Cuerpo		
17. Peso	P95	24,9 kg
18. Estatura	P95	1191 mm
19. Alcance vertical máx.	P95	1407mm
20. Altura rodilla	P95	335 mm
21. Altura del codo	P95	727 mm
22. Anchura de hombros	P95	353 mm
23. Alcance brazo lateral	P95	524 mm
Mano		
24. Largo de mano	P95	133 mm
25. Longitud de la palma de la mano	P95	77 mm
26. Longitud falange proximal	Calculado*	11,2 mm
27. Ancho palma de la mano	P95	64 mm
28. Diámetro de agarre (mano)	P95	29 mm
Pie		
29. Ancho del pie	P95	78 mm
30. Largo de pie	P95	192 mm
Cabeza		
31. Anchura cuello	P95	93 mm
32. Anchura cabeza	P95	152 mm

*Debido a que no se ha encontrado esa medida, se ha realizado un cálculo para aproximarla ya que es necesaria para el diseño de las presas. Se ha aproximado considerando que representa el 20% de la diferencia entre el largo de la mano y el largo de la palma.

$$(26) = 0,2 \times [(24)-(25)]$$

4.5.1. Diseño de las presas

Este estudio permite un diseño de las presas que sea adaptado en función de los datos antropométricos disponibles. Esto es esencial para evitar que se puedan quedar atrapados dedos, situación que podría acabar en lesión o fractura, facilitar que se adopten posiciones estables y en general, proporcionar confianza en el uso. A continuación se detallan las presas diseñadas con una justificación del porqué se han implementado de esa forma, función y cotas relevantes de cara al uso.

a. Presa O

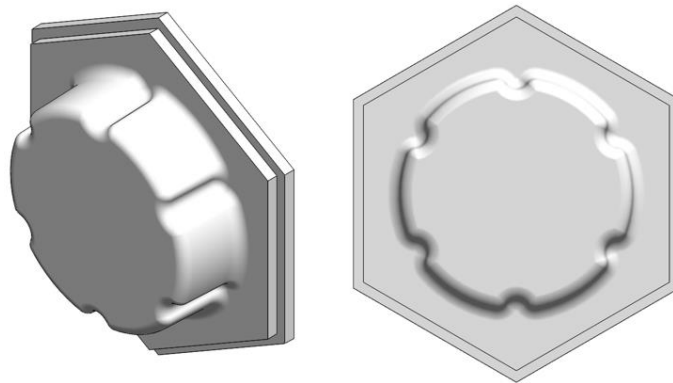


Figura 21 Vista en perspectiva y frontal de Presa O

La Presa O es una presa de apoyo que se implementa para que el niño pueda sujetarse a ella con toda longitud de la mano. Tiene forma cilíndrica para que pueda hacer pinza en la dirección perpendicular al movimiento y los surcos ayudan a fijar la posición para que la mano no se deslice. En la separación de los surcos se ha tenido en cuenta el largo de mano mínimo esperable, es el caso de una niña de 3 años en P95. Longitud del arco mostrado en la Figura 22: 119.53mm.

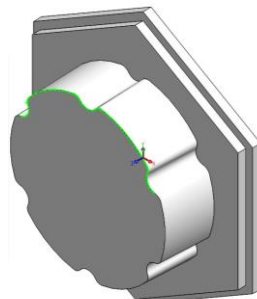


Figura 22 Longitud de arco Presa O

b. Presa I

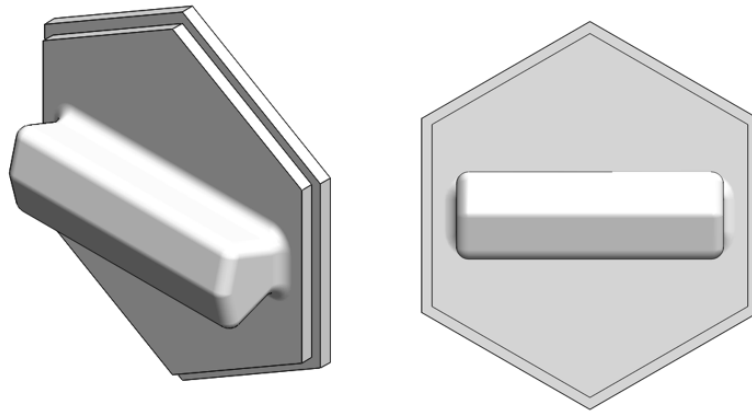


Figura 23 Vista en perspectiva y frontal de Presa I

La Presa I tiene dos funciones principales. En primer lugar, que el niño pueda apoyar gran parte del pie en la presa como se puede ver en la Figura 24: Distancia: 110.00mm.

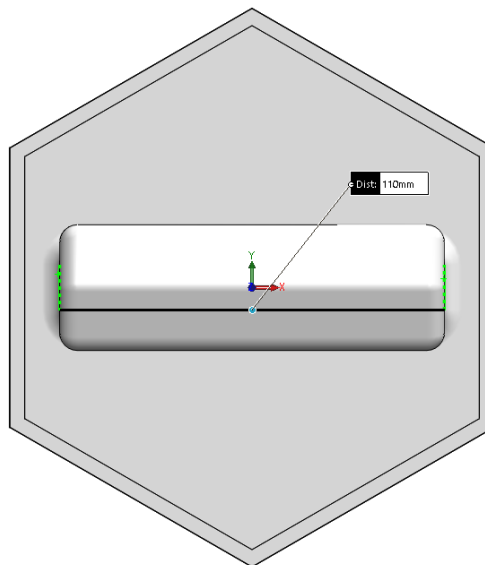


Figura 24 Medida de la superficie longitudinal de la Presa I

En segundo lugar, que pueda hacer pinza con la mano paralela al movimiento y con ello pueda mantenerse más tiempo en ella. Por ello tiene el ángulo mostrado en la Figura 25. Cabe destacar la profundidad máxima a la que se puede insertar los dedos, que es de 10 mm. Para la elección de esta medida se ha tenido en cuenta el valor de la longitud de la falange proximal en la Tabla 13 y Tabla 14 con el fin de evitar atrapamientos.

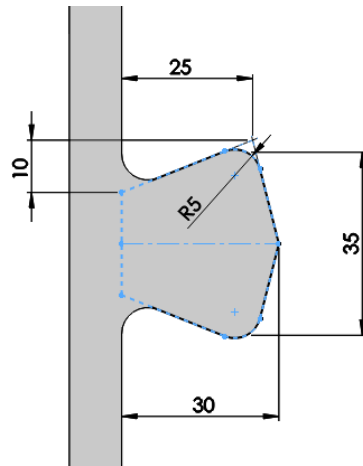


Figura 25 Cotas principales de Presa I

c. Presa II

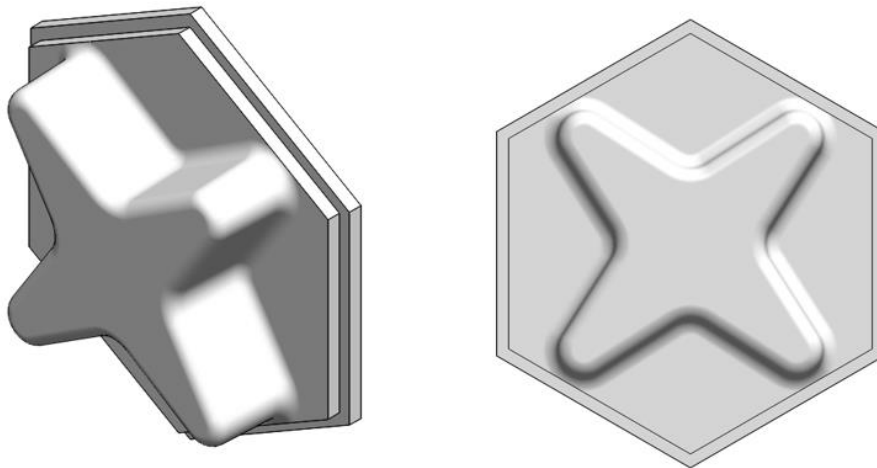


Figura 26 Vista en perspectiva y frontal de Presa II

La Presa II se confecciona para usos múltiples dependiendo de la altura a la que se encuentre situada.

- Apoyo del talón con encaje.
- Apoyo de la palma de la mano con encaje.
- Agarre con varios dedos con la palma de la mano abierta, para una gran superficie de contacto.

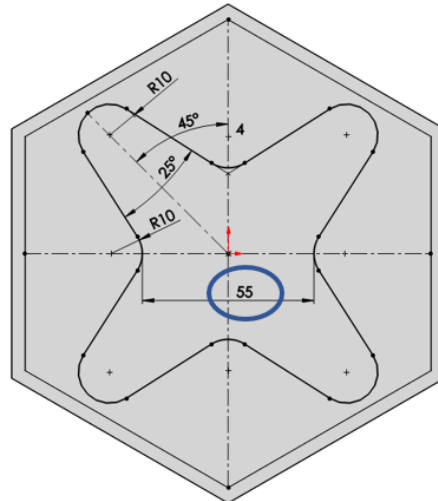


Figura 27 Cotas principales de Presa II

d. Presa III

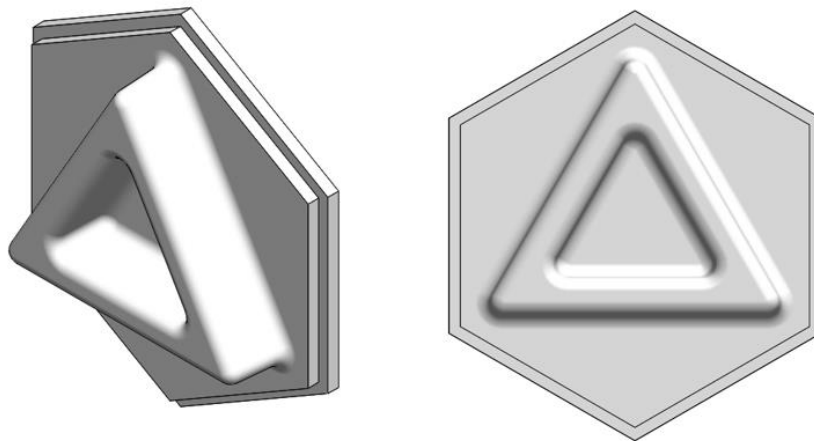


Figura 28 Vista en perspectiva y frontal de Presa III

La Presa III tiene forma de triángulo equilátero y la oquedad se ha diseñado teniendo en cuenta el ancho de palma máximo, que es el caso de un niño de 6 años. Se muestra dónde se ha usado esta cota en la Figura 29.

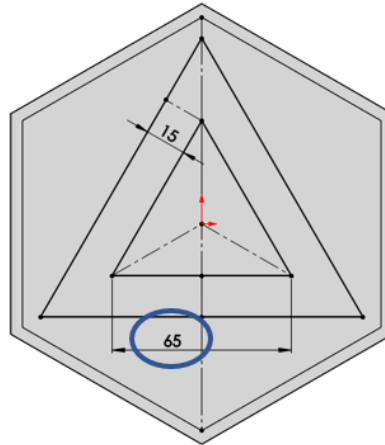


Figura 29 Cotas principales de Presa III

4.5.2. Posicionamiento de las presas

A partir de estas medidas también se localizan los puntos donde irán situadas las presas. Los cálculos de las posiciones se han realizado gráficamente, representando las distancias que pueden abarcar los niños mediante círculos y las alturas mediante líneas; donde intersecan o convergen varios de ellos, se colocan los puntos clave de las presas, ya que son las zonas más probables a las que puedan llegar la mayoría de ellos. Con el fin de facilitar su comprensión a golpe de vista, se ha realizado la Figura 30 cuya interpretación es la siguiente.

La Figura 30 muestra una simplificación de la estructura situada en la pared:

- A una distancia de 100 mm del suelo, situación en la que se encontraría en la realidad para que pueda acoplarse una superficie de amortiguamiento como una colchoneta para mayor seguridad.
- Las líneas horizontales representan las medidas antropométricas Altura rodilla, Altura codo, Altura muñeca, Altura codo.
- Los círculos representan las medidas antropométricas Alcance vertical máx., Anchura de hombros y Alcance brazo lateral.
 - El color violeta contiene las medidas del niño de 6 años en P95.
 - El color verde las de la niña de 3 años en P95.

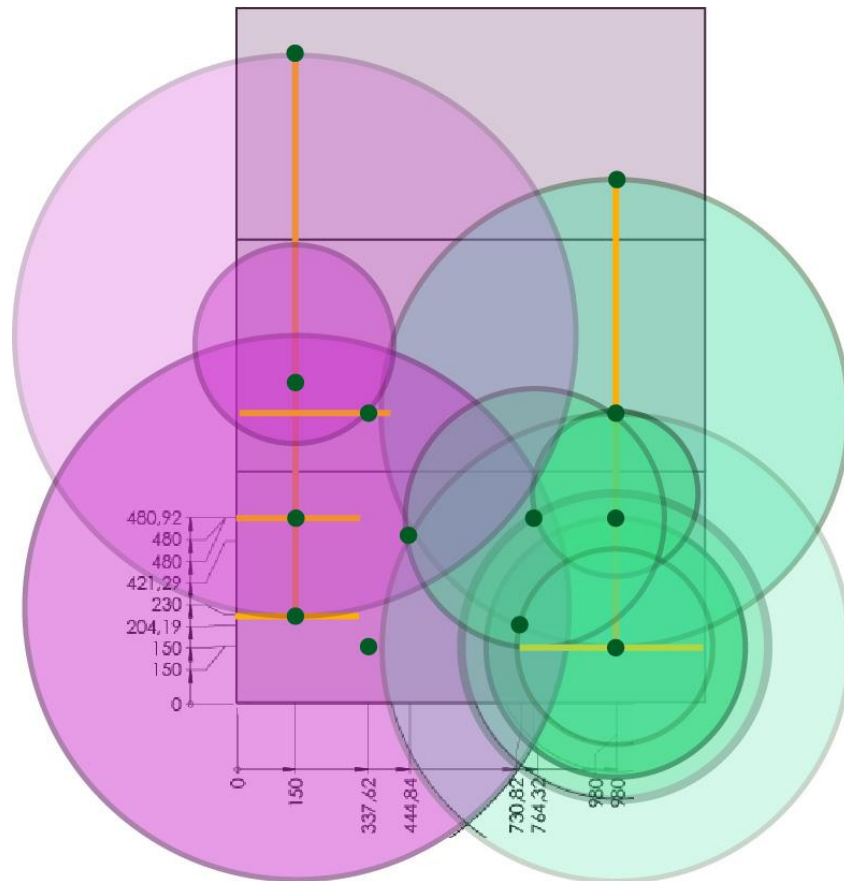


Figura 30 Posicionado de las presas según antropometría

Para facilitar la entrada a la estructura, se sitúan presas de entrada, que son del tipo O a una altura igual o inferior a la distancia Altura muñeca. Ello permite que el niño pueda apoyar la mano y tomar impulso para alzar el pie y situarlo en una presa del tipo I, que estará a una altura inferior a la distancia Altura rodilla.

Una vez dentro, el niño dispondrá de otras presas en niveles superiores situadas siempre a una distancia inferior al Alcance vertical máximo, Alcance lateral brazo.

Estos cálculos dan como resultado las posiciones de los centros mostradas en las Tablas siguientes. Son las distancias X e Y en mm respecto al 0,0 mostrado en la Figura 30.

Tabla 15 Posición centros Presa Tipo O

PRESA TIPO O	POS X	POS Y
Punto 5	980	480
Punto 8	150	480

Tabla 16 Posición centros Presa Tipo I

PRESA TIPO I	POS X	POS Y
Punto 1	150	230
Punto 4	980	150

Tabla 17 Posición centros Presa Tipo II

PRESA TIPO II	POS X	POS Y
Punto 2	340	150
Punto 6	765	480

Tabla 18 Posición centros Presa Tipo III

PRESA TIPO III	POS X	POS Y
Punto 3	730	205
Punto 7	445	420

4.6. Planificación de procesos y operaciones

4.6.1. Introducción

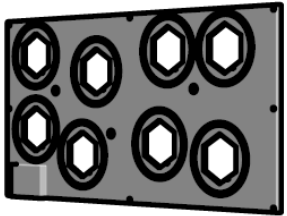
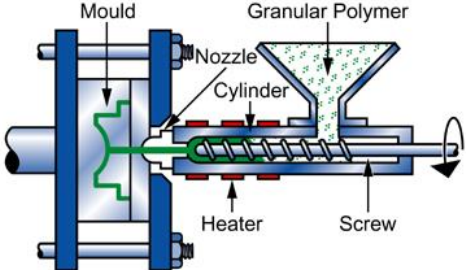
En este apartado se encuentra desarrollada la planificación de procesos y operaciones para la fabricación de las partes del producto que no se adquieren de forma comercial. La selección tanto del proceso de fabricación como de unión se encuentra justificada en los apartados correspondientes. Este apartado se divide en tres partes, que se detallan a continuación.

- **Caracterización de los procesos de fabricación**, en este caso, todas las piezas a fabricar se realizan mediante inyección de termoplásticos. Se encuentran detallados en el Anexo: Caracterización Moldeo por inyección de plástico.
- **Hojas de ruta**, que son documentos en los que constan las instrucciones de las operaciones que se han de llevar a cabo para la fabricación, así como los parámetros más importantes de cada una. Debido a que es el mismo proceso y piezas de características muy similares por sus dimensiones y geometría, de las hojas de ruta de las Presas, dichas hojas se agruparán en una. El Panel estructural también tendrá hoja de ruta para el proceso de fabricación. Para completar este apartado, se incluyen las hojas de ruta de pintura y ensamblaje del producto.
- **Comprobación asistida por ordenador de los resultados obtenidos**. Por último, se realiza un análisis CAM para comprobar datos importantes como el tiempo de llenado, perfil de inyección y los defectos más usuales que pueden surgir en el proceso de fabricación.

4. Diseño en detalle

4.6.2. Hojas de ruta

Tabla 19 Hoja de ruta de Panel estructural

			Producto: <i>Elemento para escuelas para el desarrollo de la psicomotricidad infantil</i>	Nombre: <i>Panel estructural</i>		
			Proceso: <i>Inyección de plástico</i>	Plano: <i>1.0.1</i>		
						
Fase	Subfase	Operación	Descripción de la operación	Estación	Preparación de herramientas	Tiempo
1	1	1	Se cierra a alta velocidad y baja presión las dos partes del molde antes de que puedan entrar en contacto.	Unidad de cierre	<ul style="list-style-type: none"> Fuerza de cierre X: 37 Ton Fuerza de cierre Y: 39 Ton Fuerza de cierre Z: 350Ton 	1s
1	1	2	Cercano al momento de cierre, se disminuye la velocidad y baja presión hasta que las dos partes del molde entran en contacto.			
1	1	3	Se incrementa la presión para conseguir la fuerza de cierre necesaria.			

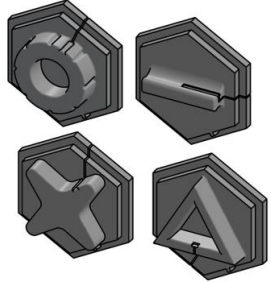
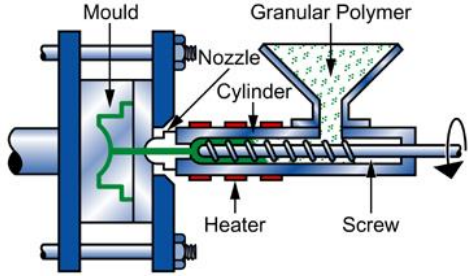
4. Diseño en detalle

1	2	1	El material polimérico que inicialmente está en formato granular, se ablanda hasta adquirir una consistencia pastosa para poder ser inyectado a las cavidades del molde por el bebedero.	Unidad de inyección	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del molde: 80° • Temperatura del material: 260° • Presión máxima de inyección: 100 Mpa • Flujo máximo de inyección: 121cc/s 	77s
1	2	2	Para contrarrestar la contracción que sufrirá la pieza al enfriarse el material, una vez finalizada la inyección se mantiene la presión hasta que empieza la solidificación.			20s**
1	2	3	Se aplica un fluido refrigerante para facilitar el proceso de disipación de calor.			409s
1	3	1	La parte móvil del molde se desplaza, abriéndolo y permitiendo que la pieza pueda ser extraída.	Unidad de cierre		1s
1	3	2	El plástico restante en los canales de alimentación (bebederos) solidifica junto a la pieza y ha de ser eliminado. Se separa mecánicamente en el mismo proceso de apertura del molde.			1s
1	3	3	El molde vuelve a cerrarse y se reinicia el ciclo.			1s

**Calculado en Análisis de la solidificación de la puerta de entrada

4. Diseño en detalle

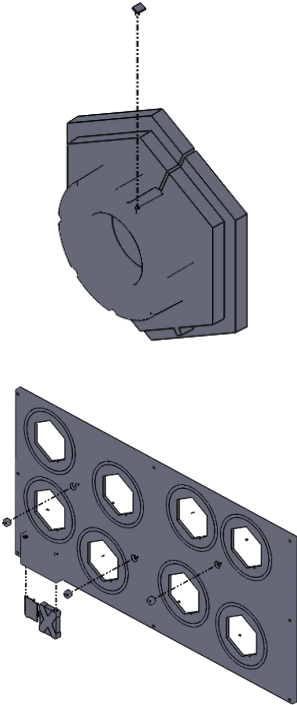
Tabla 20 Hoja de ruta de Presa tipo n

			<p>Producto: <i>Elemento para escuelas para el desarrollo de la psicomotricidad infantil</i></p>	<p>Nombre: <i>Presa tipo O</i> <i>Presa tipo I</i> <i>Presa tipo II</i> <i>Presa tipo III</i></p>		
			<p>Proceso: <i>Inyección de plástico</i></p>  <p>Figura 31 Inyección de plástico (CES Edupack)</p>	<p>Planos: 1.1.0 1.2.0 1.3.0 1.4.0</p>		
Fase	Subfase	Operación	Descripción de la operación	Estación	Preparación de herramientas	Tiempo
1	1	1	Se cierra a alta velocidad y baja presión las dos partes del molde antes de que puedan entrar en contacto.	Unidad de cierre	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerza de cierre X: 52 Ton • Fuerza de cierre Y: 56 Ton • Fuerza de cierre Z: 499 Ton 	1s
1	1	2	Cercano al momento de cierre, se disminuye la velocidad y baja presión hasta que las dos partes del molde entran en contacto.			

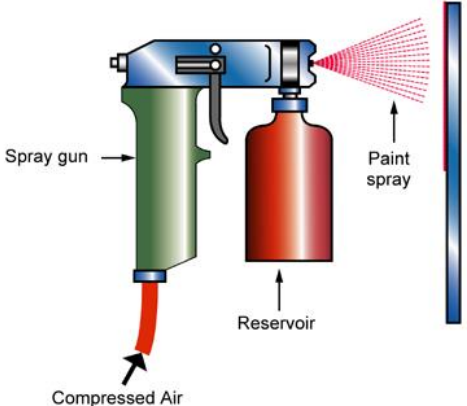

4. Diseño en detalle

1	1	3	Se incrementa la presión para conseguir la fuerza de cierre necesaria.			
1	2	1	El material polimérico que inicialmente está en formato granular, se ablanda hasta adquirir una consistencia pastosa para poder ser inyectado a las cavidades del molde por el bebedero.	Unidad de inyección	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del molde: 75° • Temperatura del material: 230° • Presión máxima de inyección: 100 Mpa • Flujo máximo de inyección: 194 cc/s 	11s
1	2	2	Para contrarrestar la contracción que sufrirá la pieza al enfriarse el material, una vez finalizada la inyección se mantiene la presión hasta que empieza la solidificación.			20s
1	2	3	Se aplica un fluido refrigerante para facilitar el proceso de disipación de calor.			333,5s
1	3	1	La parte móvil del molde se desplaza, abriéndolo y permitiendo que la pieza pueda ser extraída.			1s
1	3	2	El plástico restante en los canales de alimentación (bebederos) solidifica junto a la pieza y ha de ser eliminado. Se separa mecánicamente en el mismo proceso de apertura del molde.	Unidad de cierre		1s
1	3	3	El molde vuelve a cerrarse y se reinicia el ciclo.			1s

4. Diseño en detalle

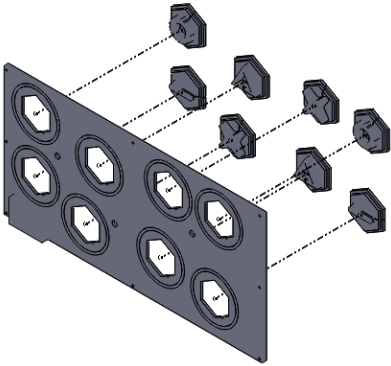
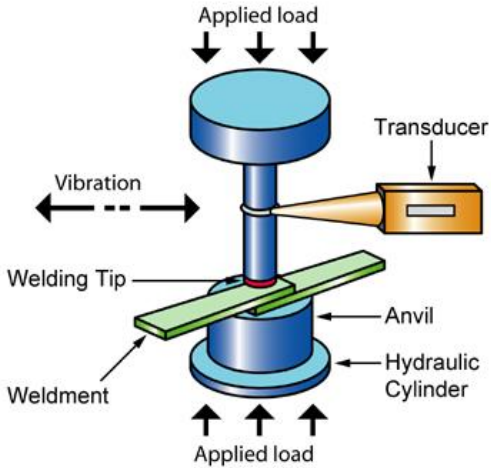
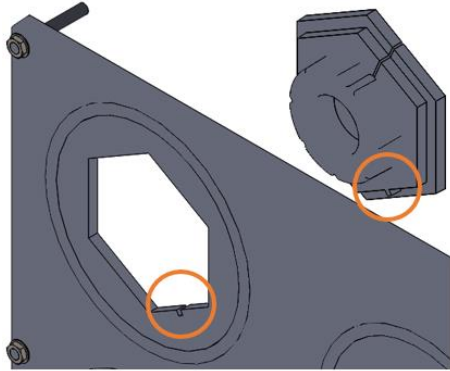
			Pintura de las presas		Planos: 1.1.0 1.2.0 1.3.0 1.4.0	
2	1	1	Colocación del sistema electrónico en la zona especificada en los planos 0.0.2 y 1.1.0 a 1.4.0. Encolar, sin cubrir la superficie del sensor, hasta enrasar con la superficie de la presa para que no queden huecos.		Proceso manual. Imagen de apoyo 	
2	1	2	Proteger el sensor con cinta adhesiva para evitar que la pintura cubra el sensor.		Proceso manual	1min
2	1	3	Aplicación en spray de la pintura con aditivos antideslizantes de las presas, con dos fines, mejorar la adherencia facilitando así el agarre y que se reconozcan		Proceso manual. Características del ambiente: Humedad relativa<80%;	2min

4. Diseño en detalle

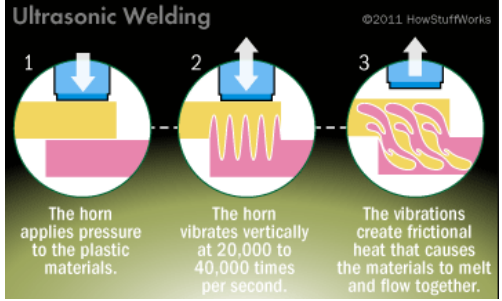
			<p>por el color. Cantidad necesaria a aplicar: 2 manos – debido a que puede estar situada en el exterior – recomendación del fabricante.</p>  <p>Spray gun Reservoir Compressed Air Paint spray</p>	<p>Temp. ambiental +10°-+30° C; Imagen de apoyo</p> 	
2	1	4	<p>Secado. Tiempo marcado por el fabricante para un correcto secado.</p>	<p>Condiciones ambientales de 23°C 60 % Humedad Relativa</p>	1-2h

4. Diseño en detalle

Tabla 21 Hoja de ruta del Ensamblaje

	<p style="text-align: center;">Soldadura por ultrasonidos</p>  <p style="text-align: center;">Figura 32 Soldadura por ultrasonidos (Ces Edupack)</p>		<p style="text-align: center;">Plano. 0.0.1</p>		
<p style="text-align: center;">3</p>	<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">1</p>	<p>Se colocan las piezas a soldar en la bancada. Estas disponen de una muesca para que puedan ser colocadas únicamente en la posición correcta. (ver imagen detalle)</p>		<p style="text-align: center;">10s</p>

4. Diseño en detalle

3	1	2	La punta de soldeo hace contacto con las zonas que van a ser soldadas			1s
3	1	3	Se aplica presión para mantener en contacto los materiales a soldar.			
3	1	4	El transductor genera las vibraciones. Las vibraciones provocan un movimiento vertical de menos de un milímetro. Con ello se sueldan los materiales. (ver imagen guía)		 <p>Ultrasonic Welding</p> <p>1 The horn applies pressure to the plastic materials.</p> <p>2 The horn vibrates vertically at 20,000 to 40,000 times per second.</p> <p>3 The vibrations create frictional heat that causes the materials to melt and flow together.</p> <p>©2011 HowStuffWorks</p>	1min
3	1	5	La punta de soldeo se separa, permitiendo que el producto pueda extraerse de la bancada.			1s

4.6.3. Definición de características de inyección para Panel estructural

Para el análisis asistido por ordenador del proceso de inyección del plástico, se definen las siguientes características.

- Bebedero, por el cual se alimenta el molde. Tal como muestra la Figura 33, se define con un ángulo de salida para favorecer su extracción del molde y también con una zona de estrechamiento la cual hace que sea más fácil de separar esta zona sobrante del cuerpo de la pieza.

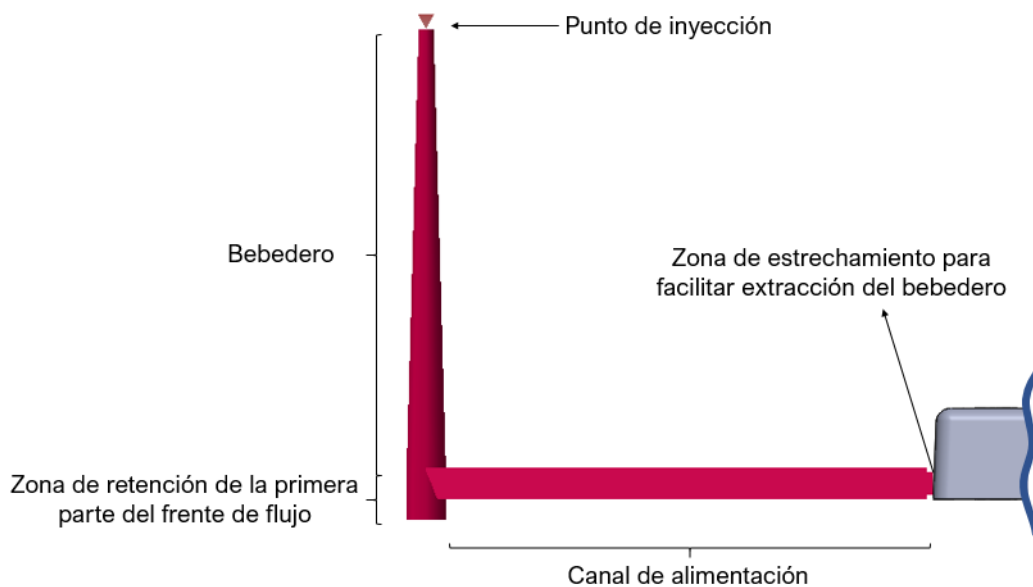


Figura 33 Diseño del bebedero para inyección del plástico

- Ajustes de llenado
 - Temperatura Fusión Material Principal: 280 °C
 - Temperatura pared molde: 80 °C
 - Presión máxima de inyección: 100 MPa
 - Flujo de inyección máximo (máquina): 194 cc/s
 - Punto de cambio de flujo/empaquetado en Volumen de llenado (F/P switch): 95 %

4.6.4. Resultados de análisis del proceso de fabricación

a. Facilidad de llenado

Se realiza un estudio preliminar donde se comprueba la facilidad de llenado de la pieza con las características del proceso anteriormente descritas. Los resultados que se obtienen quedan reflejados en la Figura 34. El diagrama de colores que se sigue significa que las zonas representadas en verde se pueden llenar a presión de llenado normal. Sin embargo, las amarillas requieren presiones superiores al 70% de la que es capaz de suministrar la máquina. En caso de que apareciesen zonas rojas, estas implicarían una necesidad de presiones por encima del 85% de la presión máxima que puede aplicar la máquina.

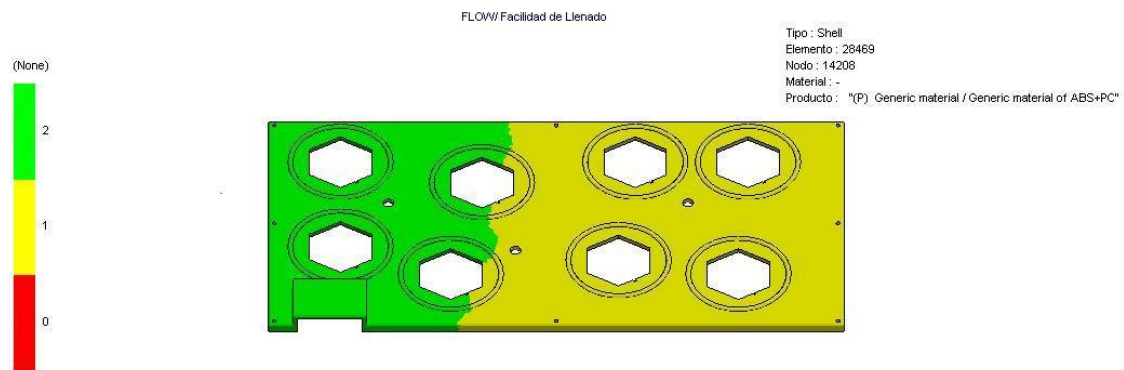


Figura 34 Facilidad de llenado de Panel estructural sin Ajuste en el perfil de llenado

Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de ajustar el perfil de llenado, cuyo cálculo se detalla a continuación y posteriormente la realización de un nuevo estudio de inyección de plástico.

Para dicho cálculo se obtiene el caudal para cada tramo resolviendo las ecuaciones 1 y 2 con los datos obtenidos de la simulación preliminar. La ecuación 1 permite conocer el caudal para cada tramo fijado y la ecuación 2 establece una relación para que la velocidad del frente de flujo sea constante para cada tramo. Nota: la división en tramos se encuentra reflejada en la Figura 35.

Ecuación 1

$$\frac{1}{Q_0} = \frac{\%V1}{Q1} + \frac{(\%V2 - \%V1)}{Q2} + \frac{(\%V3 - \%V2)}{Q3}$$

Ecuación 2

$$Q_i = Q_1 \cdot \frac{v_1}{v_i}$$

Donde Q_0 se obtiene de la simulación a caudal constante y el resto de parámetros, se encuentran detallados en la Figura 35.

$$Q_0 = 96,77 \text{ cm}^3/\text{s}$$

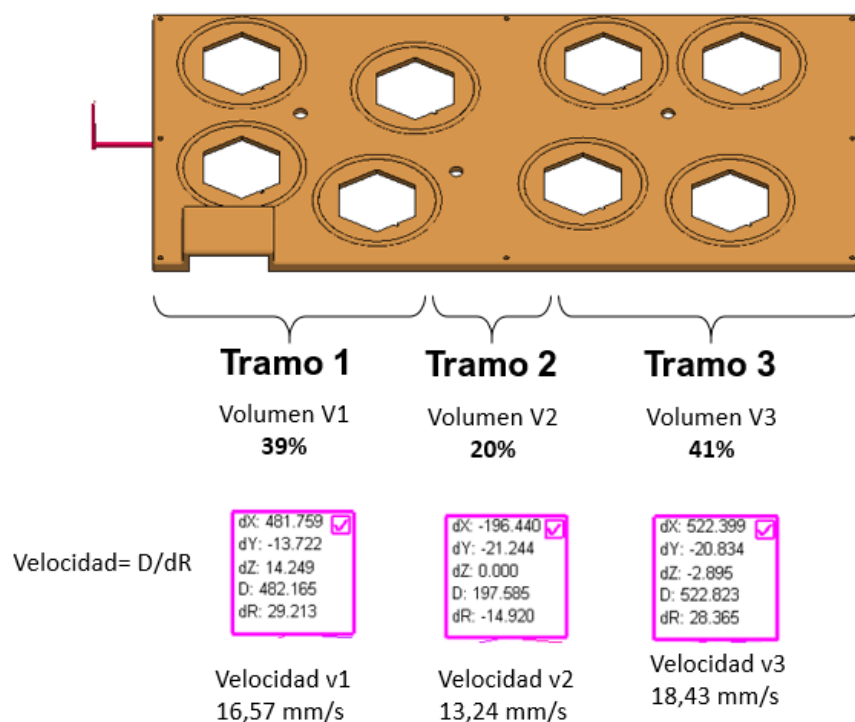


Figura 35 Información para calcular el perfil de inyección del Panel estructural

Sustituyendo en la Ecuación 2, se obtienen los datos del caudal para cada tramo del panel estructural, que son los siguientes:

$$\text{Para el Tramo 1} \rightarrow Q_1 = 96,77 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{Para el Tramo 2} \rightarrow Q_2 = 1,25 \cdot Q_1 = 121,11 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{Para el Tramo 3} \rightarrow Q_3 = 0,89 \cdot Q_1 = 87,02 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Por tanto, el nuevo perfil de inyección queda de la siguiente manera, mostrada en la Figura 36.

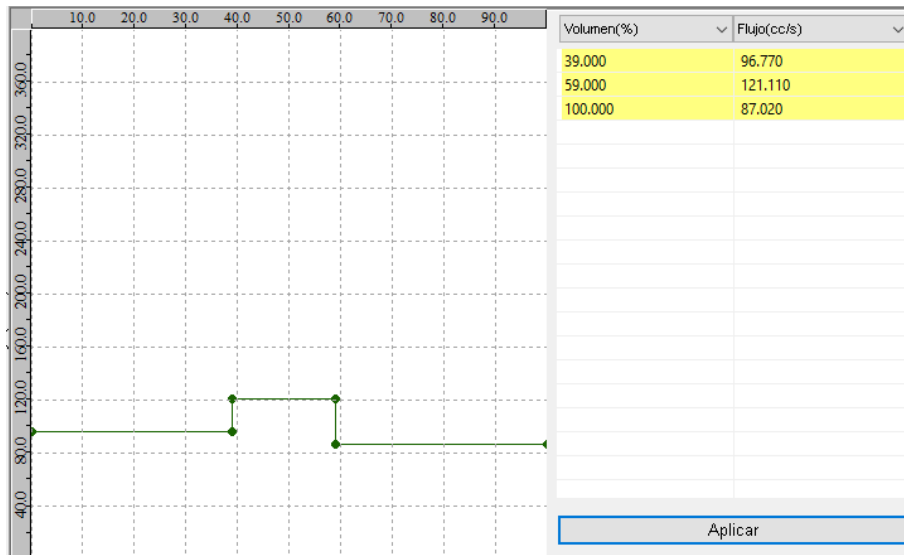


Figura 36 Ajuste del perfil de inyección para cada tramo de Panel estructural

Como se puede observar en la Figura 37, los resultados de facilidad de llenado mejoran con el nuevo perfil de inyección. Esto se debe a que se incrementa la presión cuando el frente de flujo llega a la mitad del panel estructural, ya que es una zona con un perfil diferente –no tiene agujeros para las presas y además los rigidizadores se encuentran situados en esa zona, traduciéndose en que hay más espacio para llenar de plástico que las zonas contiguas y, por tanto, necesidad de una mayor presión de inyección. Cuando el frente de flujo pasa ese tramo, la sección vuelve a ser similar a la primera, por lo que puede rebajarse la presión de inyección.

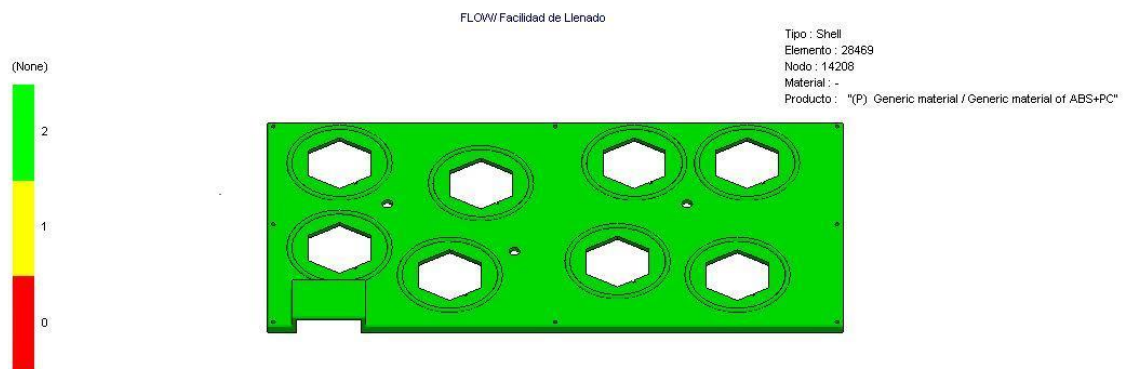


Figura 37 Facilidad de llenado de Panel estructural con ajuste en el perfil de llenado

b. *Resultados de flujo*

- Fuerza de Cierre dir .X: 33.97Tonne
- Fuerza de Cierre dir .Y : 39.13 Tonne
- Fuerza de Cierre dir .Z: 350.35 Tonne
- Presión de inyección Requerida: 50.62 Mpa
- Temperatura Central Máx: 283°C
- Temperatura Media Máx: 276°C
- Tensiones de Cizalla Máx: 0.49 Mpa
- Tasa de Cizalla Máx: 13889 1/sec
- Tiempo de Refrigeración Medio Perfecto: 409s

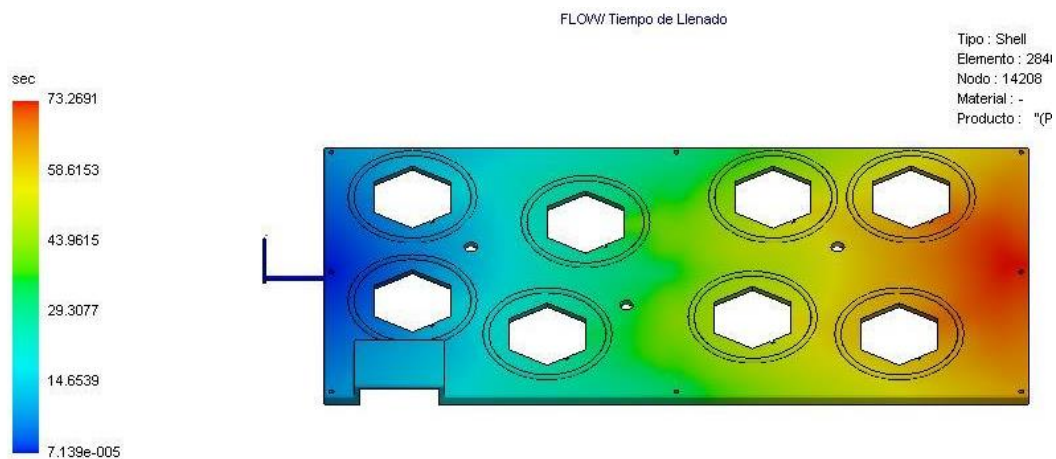
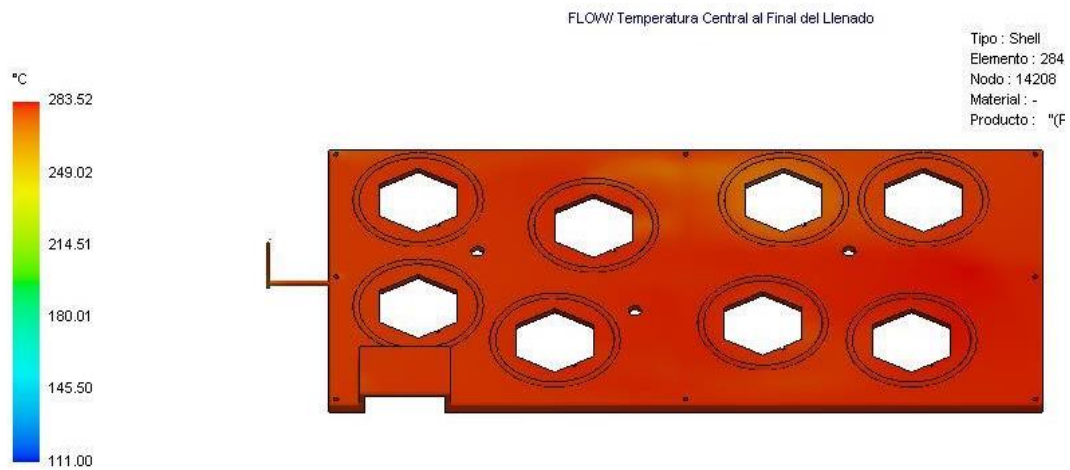


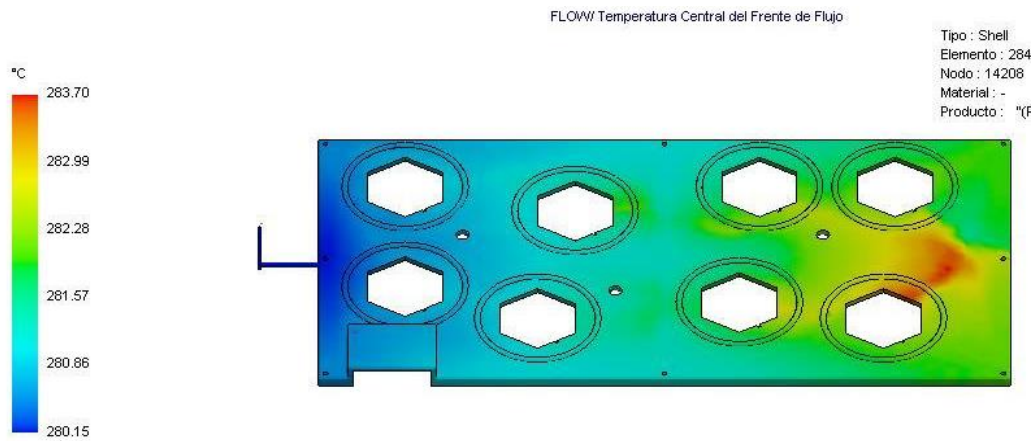
Figura 38 Tiempo de llenado de Panel estructural: 73s

- Presión al Final del Llenado: 80 MPa
- Presión en el momento de pasar al Empaquetado: 76.61 MPa

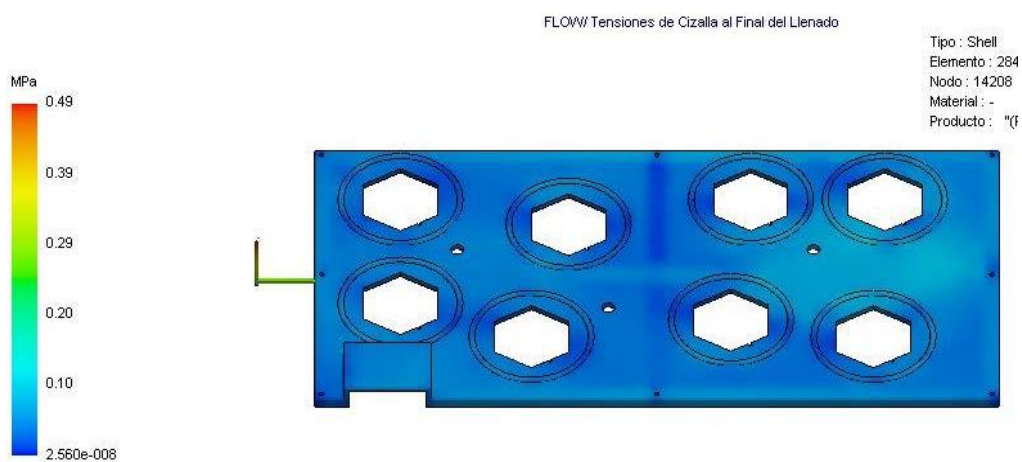
- Temperatura Central al Final del Llenado



- Temperatura Central del Frente de Flujo: máx. 283°C

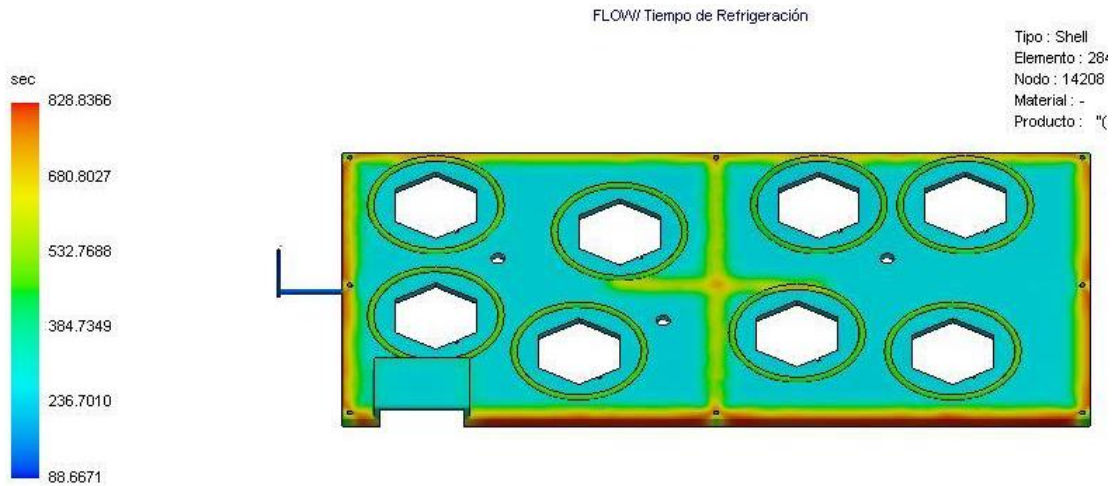


- Tensiones de Cizalla al Final del Llenado: máx. 0.49 MPa

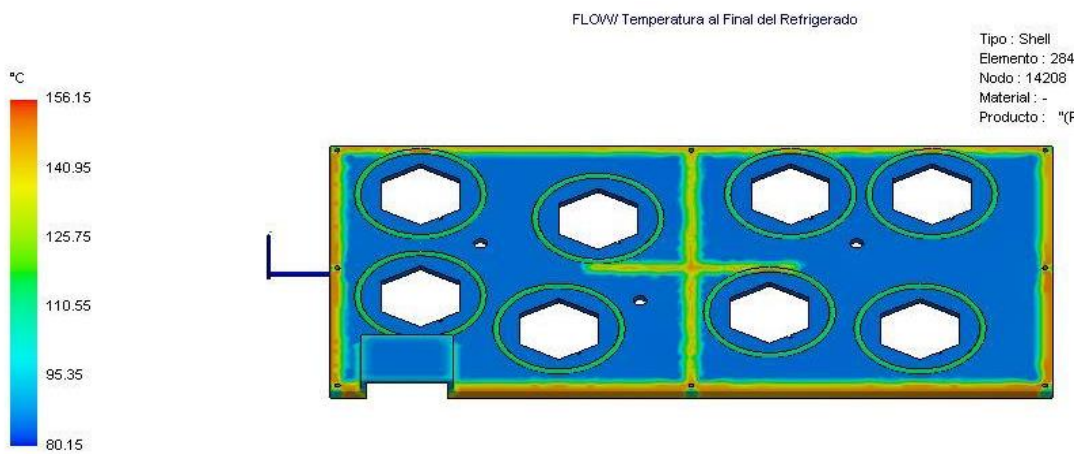


- Tiempo de Refrigeración: mín. 89s ; máx. 829s

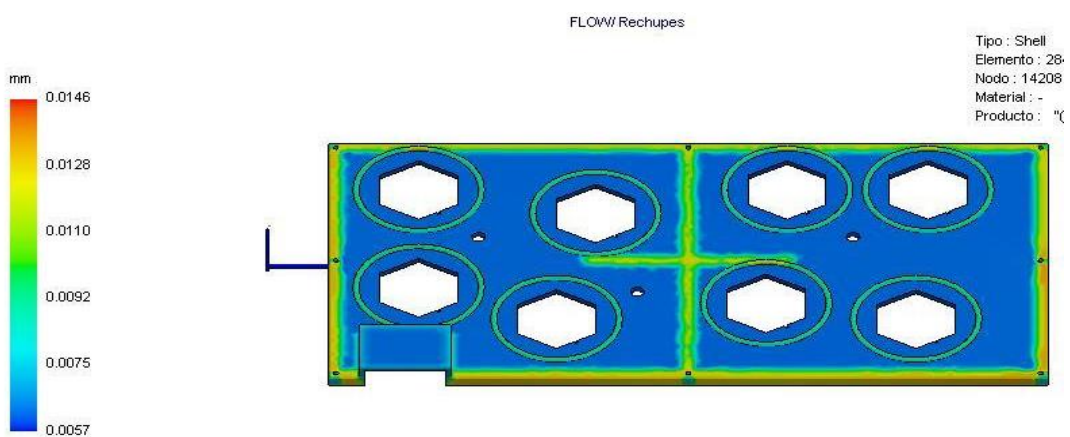
4. Diseño en detalle



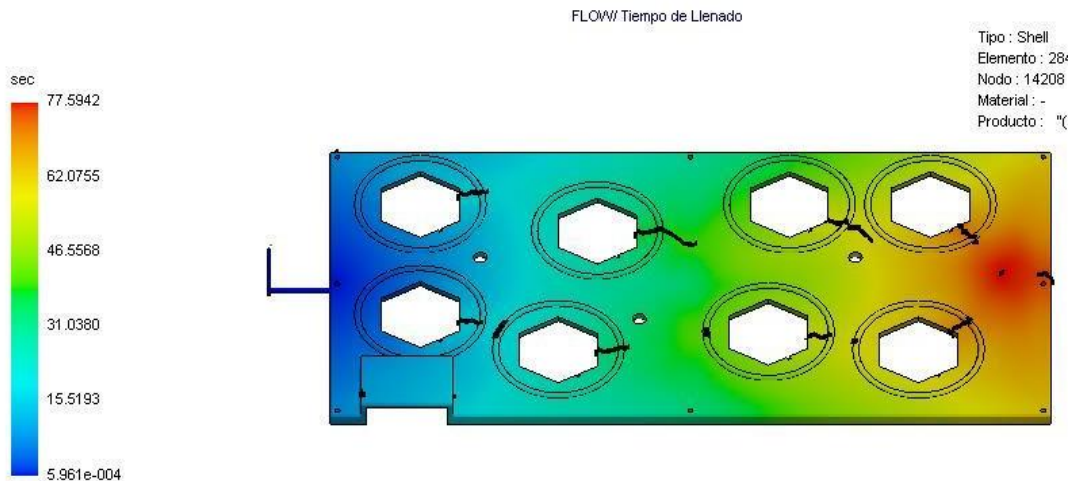
- Temperatura al Final del Refrigerado: mín. 80°C ; máx. 156°C



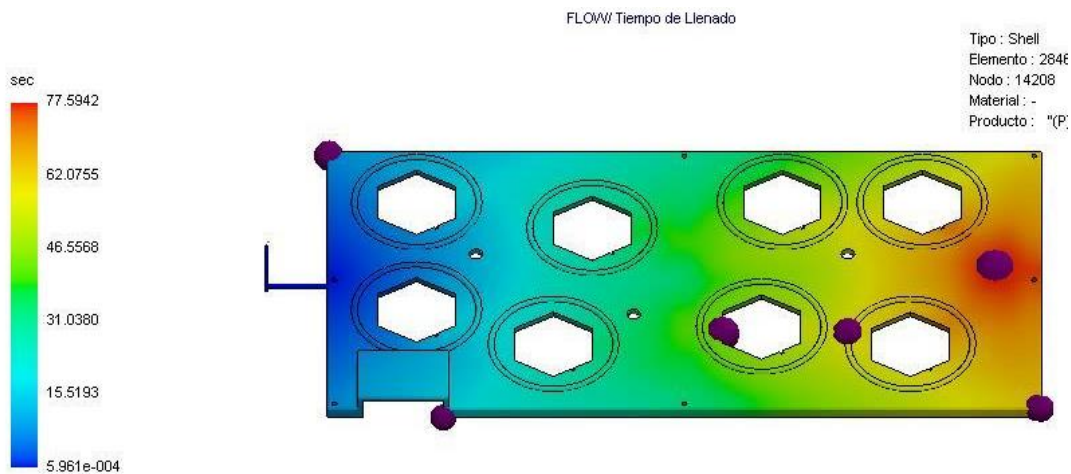
- Rechupes: máx. 0.01mm



- Líneas de soldadura



- Atrapamientos de aire



c. Resumen de empaquetado

- Temperatura Central Máx: 279 °C
- Temperatura Media Máx: 220°C
- Tensiones de Cizalla Máx: 1.2 Mpa
- Tensiones Residuales Máx: 107 Mpa

d. Análisis de la solidificación de la puerta de entrada

La etapa de compactación (*pack* en la Figura 39) es el periodo de tiempo durante el cual, se sigue aplicando presión en el molde después de haber terminado la etapa de inyección (*Flow* en la Figura 39). La gráfica siguiente muestra la evolución de la temperatura en diferentes nodos situados en la puerta de entrada, que es la que va a fijar la duración de esta etapa.

Para definir el tiempo de compactación, se considerará el momento en el que empieza la solidificación en la puerta de entrada, añadiendo unos segundos para dar robustez. En este caso, como se puede ver en la Figura 39, se da a los 105s.

Por tanto, la duración del tiempo de empaquetado será:

$$T_{\text{empaquetado}} = (T_{\text{solidif.}} - T_{\text{inyección}}) + \text{Robustez}$$

Sustituyendo los valores:

$$T_{\text{empaquetado}} = 105 - 80 + 5 = 20\text{s}$$

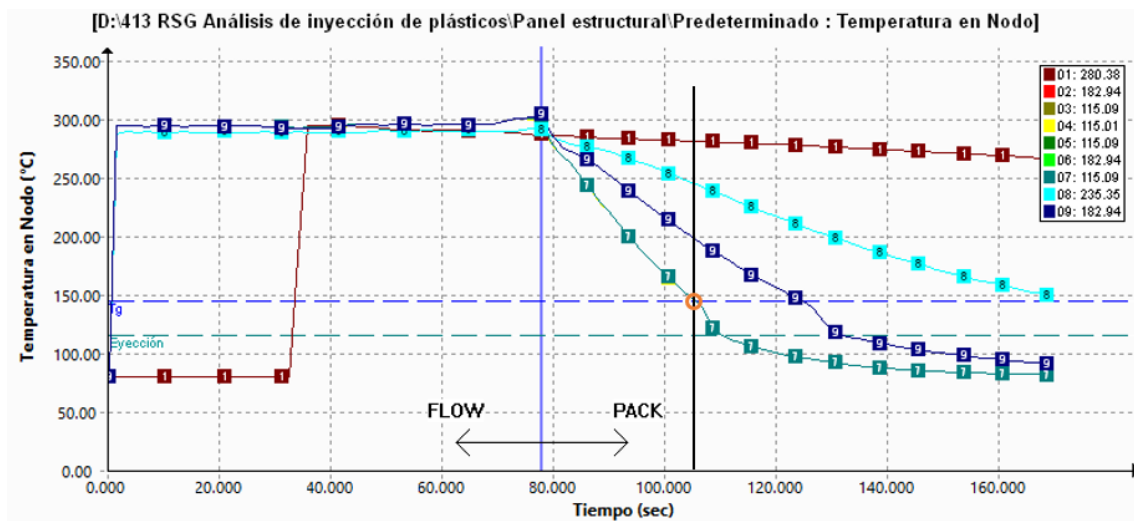


Figura 39 Temperatura de nodos situados en la puerta de entrada

4.7. Análisis de Resistencia Mecánica

4.7.1. Introducción

En este apartado se llevan a cabo los siguientes cuatro estudios con el fin de observar cómo reaccionaría el producto en distintos escenarios.

- Comprobación del sistema de unión a pared y que éste sea capaz de resistir el propio peso del módulo.
- Resistencia del producto al peso máximo esperable durante un uso normal, es decir, el peso de un niño de 6 años en P95. Este peso se multiplicará por un factor que cubra no solo la situación hipotética, sino también el peso de la ropa, que el peso del niño esté por encima del percentil 95 y/o que suba con una carga extra, como pueda ser una mochila. Para todo ello, se estima un factor de multiplicación será de 1,5.
- Momento que surge cuando el centro de masas del usuario se encuentra desplazado del punto de apoyo.
- Resistencia del producto al peso máximo esperable una situación más desfavorable que la esperada, es decir, dos niños subidos a la estructura. Cabe destacar que el uso aconsejable del producto es una persona por vez.

Todos estos análisis tienen en común: el material usado para los componentes, las simplificaciones adoptadas para los cálculos o hipótesis de trabajo, y las condiciones de contorno. Para evitar repetir esta información en cada apartado, se muestra a continuación y posteriormente, los distintos análisis especificando en ellos las particularidades de cada uno.

4.7.2. Datos comunes de los análisis

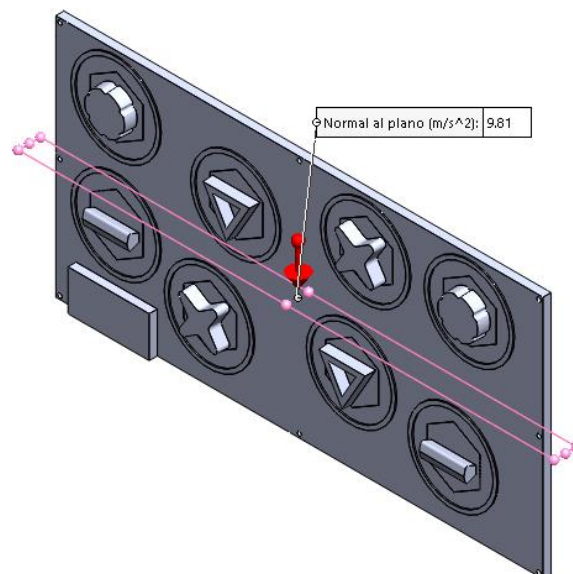
a. Material

El material de los componentes es ABS/PC. Este material tiene las siguientes características.

- Densidad 1070 kg/m³
- Módulo elástico 2410 N/mm²
- Coeficiente de Poisson 0,3897
- Módulo cortante 862,2 N/mm²
- Densidad de masa 1070 kg/m³
- Límite de tracción 40 N/mm²
- Conductividad térmica 0.2618 W/(m·K)
- Calor específico 1900 J/(kg·K)

b. Hipótesis de trabajo

- Para el CAE no se han tenido en cuenta los redondeos de las aristas. Aunque son necesarios en el diseño de la pieza para eliminar las aristas vivas, no aportan información relevante en estos estudios mecánicos.
- Se hace una simplificación en las uniones entre las presas y la estructura. Para los análisis aquí presentes, se considera unión rígida, aunque en la realidad se realizará mediante soldadura por ultrasonidos.
- Gravedad: 9,81m/s²



c. *Tipo de malla*

- Tamaño de elementos: 7 mm
- Tolerancia: 0,35mm

Nombre de estudio	Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Activar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	7 mm
Tolerancia	0.35 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	471167
Número total de elementos	292221
Cociente de aspecto máximo	8.8452
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	99.2
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:02:11
Nombre de computadora	

Figura 40 Detalles de la malla

Como se puede observar, con esta configuración de malla se obtienen un porcentaje de elementos con coeficiente de aspecto < 3 del 99,2% y un Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10 de 0, valores aceptables para estos análisis.

d. *Condiciones de contorno*

- Geometría fija o empotramiento: en las caras donde irá el sistema de unión, ya que los módulos irán unidos a la pared mediante varilla roscada de acero y taco químico. Bloquea 6 GDL, los giros y desplazamientos sobre los tres ejes X, Y y Z en los puntos marcados en la Figura 41.

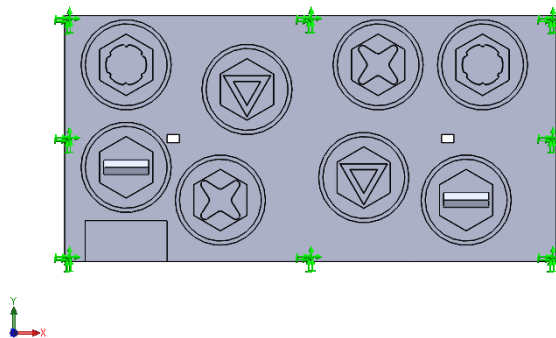


Figura 41 Esquema de las restricciones debidas al sistema de unión a pared

- Rodillo: En las caras que estarán en contacto con la pared ya que la geometría de la estructura y el sistema de unión permiten el movimiento en el plano paralelo a la pared y el giro sobre esta. El producto no puede atravesar la pared, aunque sí puede rotar o deslizarse sobre ella. Por tanto, bloquea 3 GDL, dos giros (respecto a X e Y) y un desplazamiento (respecto a Z) como ejemplifica la Figura 42.

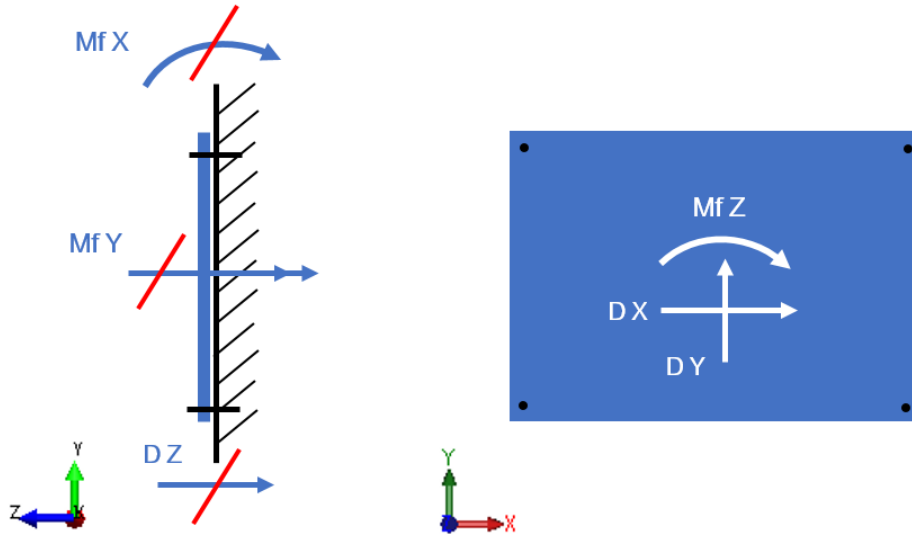
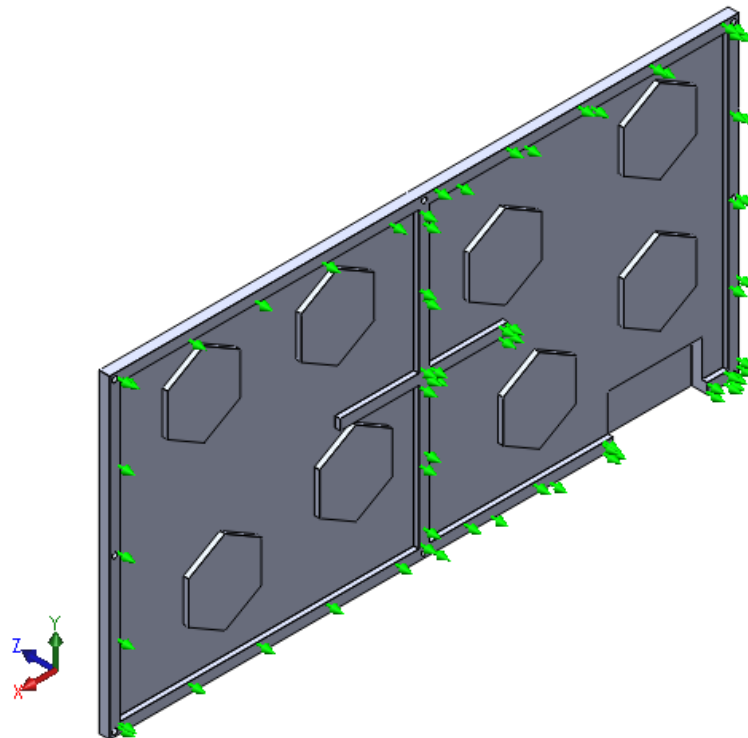


Figura 42 Esquema de las restricciones debidas a la pared



4.7.3. Análisis Resistencia al propio peso del producto

En este análisis se comprueba el peso del módulo y si este es capaz de soportar anclado en la pared. En este caso no se aplica ninguna carga extra a la estructura, únicamente su peso propio, que es de 11,51 kg.

Los resultados son los siguientes:

- Máxima tensión según el criterio de Von Mises: 0,10 MPa [Figura 43]
- Desplazamiento máximo: 0,002 mm [Figura 46]
- Reacciones [Figura 48]:

Fuerza de reacción (N)	
Componente	Todo el modelo
Sum Y:	112.94
Sum Z:	0.00027196
Resultante:	112.94

- Comprobación: La resultante de las reacciones coincide con la carga aplicada, que en este caso sería únicamente el peso de la estructura por la aceleración de la gravedad.

Resultante de las reacciones según el programa: **112,94 N**

Carga aplicada F: 11,51 Kg debidos al peso de la estructura.

Resultante calculada: $F = m \cdot a \rightarrow F = 11,51 \cdot 9,81 = 112,91 \text{ N}$

Como se puede observar, los resultados son similares.

- Conclusiones:

Las tensiones aparecen en las zonas donde irá anclada la estructura. En el detalle de la Figura 45, se puede ver como la máxima tensión según el criterio de Von Mises es de 0,10 MPa.

En la Figura 47 se aprecia como el propio peso del módulo provocaría una deformación, pero esta es despreciable ya que es inferior a 1 mm.

En la Figura 48, se puede apreciar que las reacciones donde se localizan los anclajes oscilan entre 9 y 24 N. Según el catálogo de fabricante, disponible en el Anexo: Información de fabricante Taco químico, el sistema de unión permite unas cargas del

orden de kN, muy superior a las que estaría expuesto en la realidad, por tanto, el sistema de unión seleccionado es válido.

- Figuras de los resultados:

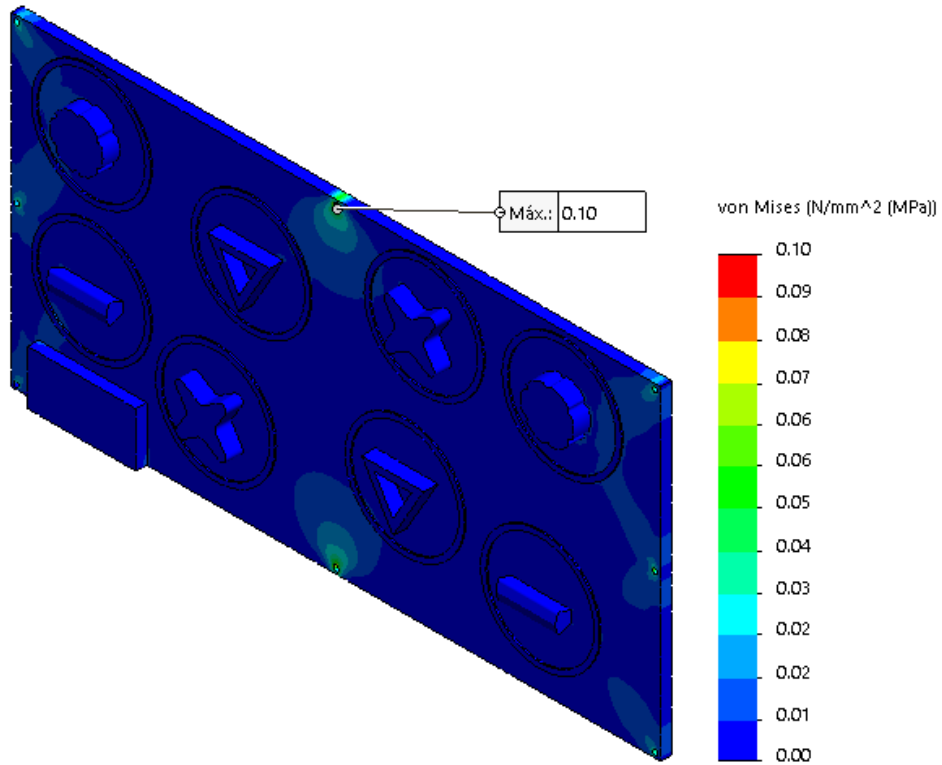


Figura 43 Análisis Sistema Fijación a pared. Tensiones a escala real

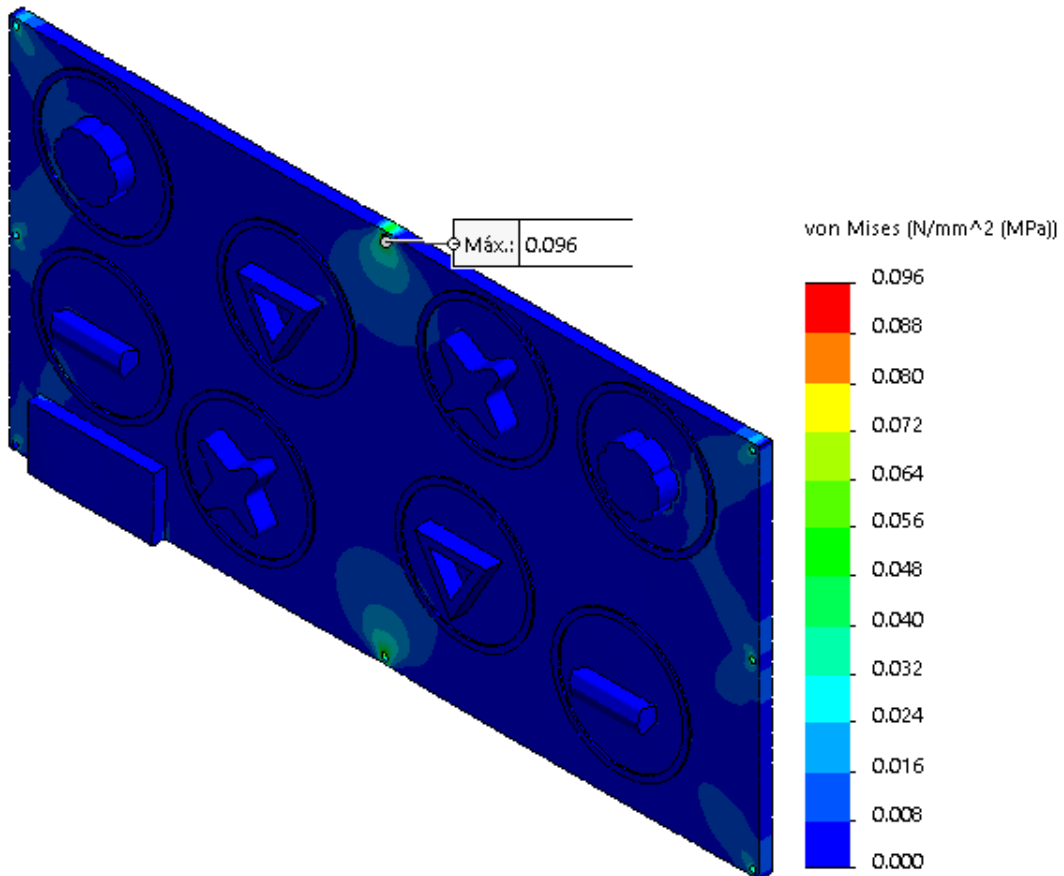


Figura 44 Detalle de Análisis Sistema Fijación a pared. Representación de tensiones a escala 2000/1

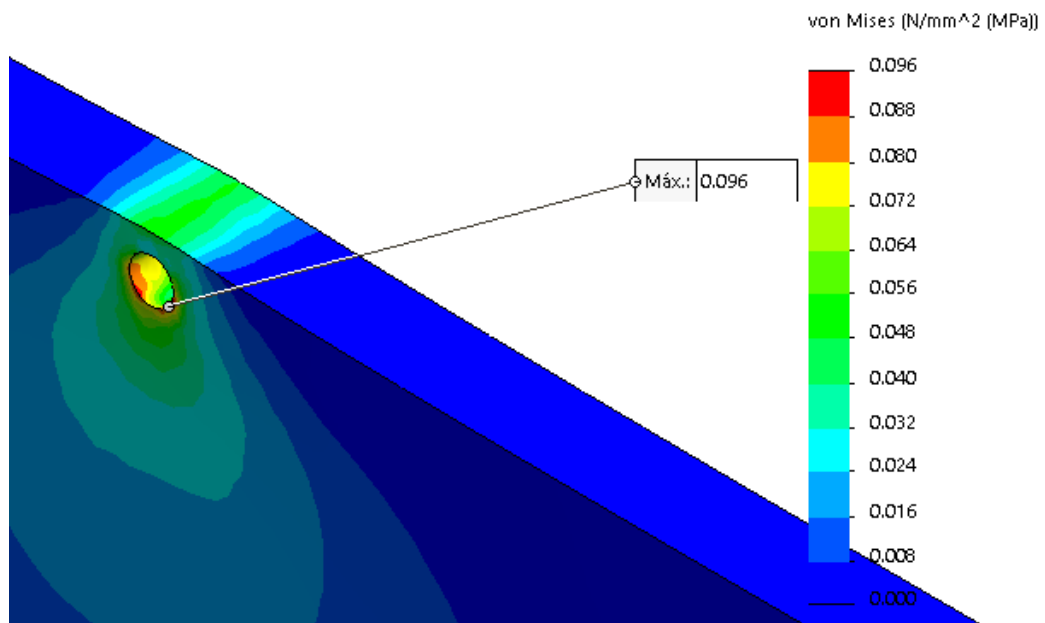


Figura 45 Detalle de Análisis Sistema Fijación a pared. Representación de tensiones a escala 2000/1

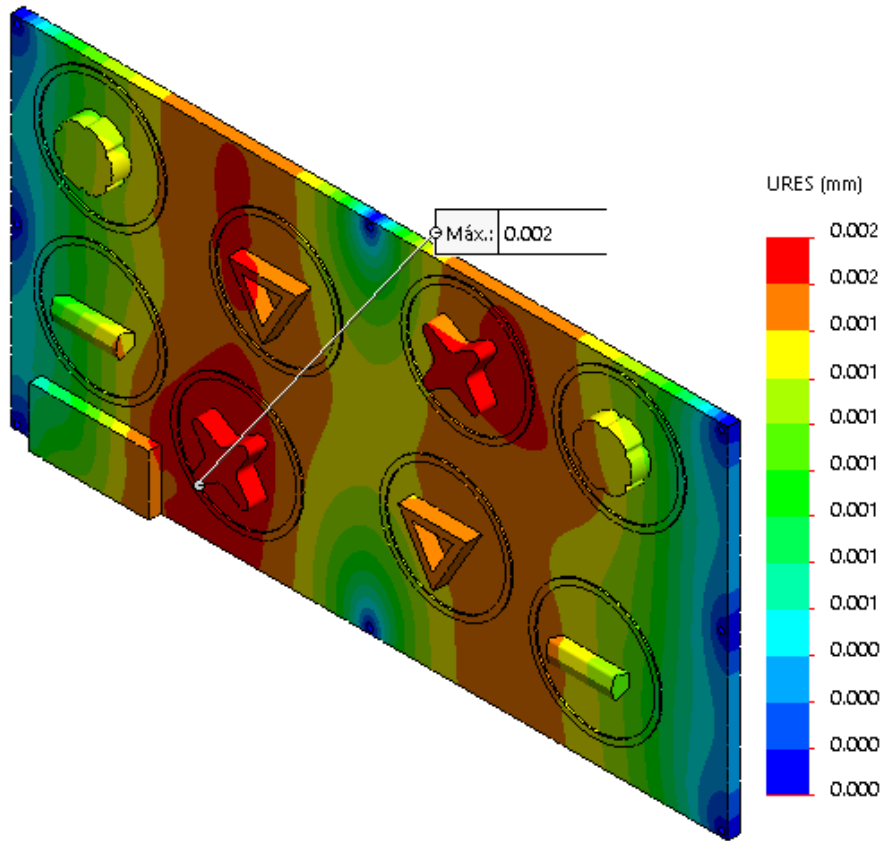


Figura 46 Análisis Sistema Fijación a pared. Desplazamientos a escala real

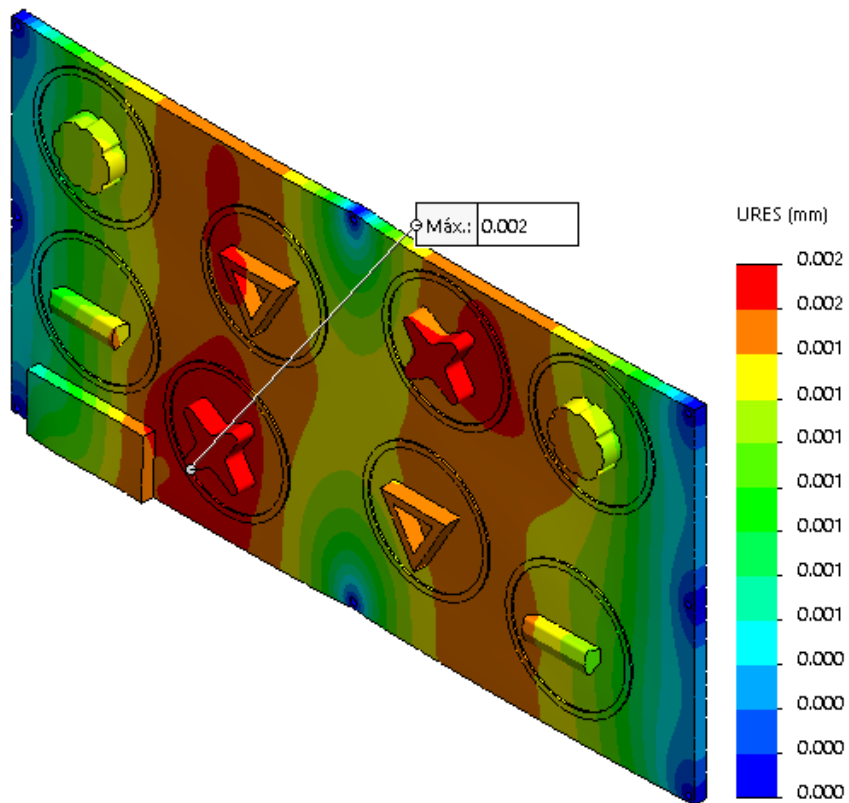


Figura 47 Análisis Sistema Fijación a pared. Desplazamientos a escala 5000/1

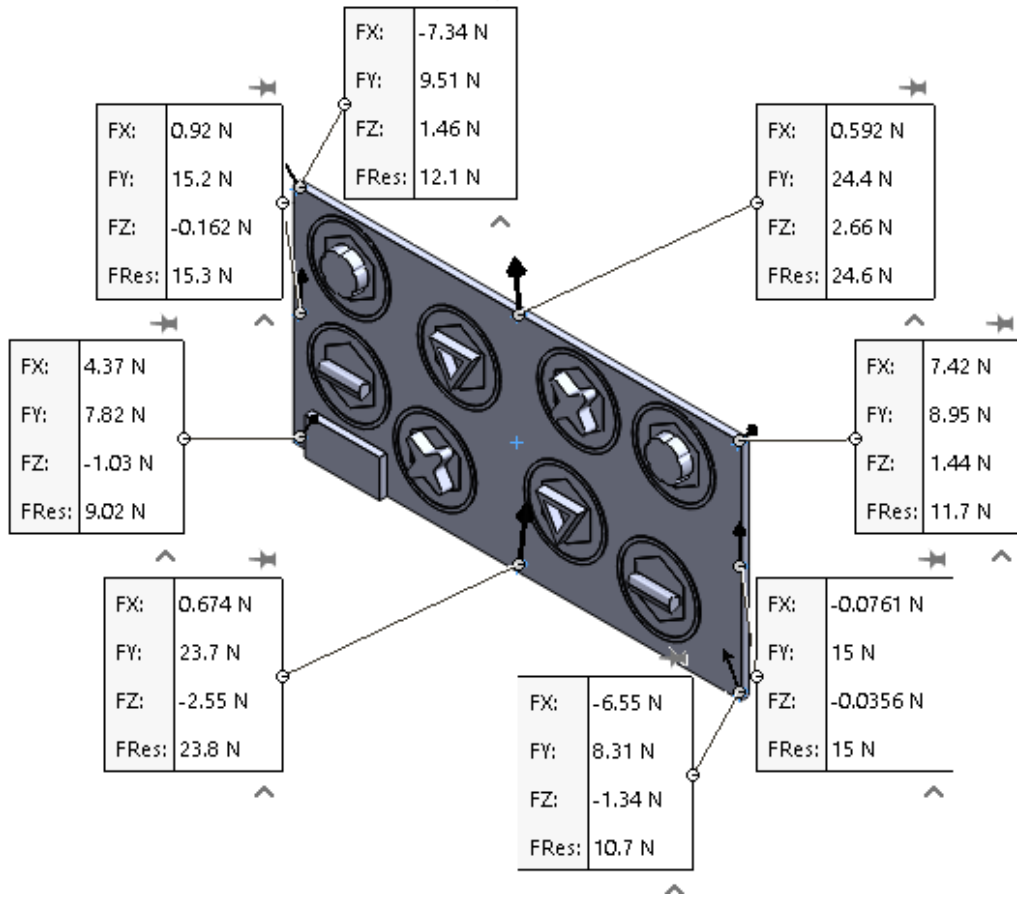


Figura 48 Análisis Sistema Fijación a pared. Reacciones

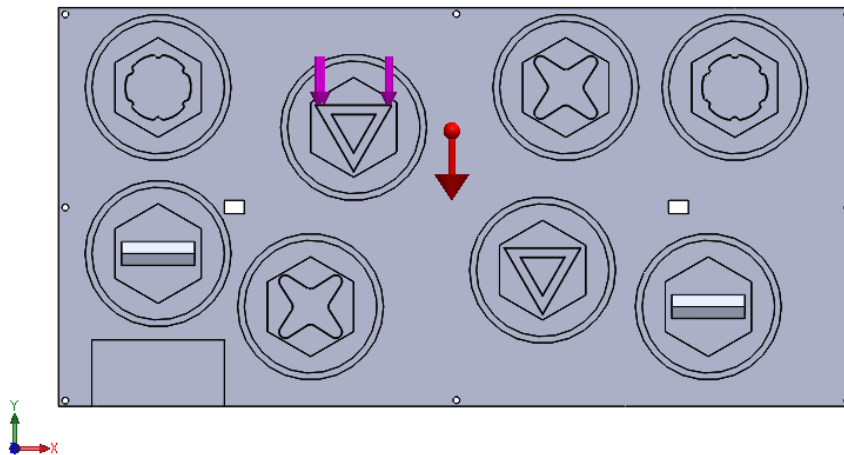
4.7.4. Resistencia al peso de un niño

En este análisis se comprueba la resistencia del producto cuando está sometido a las cargas equivalentes al peso máximo esperable. Para ello, se toma el peso de un niño de 6 años en P95. Para estar en el lado de la seguridad, se aplica un factor de multiplicación a esta carga, para además considerar en el estudio que el niño tenga un peso por encima del percentil 95 y otros elementos, como son la ropa que lleve y alguna carga extra como una mochila. Para ello, se estima que dichas cargas no serán superiores a la mitad del propio peso del niño, por lo que el factor de multiplicación será de 1,5. Además, se supone que todo el peso recae sobre una única presa, aunque esta situación es poco probable ya que lo normal es que se apoye en más de una ayudándose de los pies y con las manos en distintas presas.

- Masa del niño: 24,9kg

Coefficiente de seguridad de 1,5 $\rightarrow m = 24,9 \cdot 1,5 = 37,35\text{kg}$

Carga aplicada: $F = m \cdot a \rightarrow F = 37,35 \cdot 9,81 = 366,4035\text{ N}$



Los resultados son los siguientes:

- Máxima tensión según el criterio de Von Mises: 0,97 MPa [Figura 50]
- Desplazamiento máximo: 0,052mm [Figura 53]
- Reacciones: [Figura 56]

Fuerza de reacción (N)	
Componente	Todo el modelo
Sum X:	0.015636
Sum Y:	449.11
Sum Z:	11.728
Resultante:	449.26

- Comprobación: La resultante de las reacciones coincide con la carga aplicada, que en este caso sería únicamente el peso de la estructura por la aceleración de la gravedad.

Resultante de las reacciones: **479,26 N**

Carga aplicada F: 11,51 kg debidos al peso de la estructura más 37,35 kg debidos al peso del niño.

$$F = m \cdot a \rightarrow F = (11,51 + 27,35) \cdot 9,81 = \mathbf{479,31 \text{ N}}$$

En este caso, el valor de la reacción resultante es mayor que el anterior ya que al peso de la estructura, hay que añadirle la nueva carga que es el peso del niño. Como se puede observar, los resultados son similares.

Para completar este estudio, se han llevado a cabo simulaciones aplicando la misma carga en los distintos tipos de presa, obteniendo unos resultados comparables, es decir, son del mismo orden tanto para tensión como desplazamientos. Las imágenes correspondientes a estas simulaciones se pueden consultar en el Anexo: Complemento Análisis de Resistencia, con el fin de agilizar la consulta de este apartado. La Tabla 22 muestra un resumen de los datos más relevantes obtenidos.

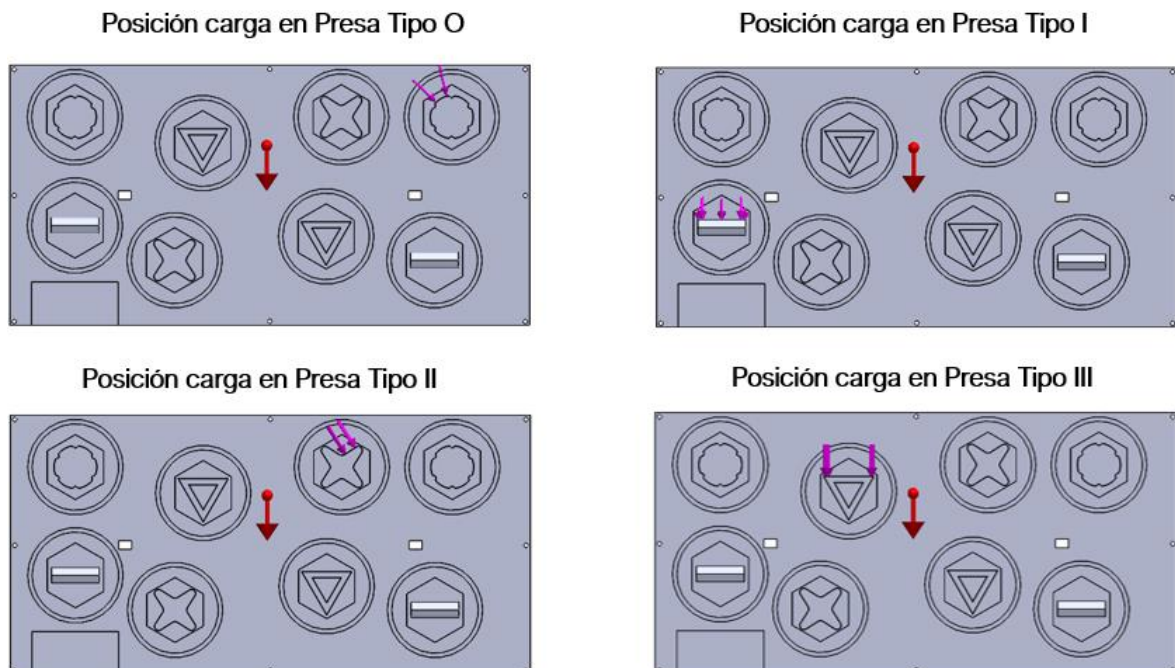


Figura 49 Aplicación de las cargas

Tabla 22 Resumen de Tensiones y Desplazamientos del Estudio de Resistencia

Presa	Carga (N)	Punto de aplicación	Tensión máxima Von Mises (MPa)	Desplazamientos (mm)
Tipo O	366,4	Figura 49	0,68	0,022
Tipo I	366,4	Figura 49	0,9	0,022
Tipo II	366,4	Figura 49	1,06	0,032
Tipo III	366,4	Figura 49	0,83	0,032

Conclusiones

Por un lado, las tensiones máximas están lejos de causar daño en la estructura y por otro, los desplazamientos debidos a las cargas son inapreciables durante su uso.

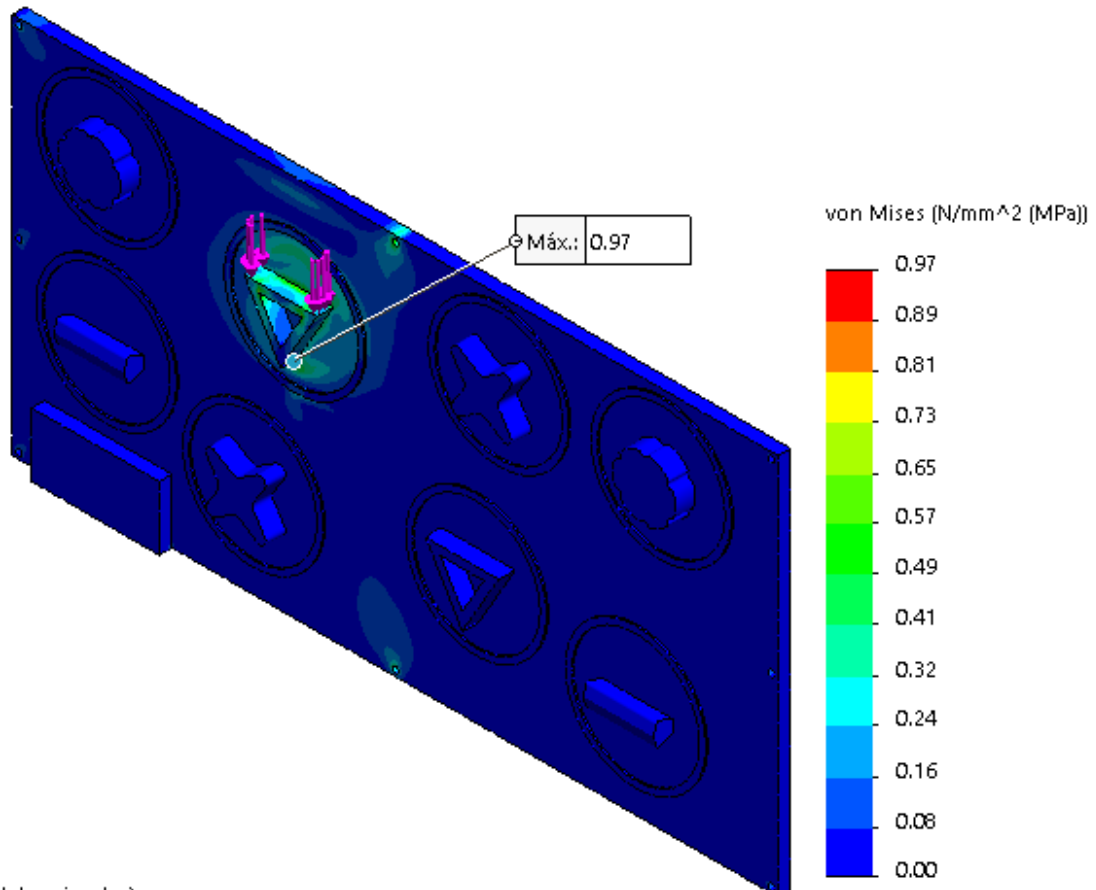


Figura 50 Análisis Resistencia al peso de un niño. Tensiones a escala real

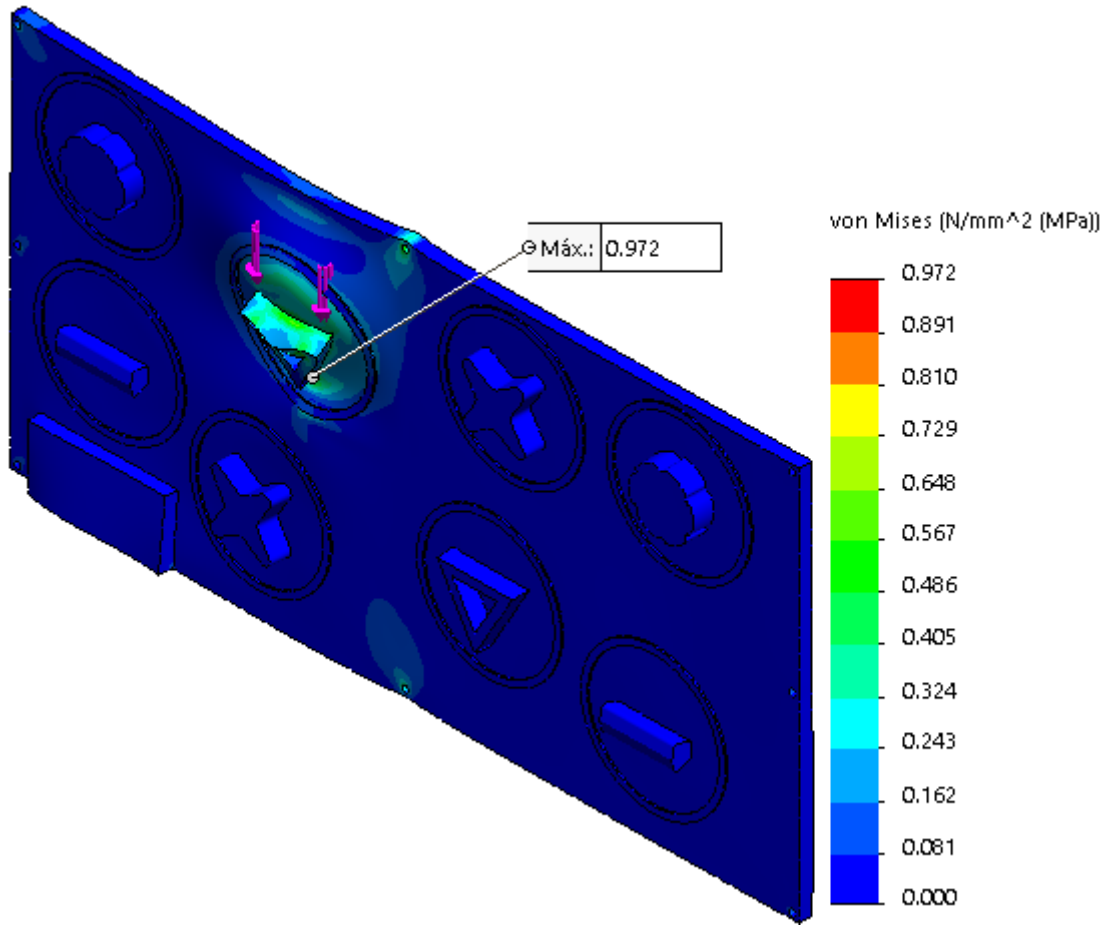


Figura 51 Análisis Resistencia al peso de un niño. Tensiones a escala 1000/1

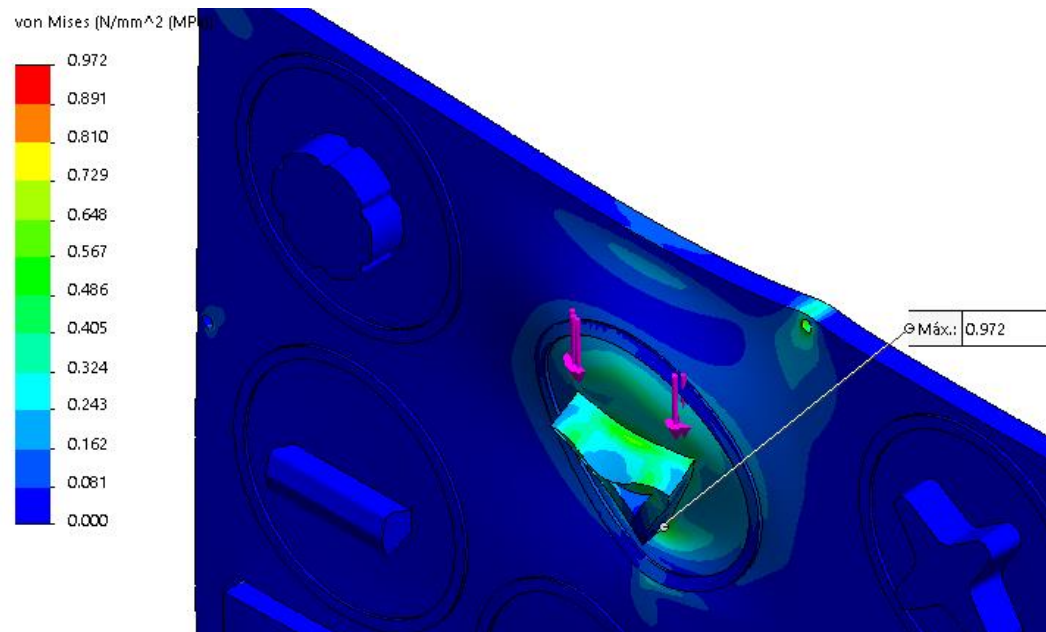


Figura 52 Detalle Análisis Resistencia al peso de un niño. Tensiones a escala 1000/1

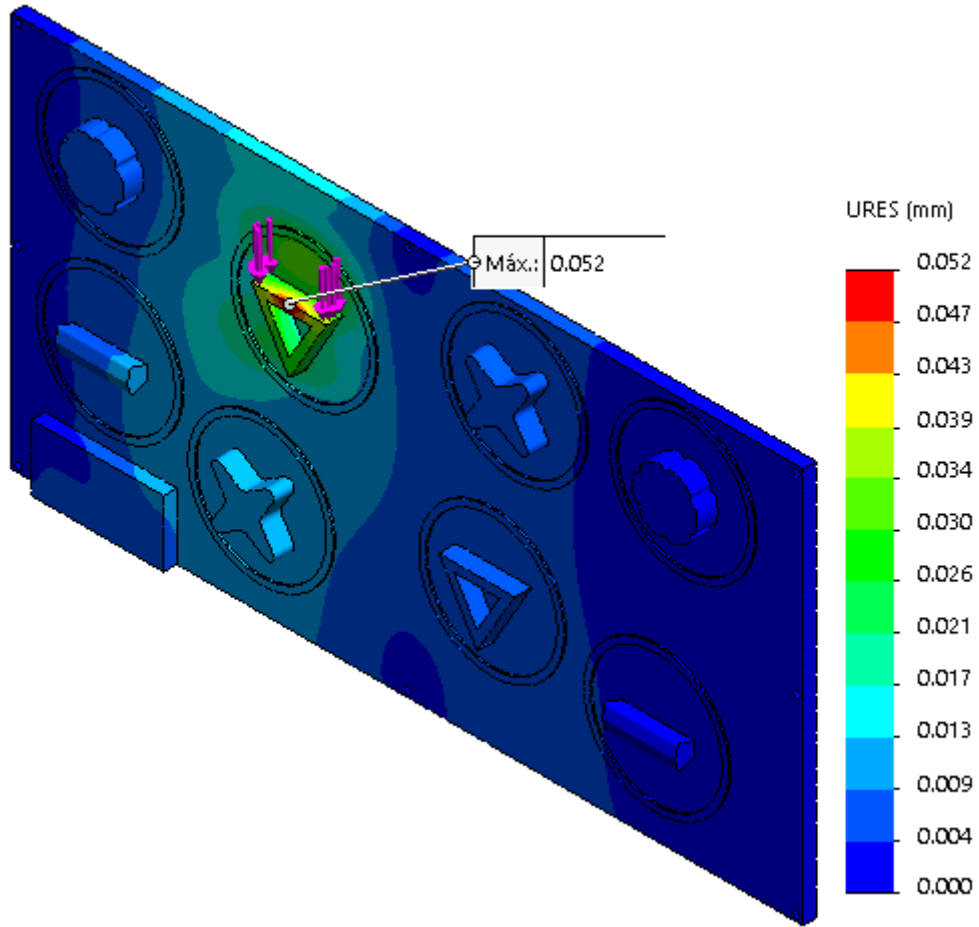


Figura 53 Análisis Resistencia al peso de un niño. Desplazamientos a escala real

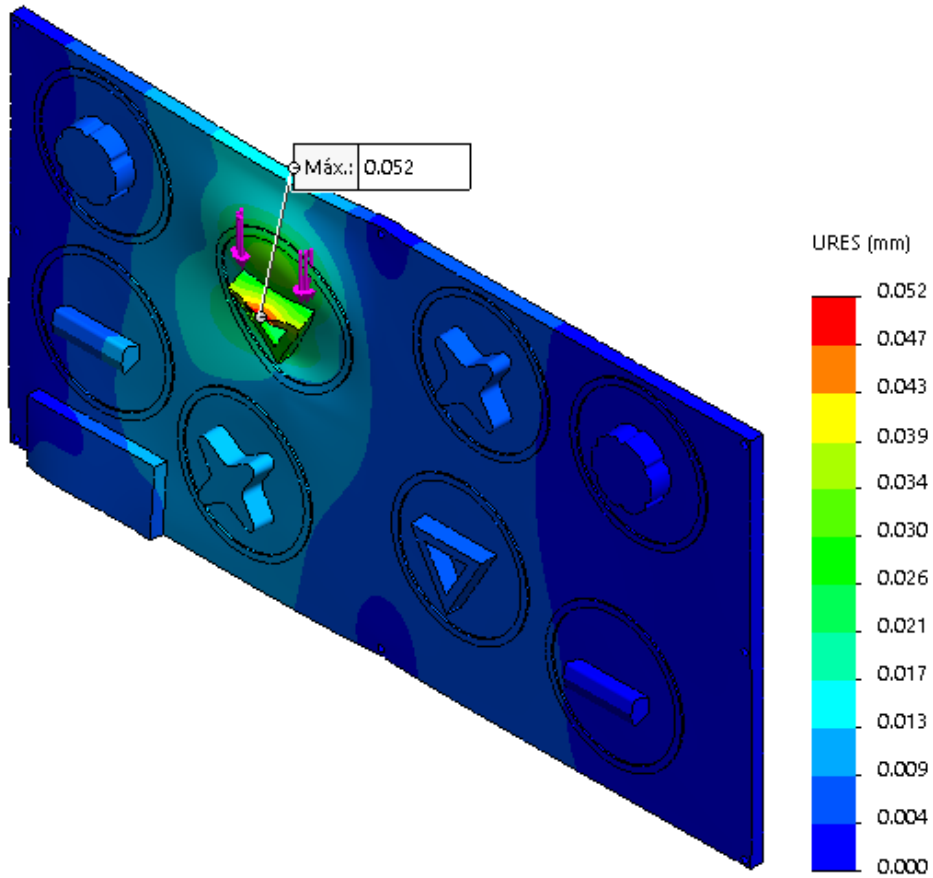


Figura 54 Análisis Resistencia al peso de un niño. Desplazamientos a escala 750/1

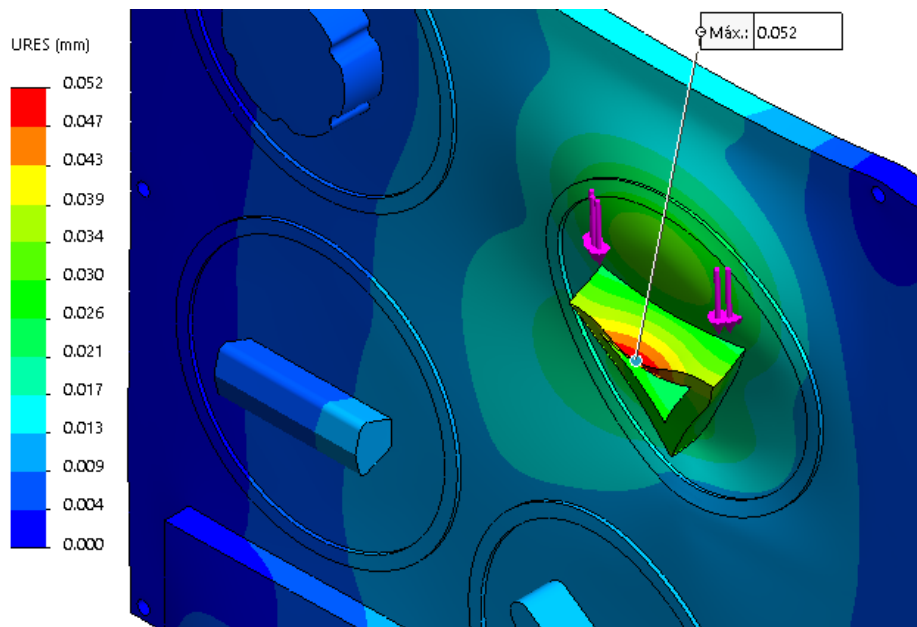


Figura 55 Detalle de Análisis Resistencia al peso de un niño. Desplazamientos a escala 750/1

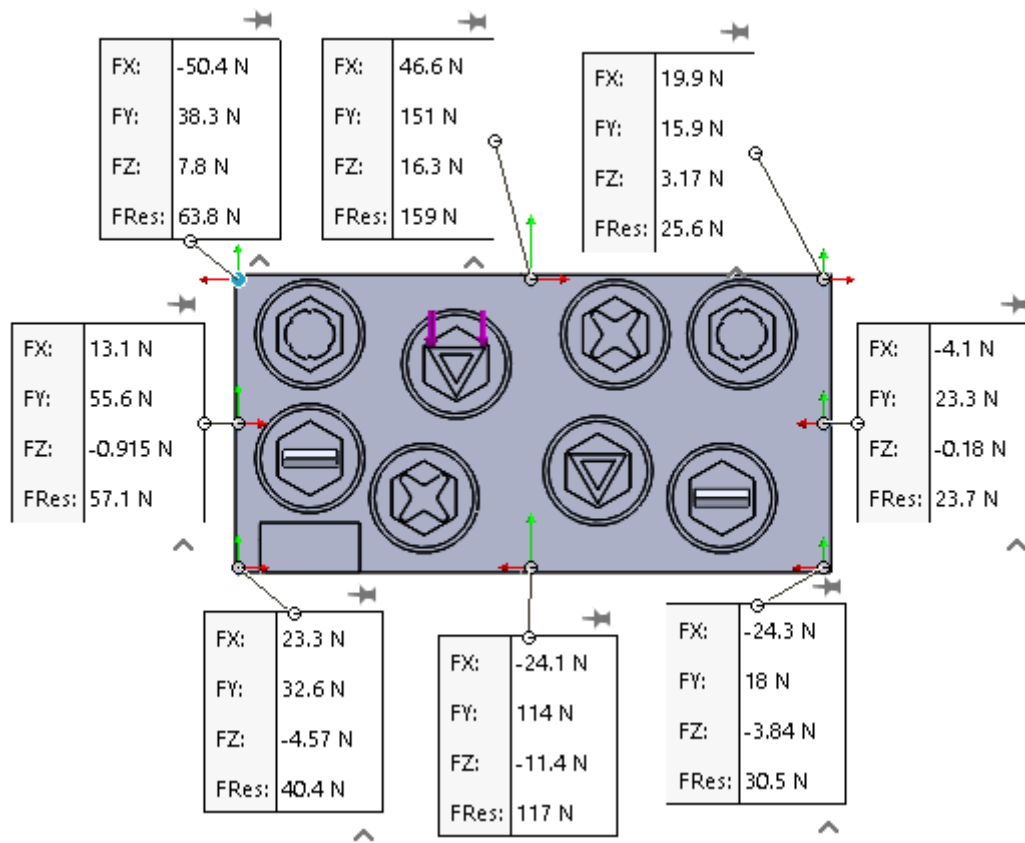


Figura 56 Análisis Resistencia al peso de un niño. Reacciones

4.7.5. Momento torsor

Suponiendo que el niño esté sujetado a una presa con una mano y apoyando el pie en otra, en la presa donde tenga apoyado el pie surgirá un momento que tendrá el punto de aplicación mostrado en la Figura 57.



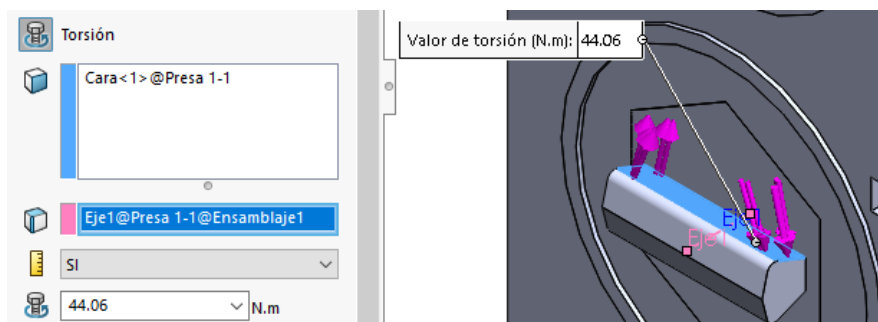
Figura 57 Modelización del momento aplicado

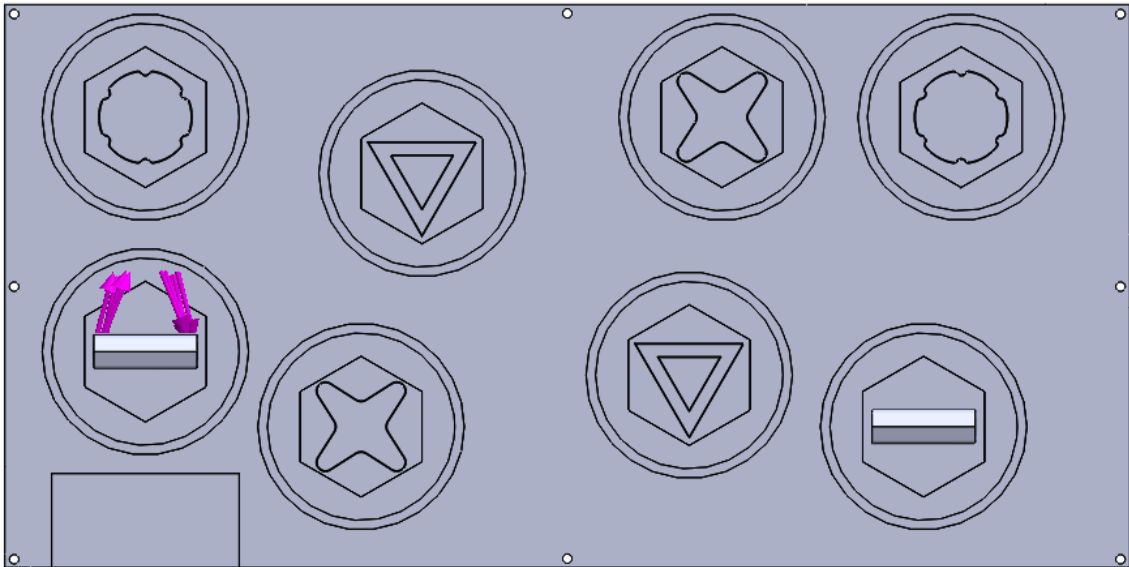
La Distancia representa la mínima separación entre el punto de aplicación y el centro de masa del cuerpo del niño. Esta distancia puede tener una amplitud variable en función de la longitud de la pierna y el ángulo de apertura. Al realizar la búsqueda no se han encontrado datos de esta distancia para niños de 6 años, por lo que se decide tomar como distancia la mitad del Alcance máximo del brazo en lateral del estudio antropométrico, por ser una cifra similar.

Características del Momento:

- Carga: 168,2N
- Distancia: 262 mm
- Momento: $M = F \cdot d = 168,2 \cdot 0,262 = 44,06 \text{ N}\cdot\text{m}$

Las propiedades que definen este Momento se encuentran en la siguiente figura.





Los resultados son los siguientes:

- Tensión máxima según el criterio de Von Mises [Figura 58]: 2,91 MPa
- Desplazamiento máximo [Figura 61] : 0,189 mm

Conclusiones:

Por un lado, las tensiones máximas están lejos de causar daño en la estructura y, por otro lado, los desplazamientos debidos a las cargas son inapreciables durante su uso.

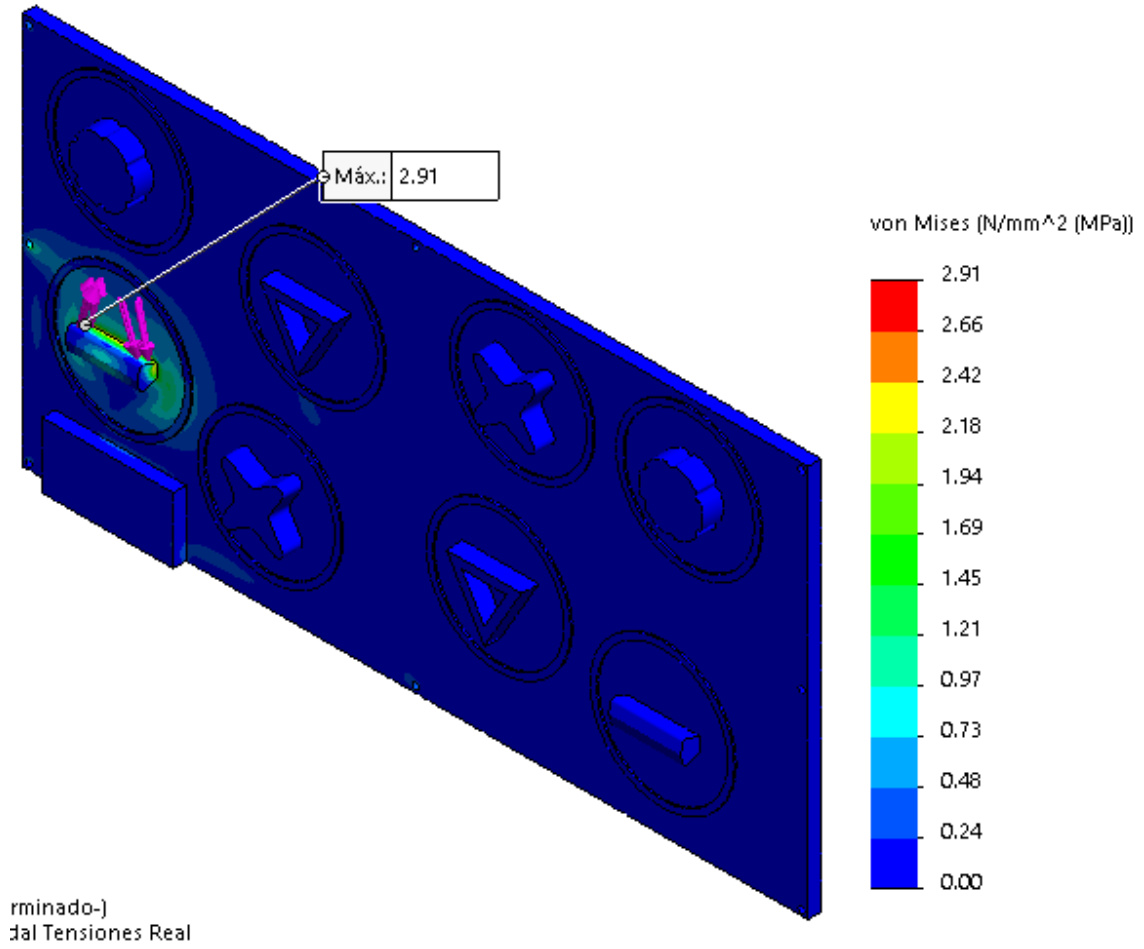


Figura 58 Análisis Momento. Tensiones a escala real

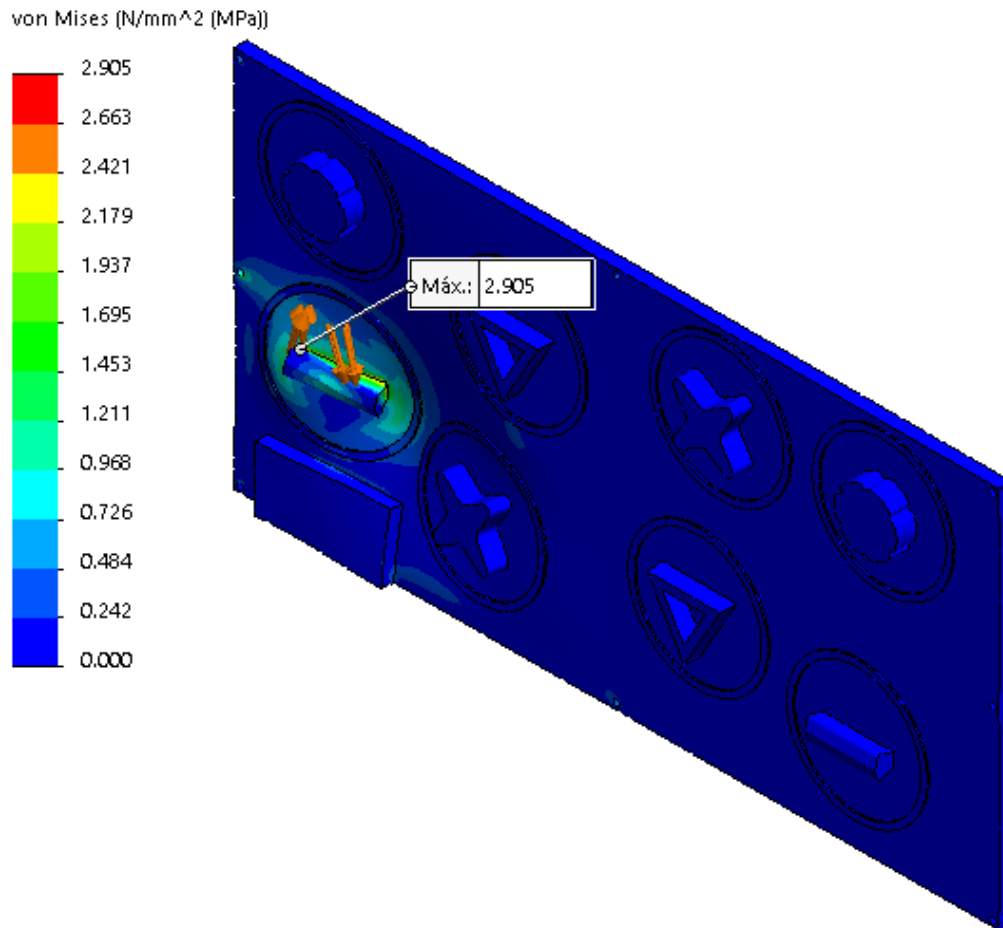


Figura 59 Análisis Momento. Tensiones a escala 200/1

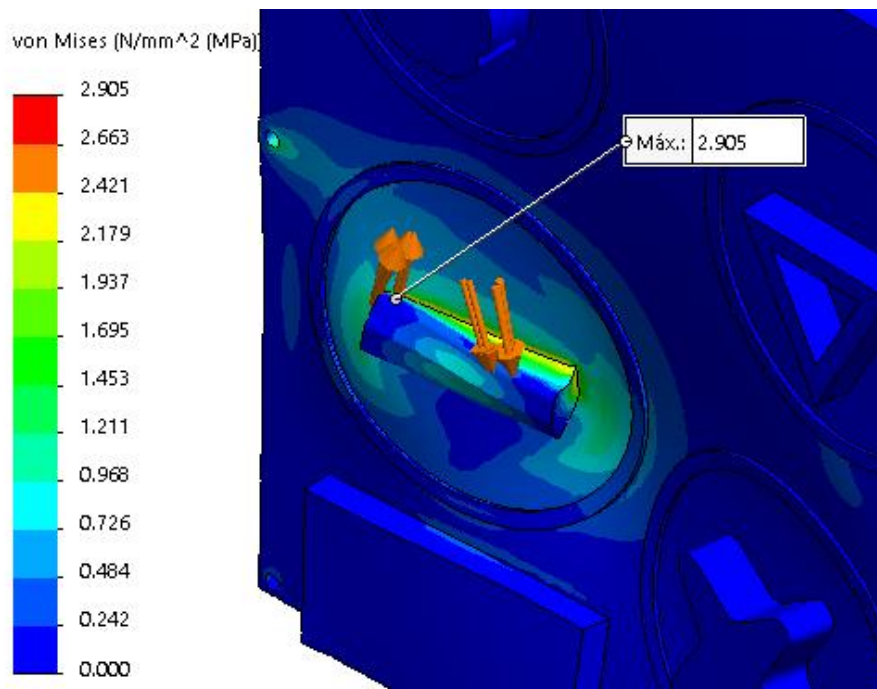


Figura 60 Detalle Análisis Momento. Tensiones a escala 200/1

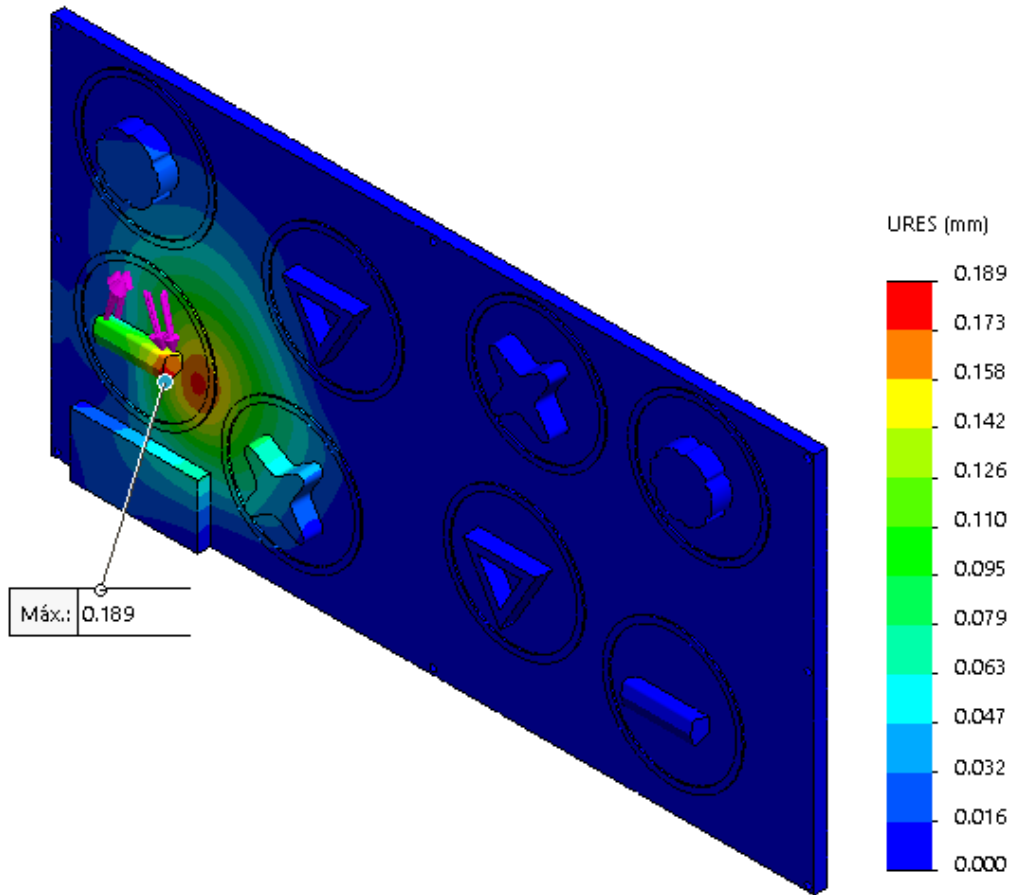


Figura 61 Análisis Momento. Desplazamientos a escala real

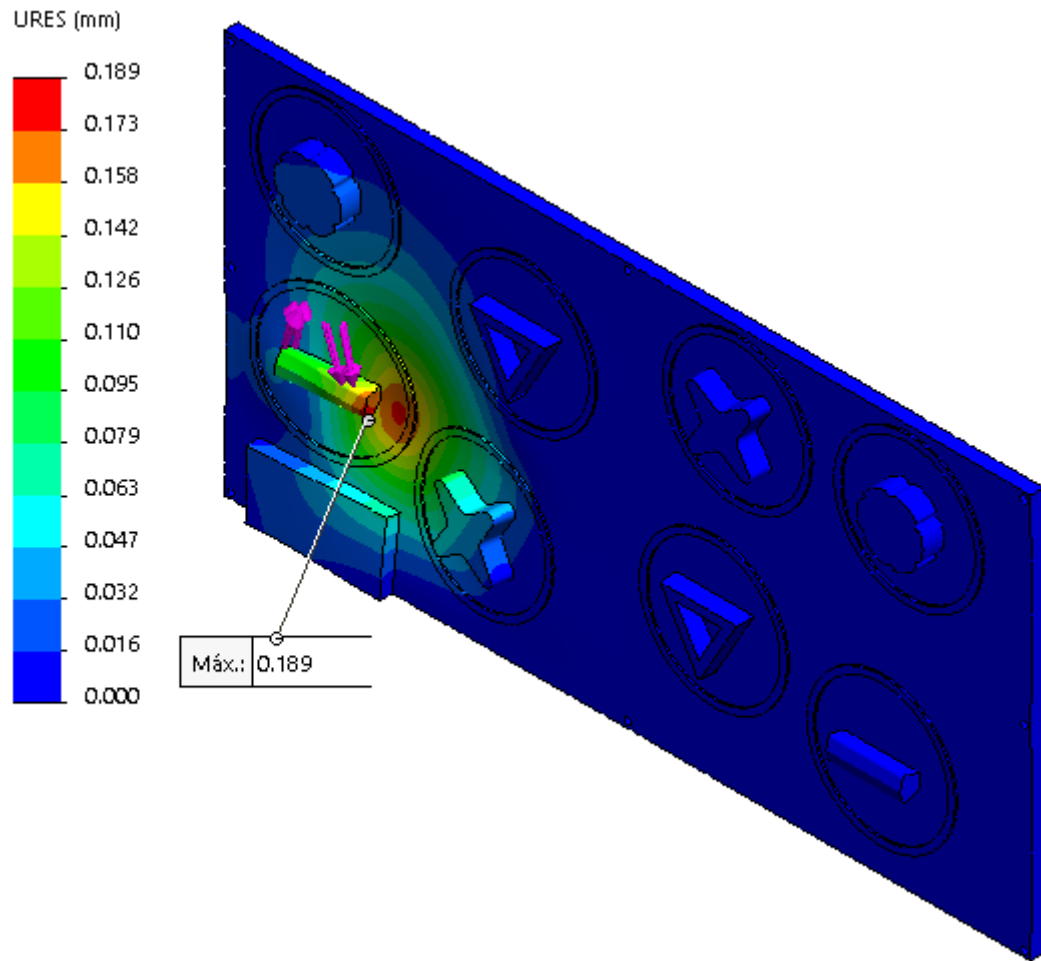


Figura 62 Análisis Momento. Desplazamientos a escala 150/1

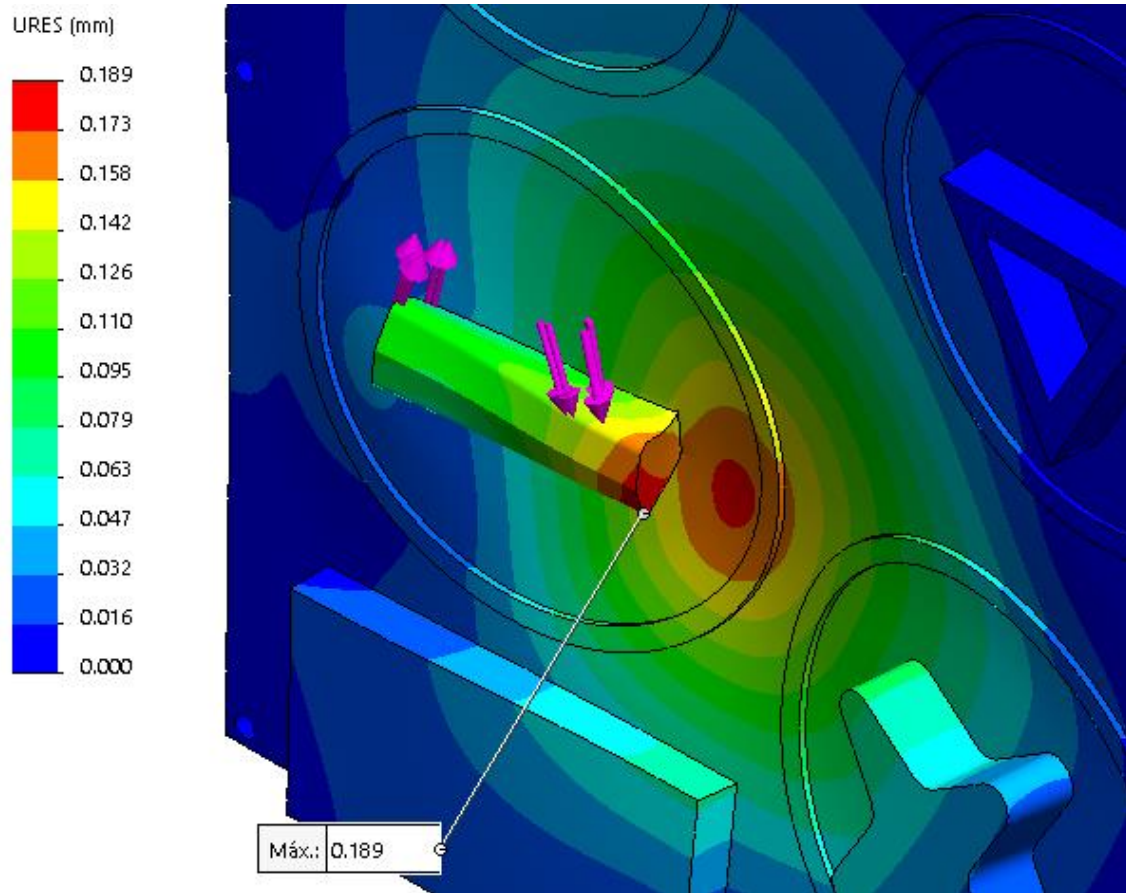


Figura 63 Detalle Análisis Momento. Desplazamientos a escala 150/1

4.7.6. Resistencia del producto ante imprevistos

Hay veces en las que puede ocurrir que se hagan usos indebidos de los productos, por falta de información u otros motivos. Por ello, es importante prever este tipo de situaciones y comprobar si el diseño del producto es capaz de soportarlos.

En este caso se observa que, aunque solo deba usarse por una persona cada vez, en la estructura queda espacio libre que puede invitar a que suba otra más. Por tanto, cabe preguntar cómo reaccionaría la estructura entonces.

El caso hipotético más desfavorable será pues, que todo el peso de cada niño recaiga sobre las presas, es decir: 2 cargas del valor de 366,4035 N aplicadas cada una en una presa diferente.

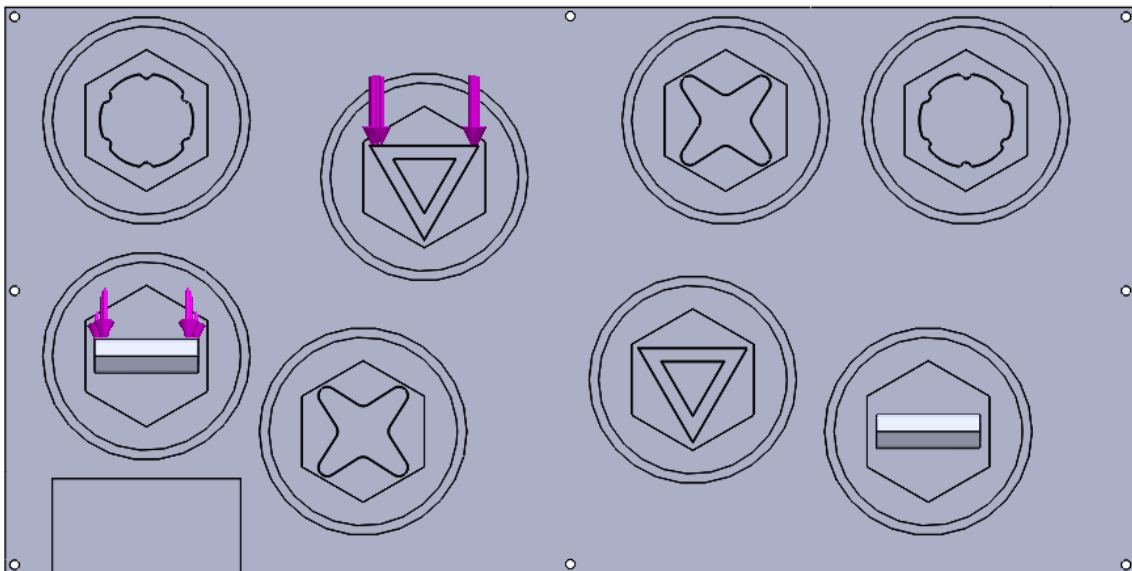


Figura 64 Aplicación de las cargas para Análisis Resistencia ante imprevistos

Resultados:

- Tensión máxima según criterio de Von Mises 3,03 Mpa
- Desplazamiento máximo 0,551 mm
- Reacciones

Componente	Todo el modelo
Sum X:	-0.020008
Sum Y:	1410
Sum Z:	-226.48
Resultante:	1428.1

Conclusiones:

Por un lado, las tensiones máximas están lejos de causar daño en la estructura. Como se puede apreciar en el detalle en la Figura 67 la tensión máxima, con un valor de 3,03 MPa aparece en las zonas donde intersecan el saliente de la presa con la pared de esta.

Por otro lado, los desplazamientos máximos se dan en los extremos de los salientes de las presas con valores inferiores a 1mm que se muestran en el detalle en la Figura 69, por lo que los desplazamientos debidos a las cargas son inapreciables durante el uso del producto.

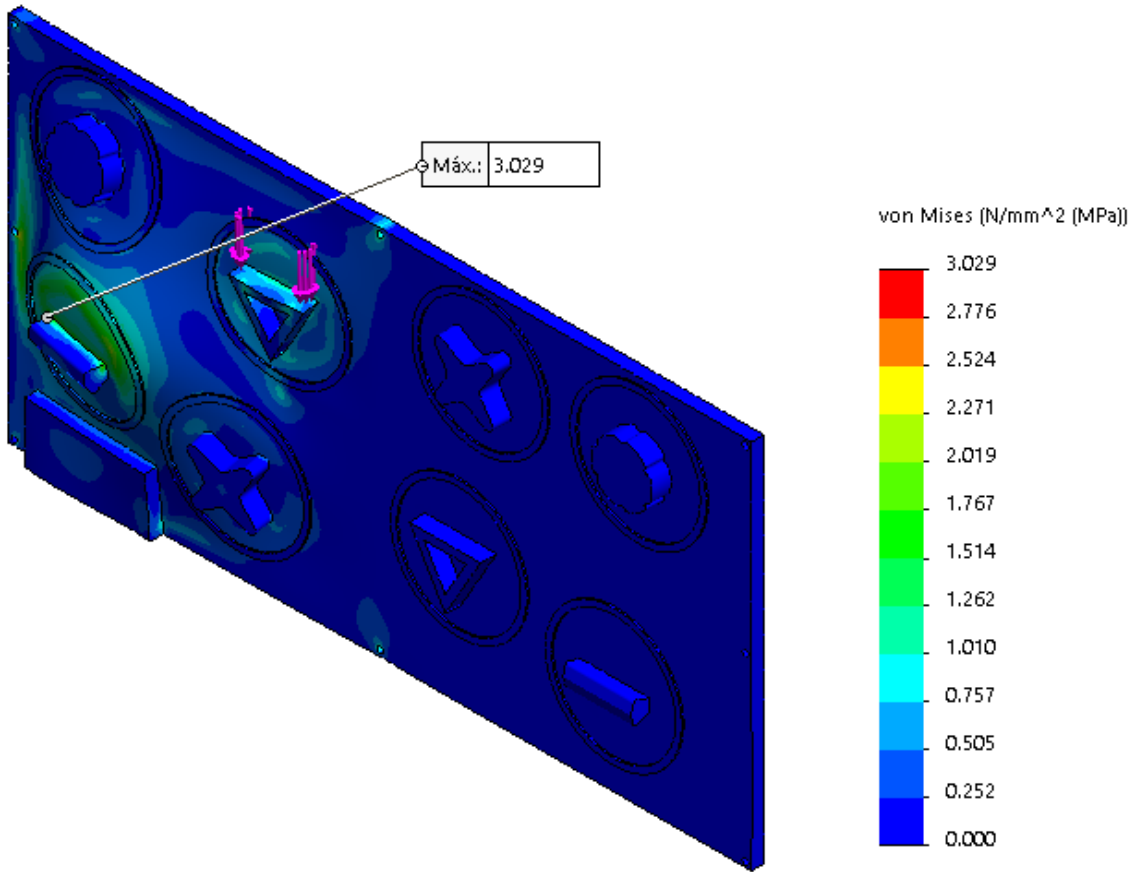


Figura 65 Análisis Resistencia ante imprevistos. Tensiones a escala 100/1

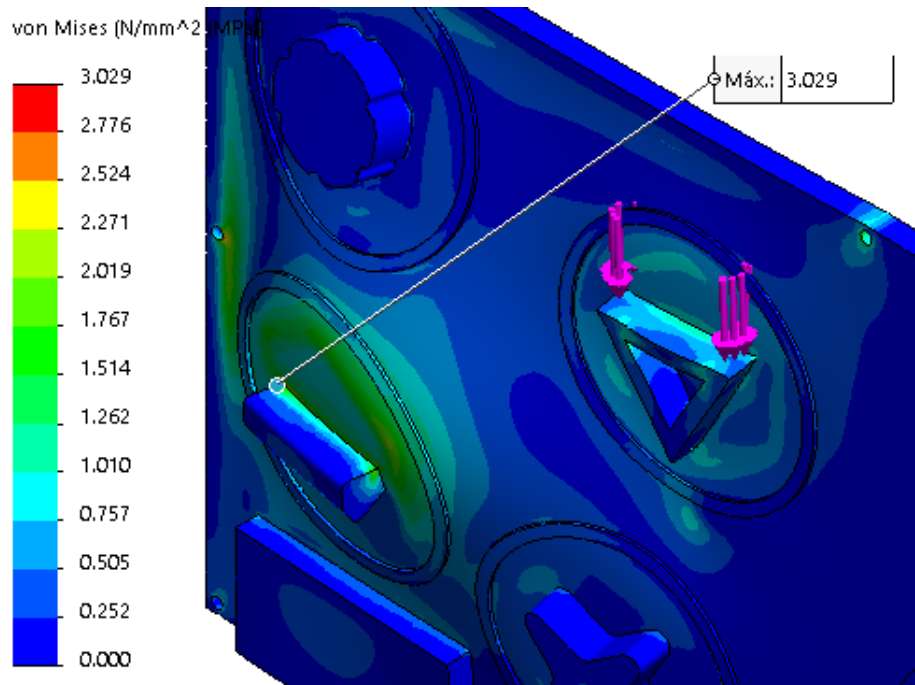


Figura 66 Detalle 2 de Máxima tensión en Análisis Resistente ante imprevistos. Tensiones a escala 100/1

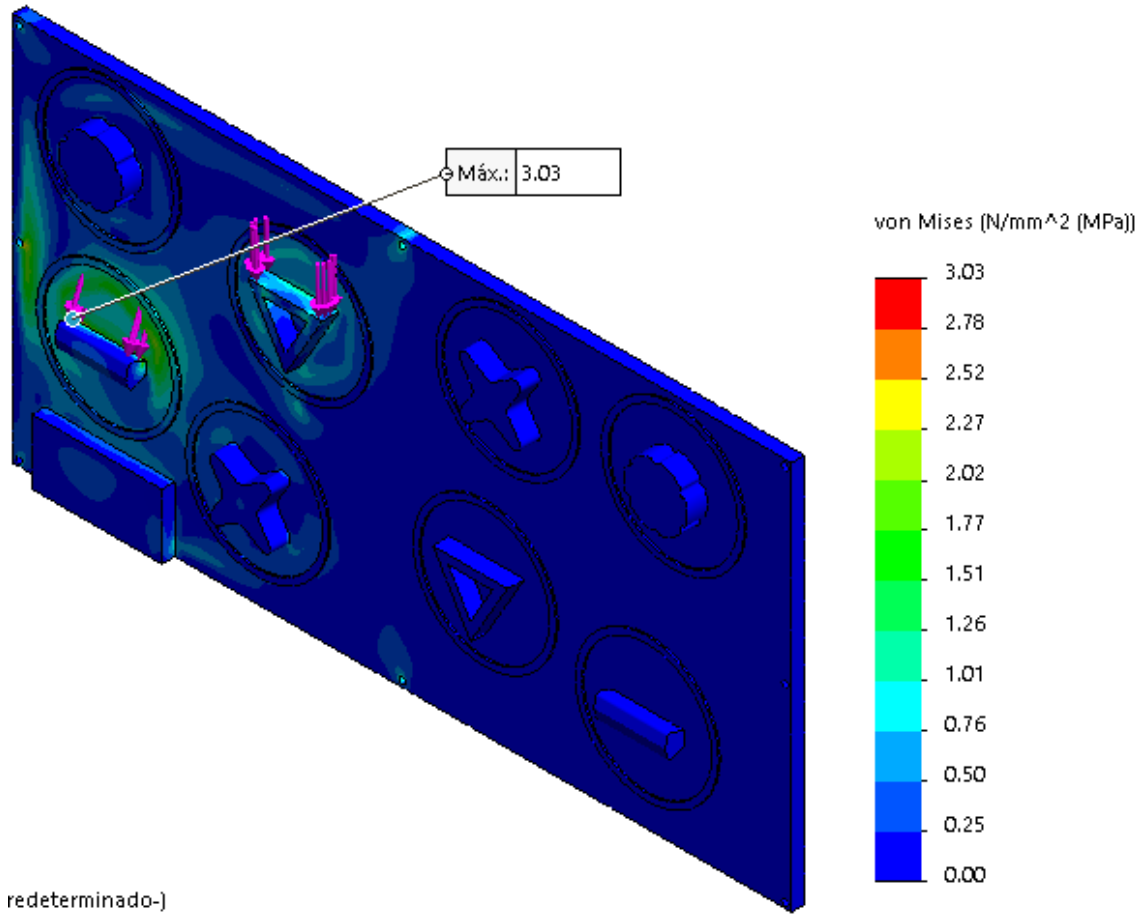


Figura 67 Análisis Resistencia ante imprevistos. Tensiones a escala real

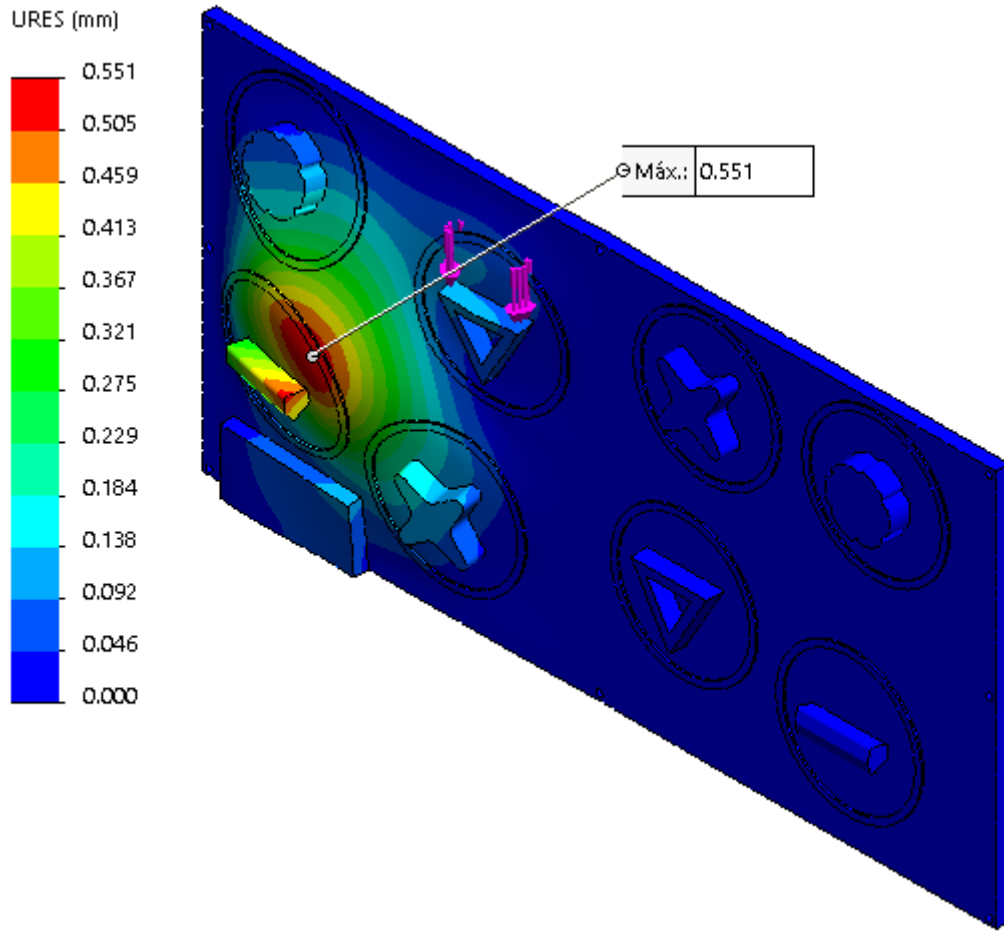


Figura 68 Análisis Resistencia ante imprevistos. Desplazamientos a escala 100/1

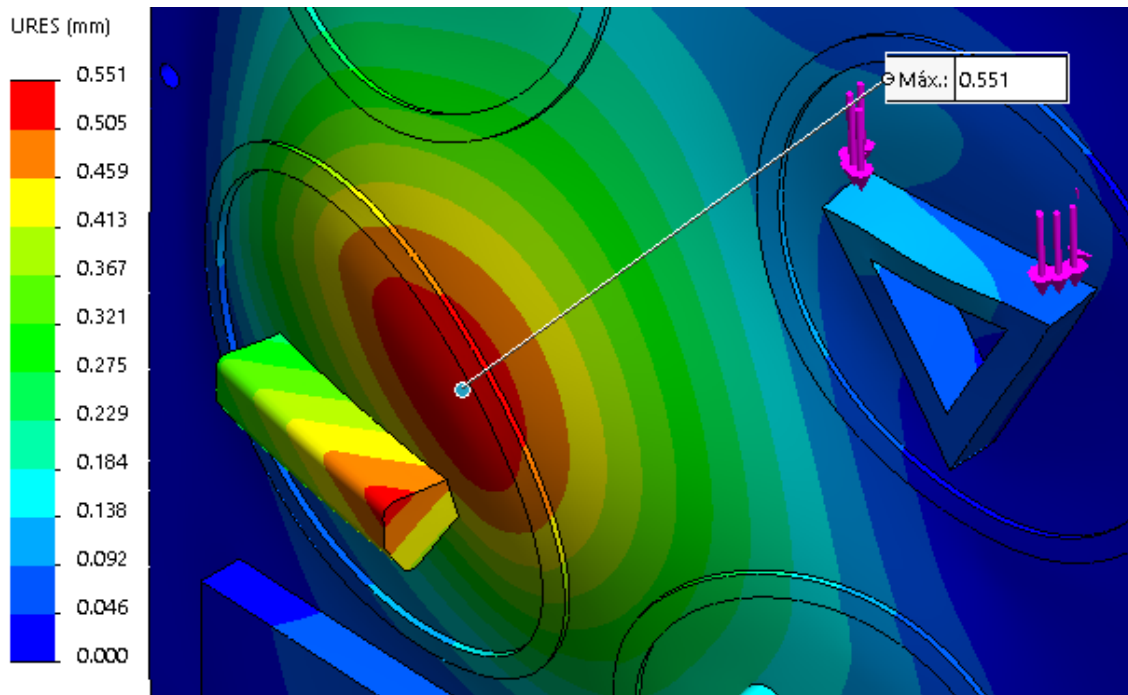


Figura 69 Detalle Análisis Resistencia ante imprevistos. Desplazamientos a escala 100/1

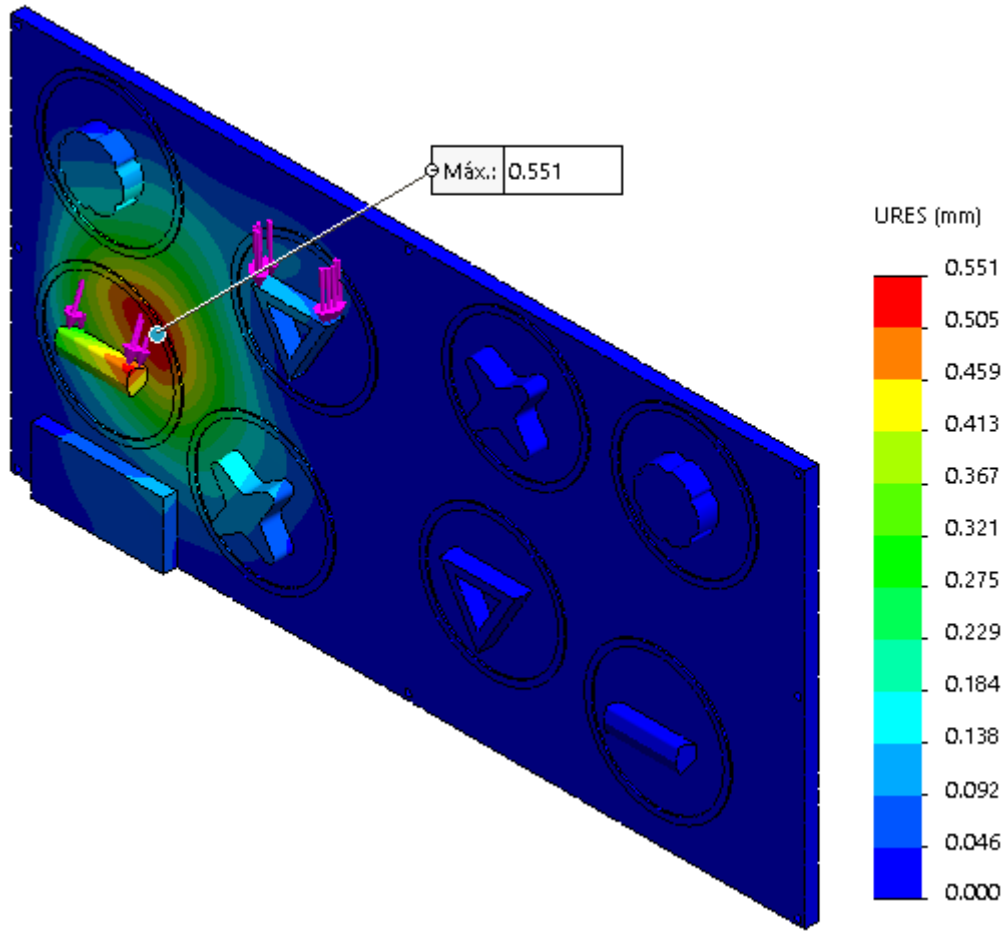


Figura 70 Análisis Resistencia ante imprevistos. Desplazamientos a escala real

4.8. Estudio de Optimización

4.8.1. Configuración del Estudio de optimización

Se define el parámetro a controlar en este estudio, que es el Espesor de pared de la Estructura, ya que como se verá en la Tabla 26 Resultados de optimización, variar 1,5mm dicha cota supone una variación de 1,5kg de material. Con esta medida, se puede llegar a disminuir considerablemente el coste de producto final sin que el resultado pierda calidad.

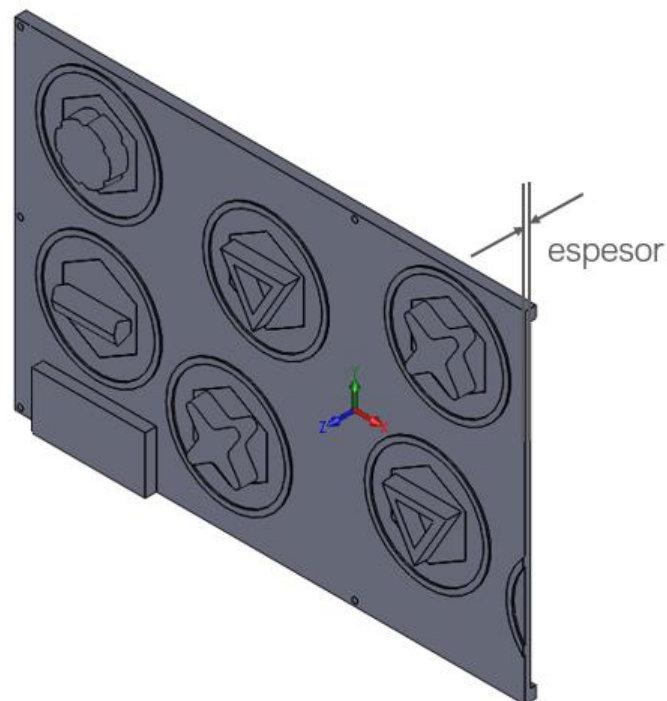
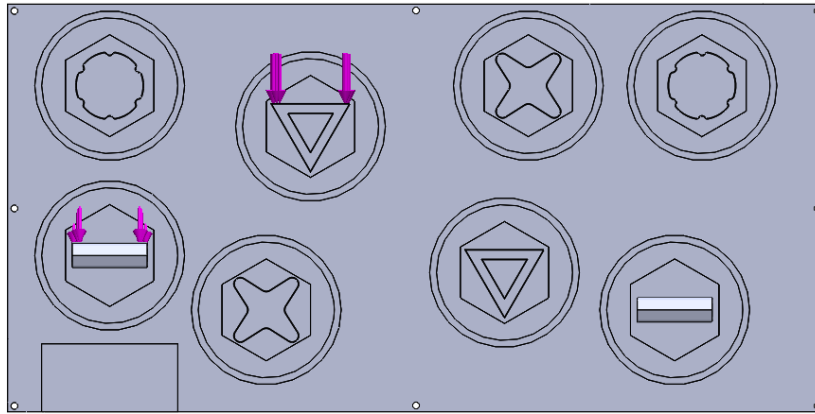


Figura 71 Sección del producto para visualización del espesor al que se hace referencia

Se optimizará para el estado de carga más desfavorable de los análisis estáticos llevados a cabo. Es el caso de dos cargas de 366N cada una en dos presas diferentes, que provoca un desplazamiento de 0,551mm.



En este estudio se ha decidido fijar un valor mínimo de espesor de 2 mm y uno máximo de 10 mm con un paso de 1,5 mm, lo que da lugar a 7 escenarios que analizar y una variación de masa de casi 1,5kg entre cada uno. Se escoge este paso para reducir el tiempo de cálculo. Posteriormente, cuando se haya determinado el espesor óptimo de este estudio, se realizará otro con un intervalo más fino entre los valores más críticos. Con esto se consigue reducir el número de escenarios a analizar en comparación con definir un intervalo fino para el primer estudio.

Tabla 23 Variables de diseño

Nombre	Tipo	Valor	Unidades
Espesor	Intervalo con paso	Mín:2 Máx:10 Paso:1.5	mm

Las restricciones que determinarán si el escenario es válido o no, son las siguientes.

- Tensión: la máxima tensión que aparezca en el producto deberá ser menor que 15Mpa, que es aproximadamente 1/2 del límite elástico del material.
- Desplazamiento: que la estructura se deforme provoca sensación de inseguridad, aunque esta no rompa. Para limitar este efecto, el desplazamiento máximo de cualquier punto de la estructura debido a las cargas a las que estará sometido, deberá ser inferior a 10 mm, que es prácticamente inapreciable a la escala de uso.

Tabla 24 Restricciones

Restricción	Condición	Límites	Unidades
Tensión	es menor que	Máx:15	MPa
Desplazamiento	es menor que	Máx:10	mm

Todo ello tiene un fin, que es reducir el uso de material dentro de unos límites que sigan garantizando la integridad del producto y seguridad del usuario. Por tanto, el objetivo es minimizar la masa del producto.

Tabla 25 Objetivos de optimización

Nombre	Objetivo	Propiedades	Peso
Masa1	Minimizar	Masa	11,51 Kg

4.8.2. Resultados del análisis de optimización

Tabla 26 Resultados de optimización 1

Nombre del componente	Ud	Actual	Inicial	Óptimo	Esc.1	Esc.2
Espesor	mm	10	10	5	2	3.5
Tensión1	MPa	3.0286	3.0286	8.8778	48.927	15.406
Desplazamiento1	mm	0.55062	0.55062	3.26177	30.90898	7.786
Masa1	g	11512.6	11512.6	6485.91	3470.93	4978.32

Tabla 27 Continuación Resultados de optimización 1

Nombre del componente	Ud	Esc.3	Esc.4	Esc.5	Esc.6	Esc.7
Espesor	mm	5	6.5	8	9.5	10
Tensión1	MPa	8.8778	6.3332	3.8991	3.9163	3.0286
Desplazamiento1	mm	3.26177	1.65242	0.97184	0.62758	0.55062
Masa1	g	6485.91	7993.68	9501.65	11009.8	11512.6

Como se puede observar, los valores de tensión aumentan conforme disminuye el valor de la variable Espesor y también aumenta el desplazamiento máximo; esto es algo esperable. No obstante, hay valores que, aun teniendo espesores menores, siguen estando dentro de los límites aceptados.

Según este estudio, el espesor óptimo que satisface las restricciones prefijadas es el de 5mm, Escenario3. Sin embargo, el Escenario2 tiene unos valores muy cercanos para cumplirlas. Por ello se realiza un segundo estudio de optimización con un intervalo más fino entre los escenarios más críticos, los cercanos a 3,5 mm, para escoger el espesor de pared definitivo con las mismas características del estudio anterior, únicamente cambiando el rango de espesores, que van de 2,8 a 3,6 mm y esta vez con un intervalo de 0,2 mm. Ello da lugar a 5 escenarios.

Tabla 28 Valores de diseño del segundo estudio de optimización

Nombre	Tipo	Valor	Unidades
Espesor	Intervalo con paso	Mín:2.8 Máx:3.6 Paso:0.2	mm

Tabla 29 Estudio de Optimización 2

Nombre del componente	Ud	Esc.1	Esc.2	Esc.3	Esc.	Esc.5
Espesor	mm	2.8	3	3.2	3.4	3.6
Tensión	MPa	25.517	22.155	19.565	17.18	14.24
Desplazamiento	mm	13.53762	11.43566	9.74117	8.3728	7.24146
Masa	g	4274.85	4475.84	4676.83	4877.82	5078.82

4.8.3. Conclusión

Por tanto, se escoge el Escenario 5 de este segundo análisis, con una masa de 5,08 kg por módulo, frente a los 11,51 kg de partida, lo que supone un 40,1% del gasto de material original, menos de la mitad, estando del lado de la seguridad.

Tabla 30 Conclusión del Estudio de optimización

Nombre del componente	Unidades	Inicial	Óptimo
Espesor	mm	10	3.6
Tensión	MPa	2.9016	14.24
Desplazamiento	mm	0.52748	7.24146
Masa	g	11512.6	5078.82

4.9. Propuesta de imagen de marca

Como nuevo concepto de elemento para dentro del aula, necesita un nombre para referirse a ello.

Existen denominaciones como: cancha, tatami, tablado, pista, ring, entre otros. Tras una búsqueda de palabras que podrían identificar al concepto de elemento escalable por un período corto de tiempo, fácilmente reconocible y entendible, se crea una palabra, *taolá*, que cumple con el criterio establecido. Esta palabra a su vez será el nombre de la marca.

4.9.1. Logotipo



Figura 72 Logotipo de la marca

Para la creación del logotipo de la marca, se utiliza el nombre de la propia marca y se escoge la tipografía ABeeZee. Se trata de una sans serif o grotesca, con una composición muy geométrica y lineal que va en consonancia con el diseño que se pretende del producto: formas fácilmente reconocibles. Por ello se escogió la línea, el círculo, el triángulo como forma de las presas y la tipografía escogida refuerza ese concepto.

La propia descripción de la tipografía la define como una fuente diseñada especialmente para la enseñanza infantil, con formas simples y definidas que ayudan en el proceso de aprendizaje a leer y escribir. Al tener este carácter tan marcado, se asocia inmediatamente con producto dirigido al público infantil.

Por sus formas pulidas y geométricas, también es una tipografía que denota industrialización y funcionalismo, otros de los conceptos que se persiguen con este proyecto como se ha visto en los apartados introductorios.

Además, en el logotipo, la última vocal se inclina para consolidar la idea principal de este proyecto, introducir el movimiento en las aulas. A su vez, aparece apoyada en un símbolo con forma de cruz, extraído de una de las posibles formas de las presas diseñadas para este proyecto. Con ello se da estabilidad visual a la composición.

También aparece otra de las presas en el nombre, haciendo las veces de O.

4.9.2. Selección de colores



- Para medios digitales la codificación de los colores es la siguiente.
 - Color principal: Negro. R 0 G 0 B 0
 - Color de acento 1: Rojo. R 236 G 96 B 100
 - Color de acento 2: Azul. R 69 G 253 B 248
- Para medios físicos la codificación de los colores es la siguiente.
 - Color principal: Negro. C 100% M 100% Y 100% K 100%
 - Color de acento 1: Rojo. C 0% M 75% Y 51% K 0%
 - Color de acento 2: Azul. C 54% M 0% Y 17% K 0%

4.9.3. Proporciones

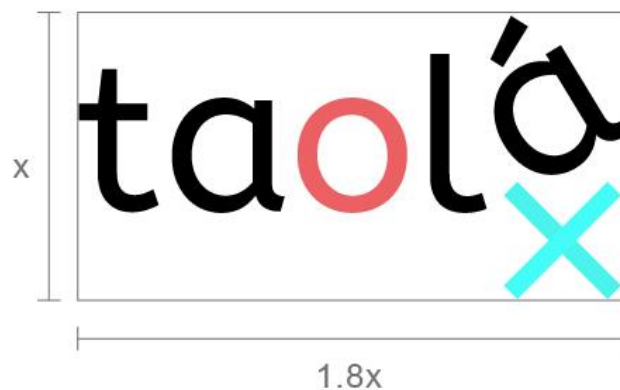


Figura 73 Proporciones del logotipo

Con el fin de que el logotipo no aparezca deformado, las proporciones que deben seguir se encuentran reflejadas en la Figura 73.

4.9.4. Márgenes de respeto

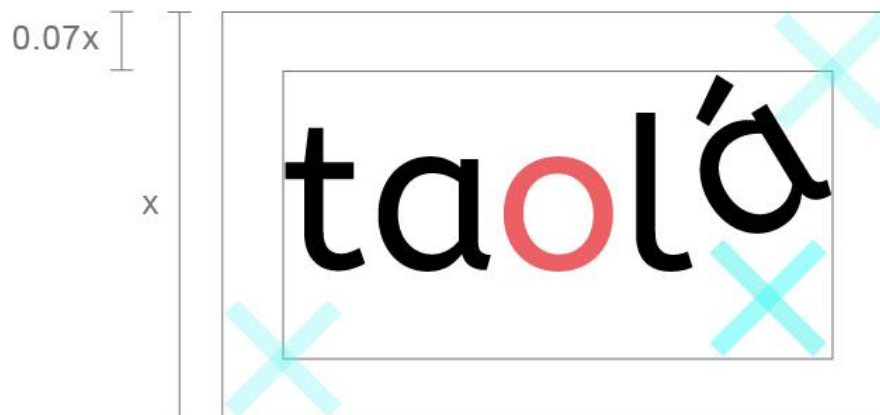


Figura 74 Márgenes de respeto del logotipo

Los márgenes que deben dejarse entre el logotipo y cualquier otro elemento como textos u otros logotipos se establece como el equivalente a la mitad del símbolo en cruz a lo largo de todo el perímetro, como se muestra en la Figura 74.

4.9.5. Tamaño mínimo

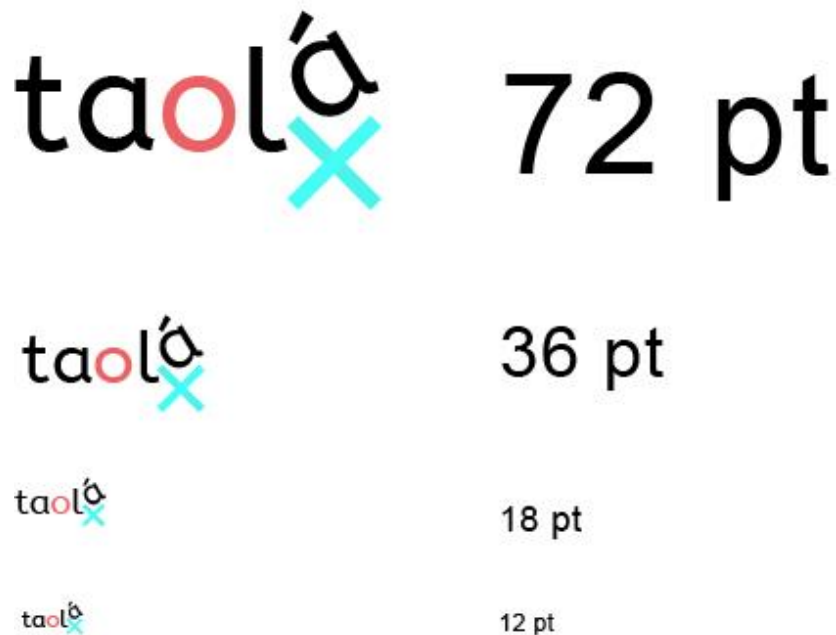


Figura 75 Diferentes tamaños del logotipo

El tamaño mínimo recomendado se encuentra entre los 18pt y 12pt. Nunca inferior a los 12pt ya que a partir de esa cifra se pierde la legibilidad y el símbolo de la x es inapreciable.

4.9.6. Versiones monocromáticas

Dependiendo del color del fondo, se admiten dos posibilidades de versión monocromática, que se detallan a continuación.

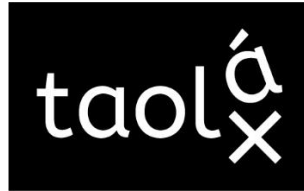


Figura 76 Versión monocromática para fondos oscuros



Figura 77 Versión monocromática para fondos claros

A continuación, se muestran ejemplos de posibles usos de estas variantes.



Figura 78 Ejemplos de uso de la versión monocromática correctos

Ejemplos de usos incorrectos son los siguientes ya que, como se puede observar pierden la legibilidad.



Figura 79 Ejemplos de uso de la versión monocromática incorrectos

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Presupuesto

5.1.1. Introducción

En la Figura 80 se muestran los distintos componentes que influyen en el precio de venta al público (PVP) de este producto.

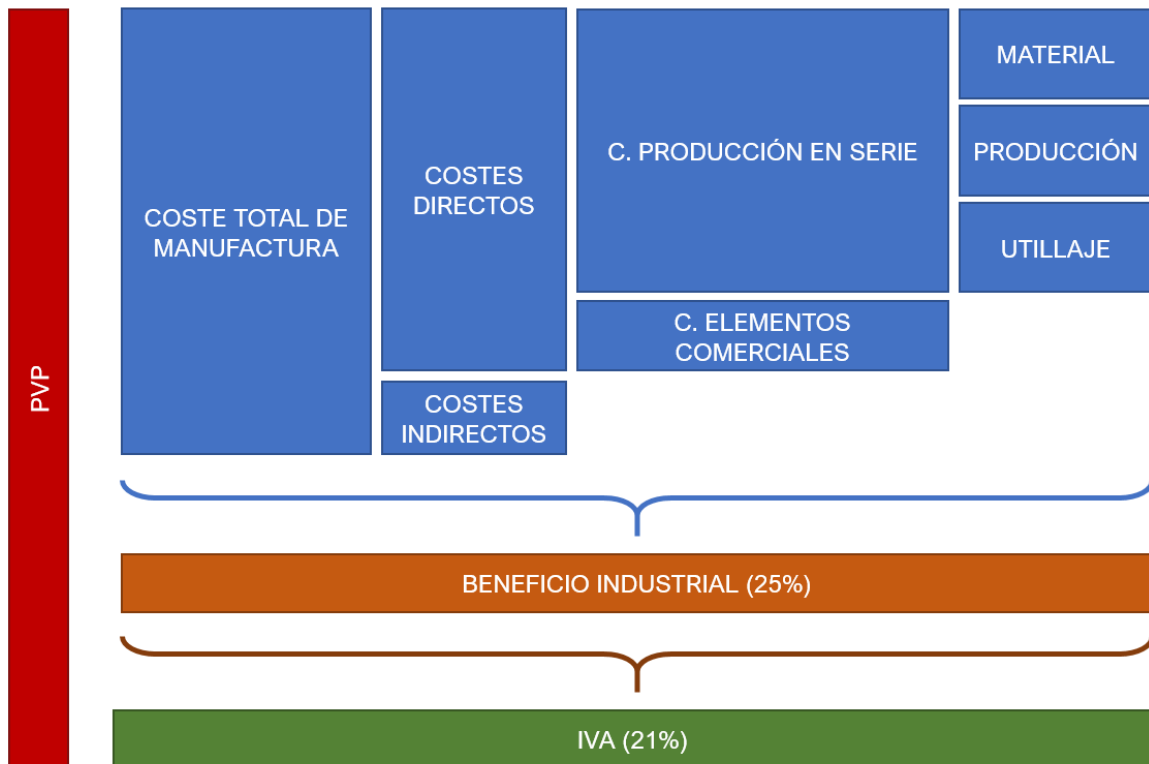


Figura 80 Composición del PVP

Como se puede observar, el PVP viene marcado por el *Coste total de Manufactura* al cual se le aplica un margen de *Beneficio industrial* del 25% y posteriormente se aplica el *IVA* correspondiente, que en la actualidad es del 21% para este tipo de productos, de carácter general.

a. *Costes directos*

Costes de producción en serie: CPS

Coste del material

Es la inversión en materia prima que hay que realizar para fabricar cada parte del producto. En la estimación se ha tenido en cuenta un ratio de piezas defectuosas del 5%.

En este, además se ha añadido un 25% que contempla los sobrecostes del almacenaje, manipulación, transporte del material, etc.

Tabla 31 Precio actual de la materia prima

Material	Coste	Referencia
ABS/PC	2,94 € /kg	(888rps, 2019)

Atendiendo al coste del material por kg del que está fabricado, se obtienen la información mostrada en la Tabla 32. CdM: Coste .

Tabla 32. CdM: Coste de Material

Componente	Material	Cantidad	Peso (Kg)	CdM (€) LOTE	CdM (€) UNIT	
Panel estructural	ABS/PC	1	5,08	298704,00	14,94	
Presa tipo O	ABS/PC	2	0,52	61152,00	3,06	
Presa tipo I	ABS/PC	2	0,42	49392,00	2,47	
Presa tipo II	ABS/PC	2	0,52	61152,00	3,06	
Presa tipo III	ABS/PC	2	0,47	55272,00	2,76	
			Σ	525672,00	26,28	
			Ratio pérdidas	0,05	26283,60	1,31
			Sobrecostes (10%)	0,10	52567,20	2,63
			Σ	604.522,80 €	30,23 €	

Coste de producción

Para el cálculo de este coste se ha tenido en cuenta los siguientes factores:

- Coste por hora (estimación que incluye costes directos, indirectos y margen de beneficio asociados a mano de obra, coste energía necesaria para el proceso de fabricación, etc):
40€ /hora.
- Ratio de producción: 6 piezas/hora panel estructural, 60 piezas/hora presas.
- Tiempo de funcionamiento de la maquinaria: 95%.
- Margen de seguridad para cubrir otros gastos imprevistos: 10%.

Tabla 33. CdP: Coste de Producción

Componente	Cantidad	Ratio Piezas/h	Coste €/h	CdP (€) LOTE	CdP (€) UNIT
Panel estructural	20000	6	40,00	133333,33	6,67
Presa tipo O	40000	60	40,00	26666,67	1,33
Presa tipo I	40000	60	40,00	26666,67	1,33
Presa tipo II	40000	60	40,00	26666,67	1,33
Presa tipo III	40000	60	40,00	26666,67	1,33
			Σ	240000,00	12,00
		Func. Maq. 95%	0,95	228000,00	11,40
		Margen seg.	0,10	24000,00	1,20
			Σ	252.000,00 €	12,60 €

Coste de utillaje

Es el correspondiente al coste del molde en el que se fabrica cada componente. Existe un molde para Panel estructural y otro para cada tipo de presa. El cálculo de cada coste se encuentra detallado en el Anexo: Cálculo del coste de utillaje.

Tabla 34. CdU: Coste de utillaje

COMPONENTE	CdU (€) LOTE	CdU (€) UNIT
Panel estructural	37282,57	1,86
Presa tipo O	8137,15	0,41
Presa tipo I	8137,15	0,41
Presa tipo II	8137,15	0,41
Presa tipo III	8137,15	0,41
Σ	69.831,17 €	3,49 €

Costes de elementos comerciales

Por otro lado, el precio de los elementos comerciales por unidad de producto queda reflejado en la Tabla 35.

Tabla 35. CdEC: Coste de Elementos Comerciales

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UN.	CdEC (€) LOTE	CdEC (€) UNIT
Sensor de posición	8	0,39	62400,00	3,12
LED	3	1,57	94200,00	4,71
Microcontrolador	1	2,22	44400,00	2,22
Batería	1	6,00	120000,00	6,00
Tuerca	8	0,12	19200,00	0,96
Arandela	8	0,05	8000,00	0,40
Varilla roscada	8	0,15	24000,00	1,20
Pintura	0,1	15,50	31000,00	1,55
		Σ	403.200,00 €	20,16 €

b. *Costes indirectos*

En el cálculo del presupuesto, también es necesario incluir los costes indirectos que influyen de manera tangencial al proyecto. Estos no hacen alusión a unidades de referencia concretas, sino a cuestiones más generales como son

- El alquiler de los espacios necesarios para la producción, mano de obra.
- Gasto de electricidad referido a las oficinas.
- Gastos administrativos, salarios de personal administrativo, etc.

(OBS Business School, 2018)

Para esta tipología de proyecto se estima un coste del 10% de los costes directos. Estos gastos quedan reflejados en la Tabla 36.

Tabla 36 CI: Costes indirectos

Concepto	Estimación
Alquiler local	Gastos indirectos anuales 132.955,40 €
Nómina de personal administrativo	
Nómina de encargado	
Nóminas operarios	
Consumo energético oficinas	

c. *Precio de venta al público*

En la Tabla 37 el Beneficio industrial se aplica a la suma de los costes directos e indirectos y se considera un 25%.

Como se ha comentado en el apartado introductorio del presupuesto, en el precio de venta al público se debe incluir el IVA, lo que supone aplicar un 21% a la suma del Coste total y el Beneficio industrial.

Tabla 37 Obtención de PVP

Denominación		Cantidad (€)
Costes Directos (CdM + CdU + CdP + CdEC)	Cd	1.329.553,97
Costes Indirectos	Ci	732.600,00
Coste total (Cd + Ci)	Ct	2.062.153,97
Beneficio industrial 25% (0,25%*Ct)	Bi	515.538,49
IVA 21% (0,21*[Ct+Bi])	IVA incl.	541.315,42
	Σ (Ct+Bi+IVA)	3.119.007,88
	Σ/TAM. LOTE	155,95
Precio de venta al público (PVP)		156,00 €

Por último, siguiendo una estrategia de *precios psicológicos*, se decide redondear el precio de venta al público a una cifra par, ya que tiende a asociarse a productos que tratan de diferenciarse por la calidad o buen servicio post venta, en contraposición a la estrategia de precio impar. Esta última consistiría en terminar las cifras en 9 o 5 y se asocian a productos gancho, en oferta o de categoría inferior. (Wolters Kluwer España, 2018)

PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO (PVP)

156 €

Que corresponde al precio que tendría un módulo.

En función del espacio que se quiera cubrir con el producto, se realizaría la parte proporcional. Por ejemplo, adquirir 3 módulos supondría 480€. Es un precio inferior a lo existente en el mercado, incluyendo el sistema electrónico, el cual no está presente en dichos productos.

5.2. Viabilidad económica

Para este proyecto se usan los conceptos financieros *VAN* y *TIR* para evaluar la viabilidad económica del producto planteado, que son el *Valor actual neto* y *Tasa interna de retorno* respectivamente. En este apartado también se ha visto pertinente conocer el *Período de retorno* de la inversión inicial, *PR*.

Para su obtención, es necesario definir los siguientes parámetros:

- Período de amortización: se fija un período de 5 años.
- Índice de precios de consumo, IPC: 1,36%. Esta cifra se ha obtenido haciendo el promedio de los datos disponible en el INE⁵ de los últimos 12 meses.
- Interés nominal: se estima en un 3,5%.
- Inversión inicial: para este proyecto se considera una inversión inicial del 25% que supondría el coste total del proyecto.

Como en este caso se ha decidido que la inversión inicial dependa del coste total del proyecto, y esto va en función del tamaño del lote, se han estudiado ocho escenarios, los cuales están dentro del tamaño de lote económico para los procesos de fabricación seleccionados. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 38.

Tabla 38. Escenarios VAN, TIR y PR

Tamaño Lote (ud)	Inversión Inicial (€)	PVP unidad (€)	VAN (€)	TIR (%)	PR (años)
10000	211553,14	218,00	59921,08	28,62%	2,48
15000	290285,82	178,00	75644,83	26,57%	2,59
20000	369018,49	156,00	82742,33	23,21%	2,78
25000	447751,17	144,00	96309,45	22,35%	2,83
30000	526483,84	136,00	109876,57	21,75%	2,87
35000	605216,52	130,00	121287,055	20,96%	2,91
40000	683949,19	126,00	137011,09	20,96%	2,91
50000	841414,54	120,00	164145,32	20,46%	2,95

Según la teoría, un proyecto será rentable si el valor del VAN es >0 y más favorable cuanto mayor sea su valor. Como se puede observar, en todos los casos es >0 y va aumentando conforme el tamaño de lote es mayor. Según este criterio, el escenario más favorable sería el del tamaño de lote de 50000 unidades.

⁵ INE: Instituto Nacional de Estadística.

El siguiente parámetro tenido en cuenta es el TIR, que expresa la rentabilidad relativa de la inversión. Si su valor es mayor que 0% es rentable. Como se puede ver en la Tabla 38, todos los escenarios estudiados presentan un TIR que haría rentable la inversión inicial, siendo el más favorable el primero, con un tamaño de lote de 10000 unidades.

Teniendo en cuenta estos factores, se escoge un tamaño de lote de 20000 unidades por los siguientes motivos.

Está por debajo de la barrera psicológica de los 200€ de PVP, lo que hace más vendible el producto. Además, se observa que, aunque el coste del producto disminuye conforme aumenta el tamaño de lote, no lo hace de forma proporcional, como se puede ver en la Figura 81.

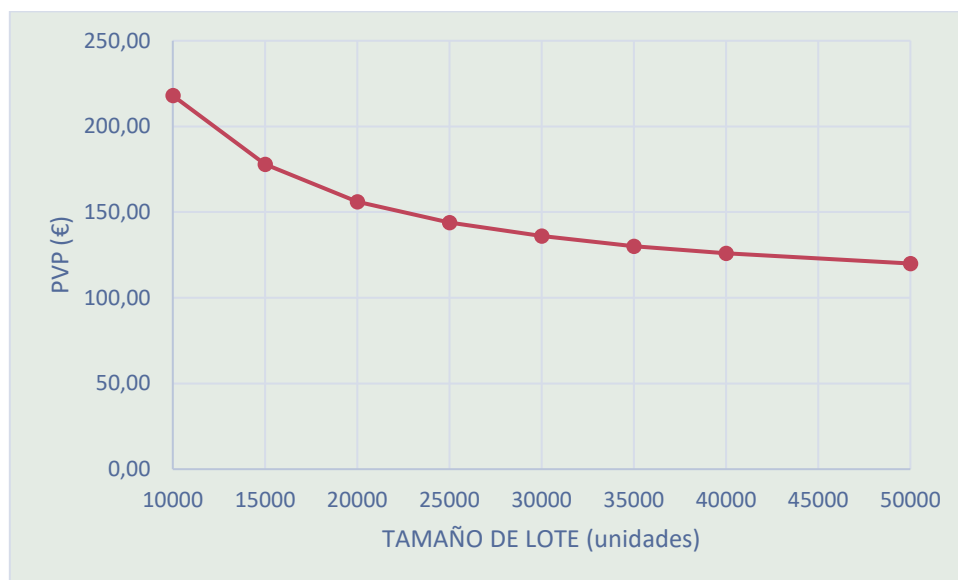


Figura 81 PVP unidad según tamaño de lote

Los valores de VAN y TIR en todos los casos hacen aceptable el proyecto, pero cuanto menor es la inversión inicial, más fácil es conseguirla. Además, el período de retorno será menor cuanto menor sea la inversión inicial, como se puede comprobar en la Tabla 38.

Además, también queda justificado por el mercado objetivo de este proyecto, que son los colegios infantiles. En total, la cifra de centros autorizados por las Administraciones educativas para impartir E. Infantil es de 22922 centros, según el informe del Ministerio de educación. (Ministerio de educación, 2018).

Teniendo en cuenta que para realizar su función correctamente se aconseja adquirir como mínimo dos módulos por estancia y que en cada centro existe un aula para 3 años,

otra para 4 y así sucesivamente hasta 6 años, además de un aula polivalente y un patio de recreo; es decir en 22922 centros existen como mínimo 6 posibles estancias donde puede encajar el producto desarrollado en este proyecto, en total 137532 estancias. Esto supone que, un tamaño de lote de 20000 unidades, cubriría el 7,3% de las estancias disponibles donde puede encajar el producto. Como se puede observar, es una cifra con un amplio margen de seguridad.

6. PLIEGO DE CONDICIONES

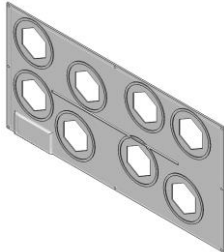
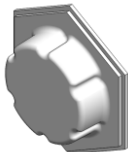
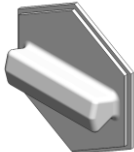
6.1. Introducción

Este es un documento de carácter básico dentro del marco de la normativa UNE157001 de *Criterios generales para la elaboración de proyectos*. En este, se desarrolla de forma exhaustiva las condiciones de desarrollo del producto descrito en este proyecto.

6.1.1. Especificaciones de los materiales y elementos constitutivos

a. Identificación de componentes

Tabla 39 Identificación de componentes

Componente	Información
Panel estructural 	<ul style="list-style-type: none">– Cantidad: 20000 unidades– Dimensiones: 1200 x 600 x 20 mm– Material: ABS/PC
Presilla Tipo O 	<ul style="list-style-type: none">– Cantidad: 40000 unidades– Dimensiones: 160 x 160 x 37 mm– Material: ABS/PC
Presilla Tipo I 	<ul style="list-style-type: none">– Cantidad: 40000 unidades– Dimensiones: 160 x 160 x 37 mm– Material: ABS/PC
Presilla Tipo II	<ul style="list-style-type: none">– Cantidad: 40000 unidades– Dimensiones: 160 x 160 x 37 mm– Material: ABS/PC

**Presa Tipo III**

- Cantidad: 40000 unidades
- Dimensiones: 160 x 160 x 32 mm
- Material: ABS/PC

Tuerca

- Cantidad: 160000 unidades
- Dimensiones: M8
- Elemento comercial

Arandela

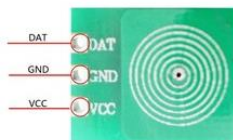
- Cantidad: 160000 unidades
- Dimensiones: M8
- Elemento comercial

Varilla roscada

- Cantidad: 160000 unidades
- Dimensiones: M8
- Elemento comercial

Microcontrolador

- Cantidad: 20000 unidades
- Dimensiones: 51 x 74 x 12 mm
- Elemento comercial

Sensor de posición capacitivo

- Cantidad: 160000 unidades
- Dimensiones: 51 x 74 x 12 mm
- Elemento comercial

Módulo LED impermeable

- Cantidad: 60000 unidades
- Dimensiones: 22,9 x 2,9 mm
- Elemento comercial

Alimentación impermeable



- Cantidad: 20000 unidades
- Dimensiones: 96 x 72 x 19 mm
- Elemento comercial

Cableado



- Cantidad: 40000 m.
 - Dimensiones: AWG 18, \varnothing 1mm
 - Elemento comercial
-

b. *Calidades mínimas*

Características mecánicas del material

Se realizarán ensayos mecánicos a muestras del material utilizado en los componentes a fabricar, con el fin de comparar los resultados con los de referencia para garantizar la seguridad del producto final.

Los resultados que se han de obtener de los ensayos son los siguientes.

- Tensión de tracción.
- Deformación.
- Módulo de tracción.
- Punto de fluencia.
- Punto de rotura.
- Coeficiente de Poisson.

Para una definición de cada término, consultar la bibliografía recomendada (Piris, 2012).

Las siguientes normas determinarán los métodos y condiciones de realización que se han de seguir para el ensayo.

- UNE-EN ISO 527-1:2012 Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 1: Principios generales
- UNE-EN ISO 527-2:2012 Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 2: Condiciones de ensayo de plásticos para moldeo y extrusión

Un sitio para la realización de los ensayos mecánicos a las muestras del material, puede ser Zwick (Zwick, 2019)

Pruebas y ensayos al producto final

Las pruebas y ensayos se llevarán a cabo de forma periódica, extrayendo muestras aleatorias en todas las etapas de fabricación. Se analizarán los componentes individuales y el conjunto ensamblado.

Los ensayos a los que se someterán estarán basados en la normativa actual.

En el caso de las presas, se aplicará la norma UNE-EN 12572-3. Estructuras artificiales de escalada. Parte 3: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo para presas de escalada.

Además, también deberán cumplirse los ensayos relativos a la Seguridad de los juguetes que marca la Directiva Europea 2009/48/EC.

5.1.2. Aspectos relativos a la fase de materialización

a. Planos

El producto será fabricado conforme a lo especificado en los planos disponibles en este tomo, cuyo índice se encuentra a continuación.

- Plano: 0.0.0. Plano General de Elemento para el desarrollo de la psicomotricidad infantil en niños de 3 a 6 años.
- Plano: 0.0.1. Elemento escalable. Posicionado de las presas de escalada en panel estructural.
- Plano: 0.0.2. Elemento escalable. Posicionado del sistema electrónico en panel estructural.
- Plano: 0.0.3. Elemento escalable. Método de fijación a pared.
- Plano: 0.0.4. Elemento escalable.
- Plano: 1.0.1. Panel estructural. Parte 1.

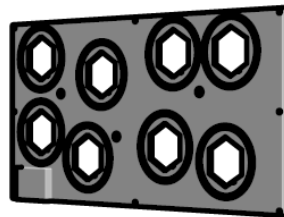
- Plano: 1.0.2. Panel estructural. Parte 2.
- Plano: 1.1.0. Presa Tipo O.
- Plano: 1.2.0. Presa Tipo I.
- Plano: 1.3.0. Presa Tipo II.
- Plano: 1.4.0. Presa Tipo III.

b. *Métodos de fabricación*

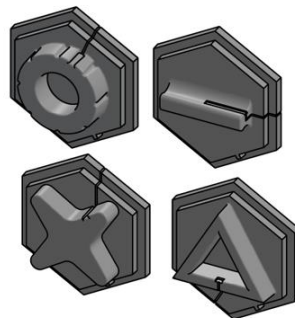
Para cada componente a fabricar, se emplearán los métodos de fabricación definidos en la hoja de ruta correspondiente para cada caso, que se encuentran disponibles en el apartado de *Planificación de procesos y operaciones* del presente tomo.

El índice correspondiente es el siguiente.

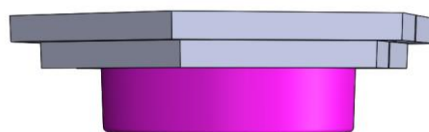
- Hoja de ruta de Panel estructural



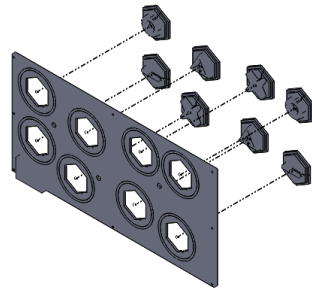
- Hoja de ruta de Presa tipo n



- Pintura de las presas



- Hoja de ruta del Ensamblaje



En cada caso, quedan completamente definidas las etapas de cada proceso, con los parámetros que intervienen en cada caso para que el resultado sea el esperado.

c. Criterios para las modificaciones del Proyecto original

Debido a que no es posible prever el 100% de la ejecución de proyecto, pueden surgir ocasiones que requieran de alguna modificación de lo descrito en este tomo. Estas, se dividen en dos, dependiendo del grado de afectación.

- Cambios: el grado de afectación es alto. Son aspectos que tienen que ver con alguna carencia de definición en el proyecto que afecte a la seguridad, usabilidad o durabilidad del producto final.
- Ajustes: el grado de afectación es bajo. Son modificaciones que se realizan para mejorar o adaptar los procesos descritos en la teoría a la práctica.

Por tanto, casos que justifican el cambio o el ajuste son los siguientes.

- Mejora del proyecto (por parte de la Dirección Facultativa).
- Error del proyecto.
- Requerimientos de organismo público y/o privados.
- Error de ejecución.

La forma de tratar estos casos depende del grado de afectación también.

- En el caso de los ajustes, se añadirán como documento anexo a este tomo, sirviendo como registro de todo el proceso.
- En el caso de cambios, se documentarán mediante actas de cambio. En este nuevo documento quedará reflejado: Descripción del cambio; Justificación del cambio; Coste del cambio; (f) Anexos: planos, memoria, precio contradictorio, etc.

5.1.3. Aspectos relativos a la fase de funcionamiento

a. Condiciones para la instalación

- El producto descrito en el presente documento está diseñado para su instalación tanto en exterior como en interior.
- Para una correcta instalación de los módulos escalables a la pared, se recomienda el uso de tacos químicos.
- Se aconseja una distribución de los distintos módulos de escalada que favorezca más el desplazamiento del niño en horizontal que en vertical.

b. Condiciones de uso

A continuación, se detallan las premisas para un correcto uso del producto.

- El uso de este producto está enfocado en niños de 3 a 6 años, por sus dimensiones y peso detallados en el apartado de Ergonomía.
- Para evitar interferencias que puedan causar caídas, se recomienda encarecidamente el uso individual del producto.
- El límite de peso es de 50kg, es decir, el equivalente a dos veces el peso de un niño en P95 de 6 años.
- Se aconseja completar la instalación del producto algún sistema de amortiguación de caída.
 - En el caso de su colocación en zonas exteriores, se puede solventar con suelo de seguridad conforme la norma EN1177.
 - En el caso de colocación en aula u otra estancia de interior, se aconseja el uso de colchonetas de poliéster PVC escolares, con dimensiones mínimas de 1200x 400x50 mm para cubrir todo el espacio longitudinal que abarca el producto.
- Es recomendable, aunque no limitante, la utilización de zapatillas de suela dura y delgada para tener mayor sensibilidad en los apoyos de los pies.



7. PLANOS

7.1. Documento Planos

6

5

4

3

2

1

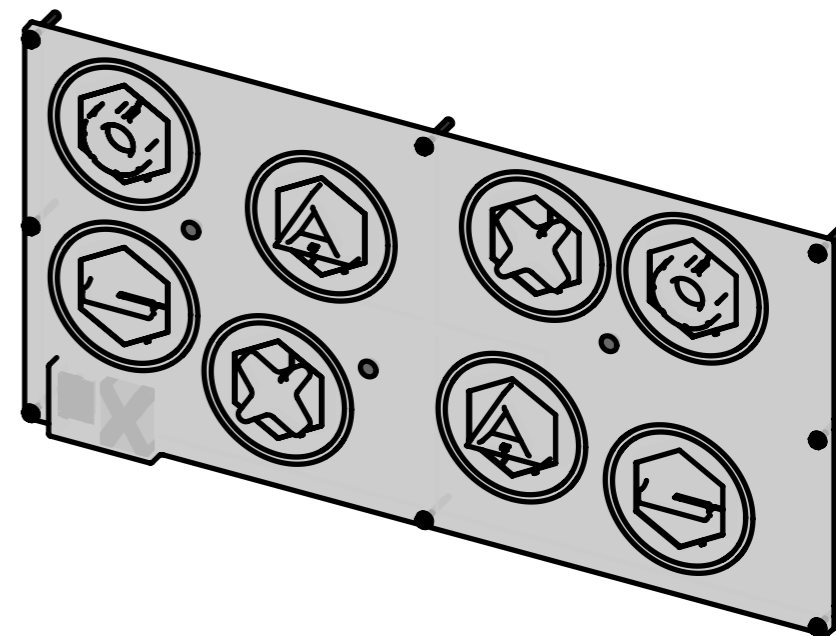
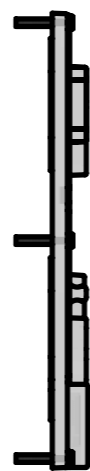
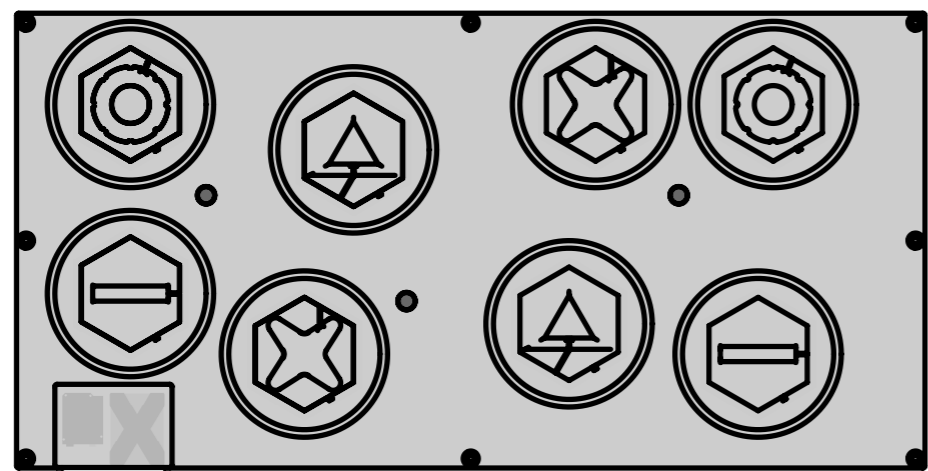
E

D

C

B

A



E

D

C

B

A

Notas:

- 1-. El plano de ensamblaje se encuentra dividido por tipologías. Queda definido por los siguientes planos:
- Plano 0.0.0 Plano general
- Plano 0.0.1 Posicionado de las presas
- Plano 0.0.2 Posicionado del sistema electrónico
- Plano 0.0.3 Elemento escalable
- Plano 0.0.4 Fijación a pared

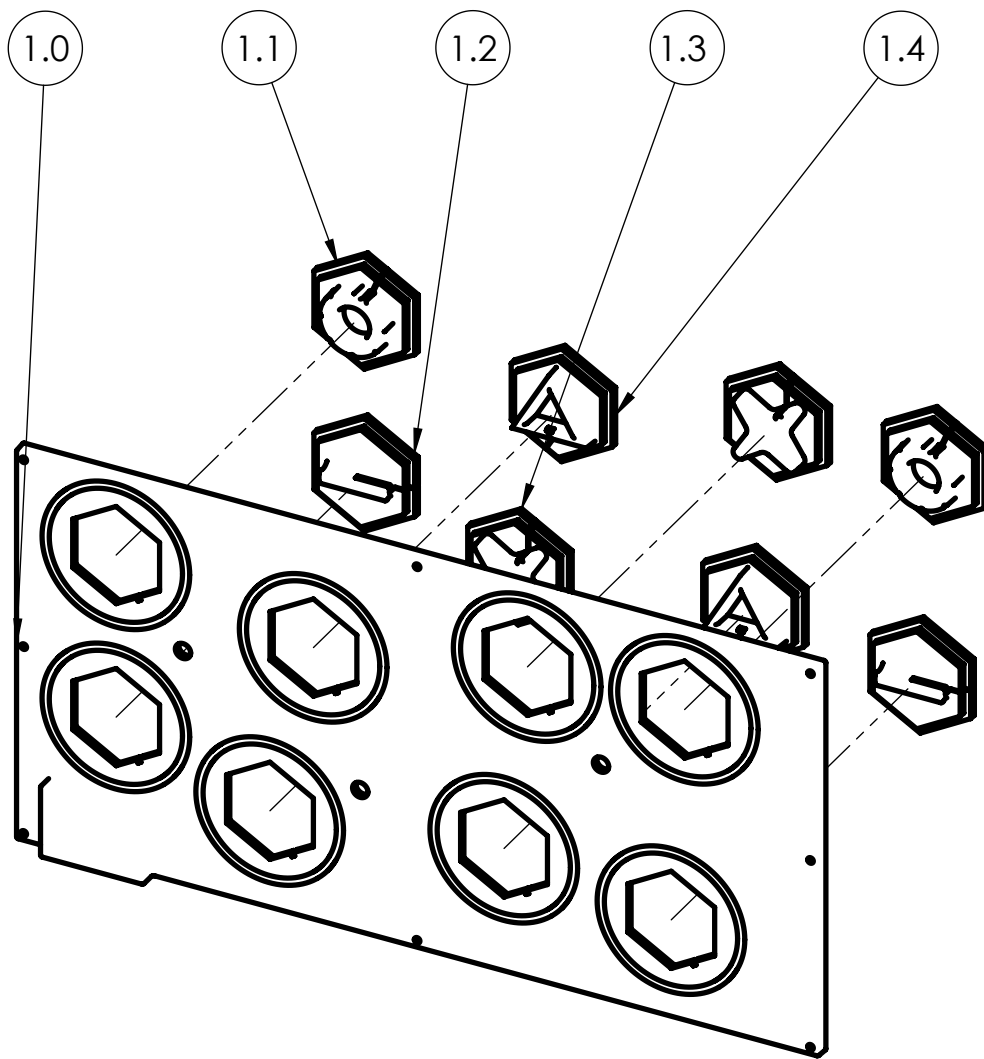
Observaciones Ver notas (coord.B6)		Título: Plano General de Elemento para el desarrollo de la psicomotricidad infantil en niños de 3 a 6 años		Plano: 0.0.0
Escala 1:10		Un. dim. mm 		Autor: Raquel Sola García
		Comprobado por:		Fecha: 08/10/2019
				Fecha:

4

3

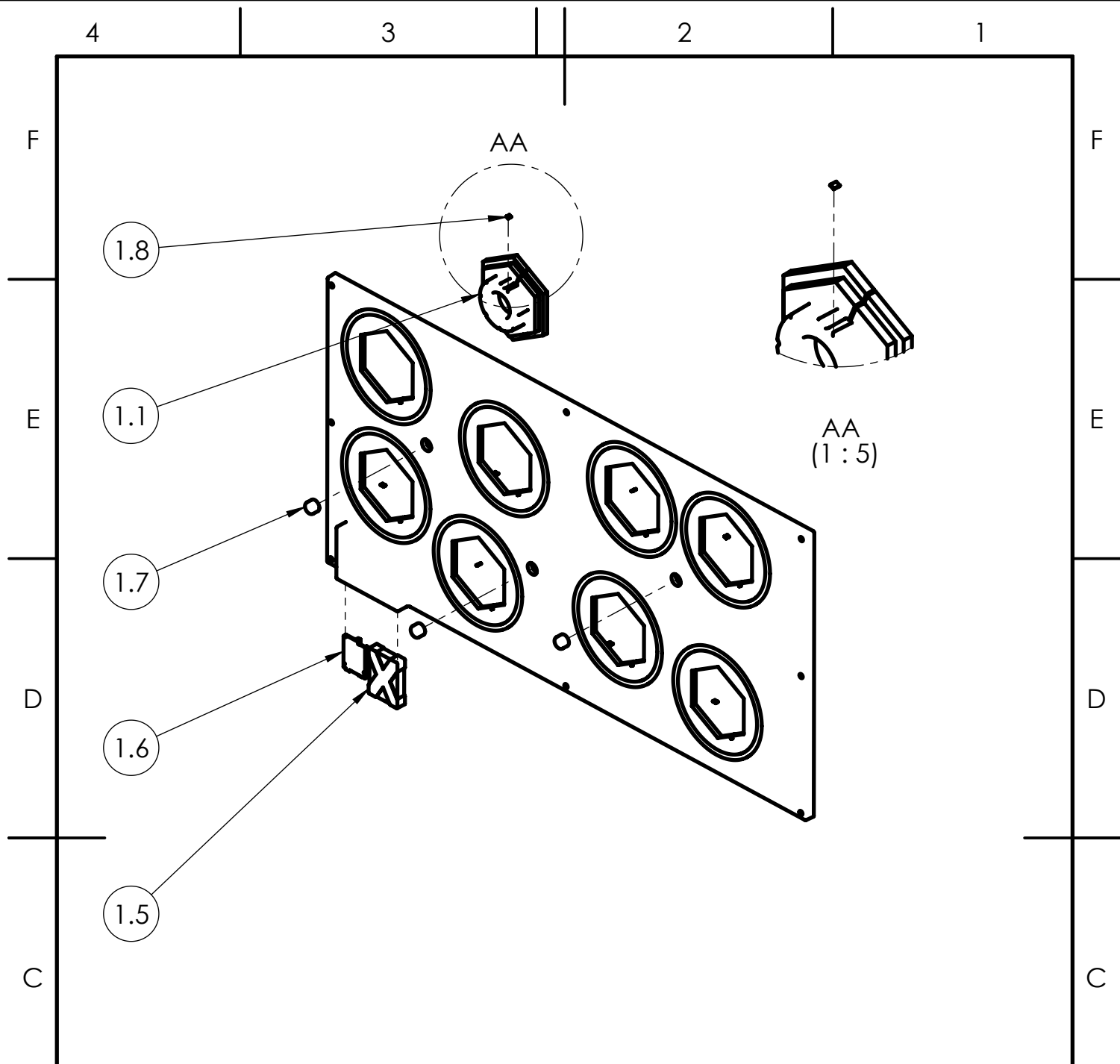
2

1


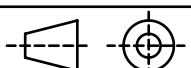


1.4	Presas 3	Presas tipo III	Plano 1.4.0	2
1.3	Presas 3	Presas tipo II	Plano 1.3.0	2
1.2	Presas 3	Presas tipo I	Plano 1.2.0	2
1.1	Presas 3	Presas tipo O	Plano 1.1.0	2
1.0	Estructura base	Panel estructural	Plano 1.0.1 Plano 1.0.2	1
ARTÍCULO	PIEZA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

Observaciones		Título: Elemento escalable. Posicionado de las presas de escalada en panel estructural		Plano: 0.0.1
				Hoja: 2 de 11
Escala 1:10	Un. dim. mm 		Autor: Raquel Sola García	Fecha: 08/10/2019
			Comprobado por:	Fecha:



1.8	Sensor	Sensor de posición	---	8
1.7	Luz led	Elemento comercial_LED	---	3
1.6	Microcontrolador	Elemento comercial Arduino Uno	---	1
1.5	Batería	Elemento comercial Bateria extraíble	---	1
1.1	Presa	Presa tipo O	Plano 1.1.0	1
ARTÍCULO	PIEZA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

Observaciones		Título: Elemento escalable. Posicionado del sistema electrónico en panel estructural		Plano: 0.0.2
				Hoja: 3 de 11
A	Escala 1:10	Un. dim. mm		Autor: Raquel Sola García
				Comprobado por:
				Fecha:

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

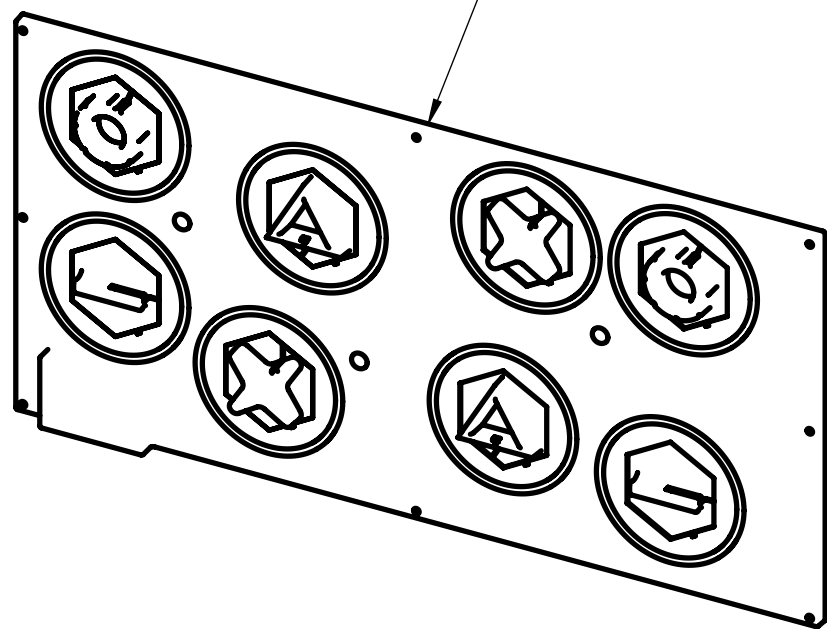
C

C

B

B

1.9



1.9	Conjunto completo	Elemento escalable	Plano 1.0.1	1
ARTÍCULO	PIEZA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

Observaciones	Título: Elemento escalable		Plano: 0.0.3
			Hoja: 4 de 11

Escala 1:10	Un. dim. mm		Autor: Raquel Sola García	Fecha: 08/10/2019
			Comprobado por:	Fecha:

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

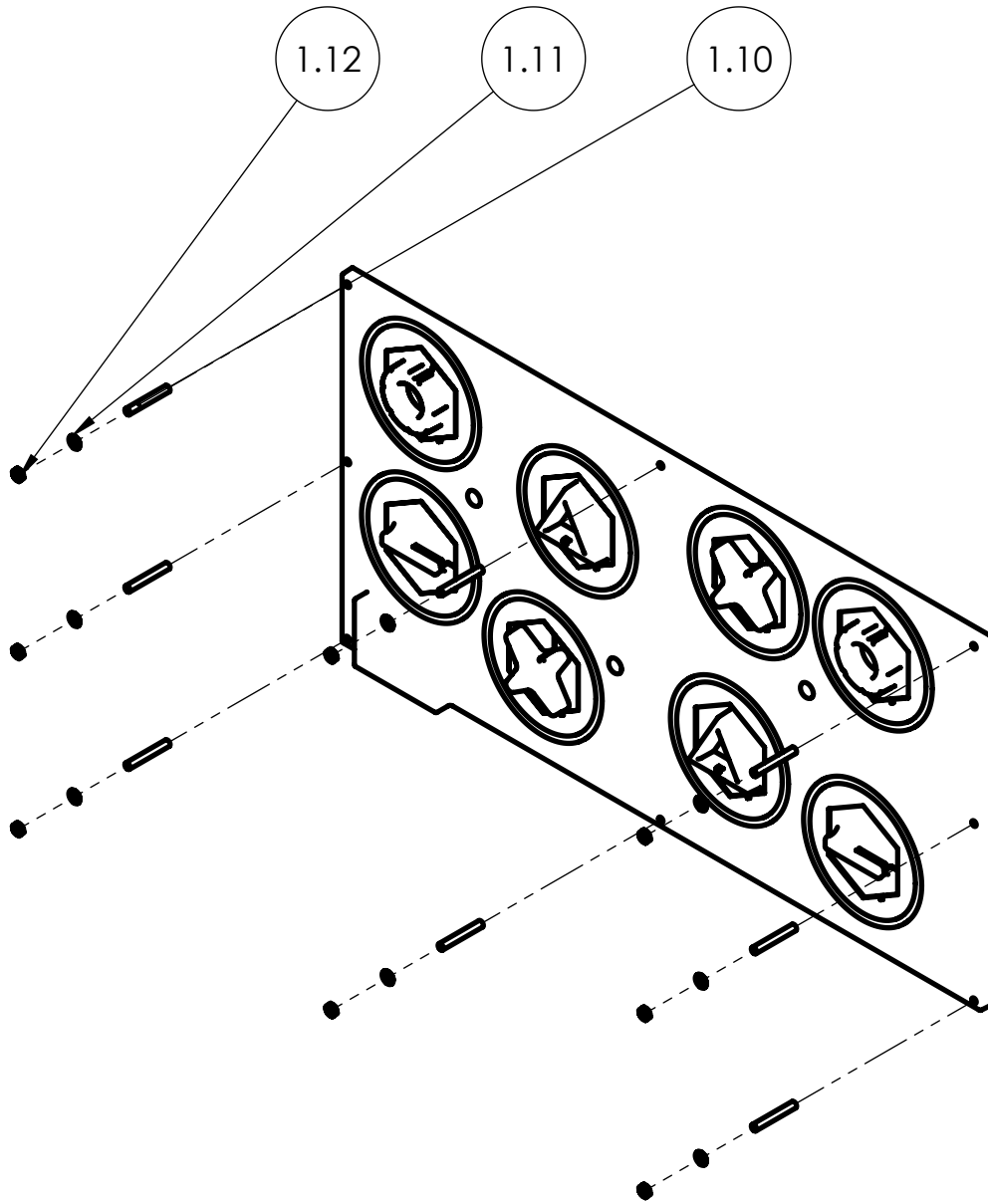
C

B

B

A

A



1.12

Tuerca

ISO - 4035 - M10 - N

8

1.11

Arandela

Washer ISO 7090 - 10

8

1.10

Varilla

Elemento comercial_
Varilla roscada M10

8

ARTÍCULO

PIEZA

NOMBRE

DESCRIPCIÓN

CANTIDAD

Observaciones

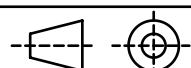
Título: Elemento escalable. Método de fijación a
pared

Plano: 0.0.4

Hoja: 5 de 11

Escala
1:10

Un. dim. mm



Autor: Raquel Sola García

Fecha: 08/10/2019

Comprobado por:

Fecha:

6

5

4

3

2

1

E

D

C

B

A

E

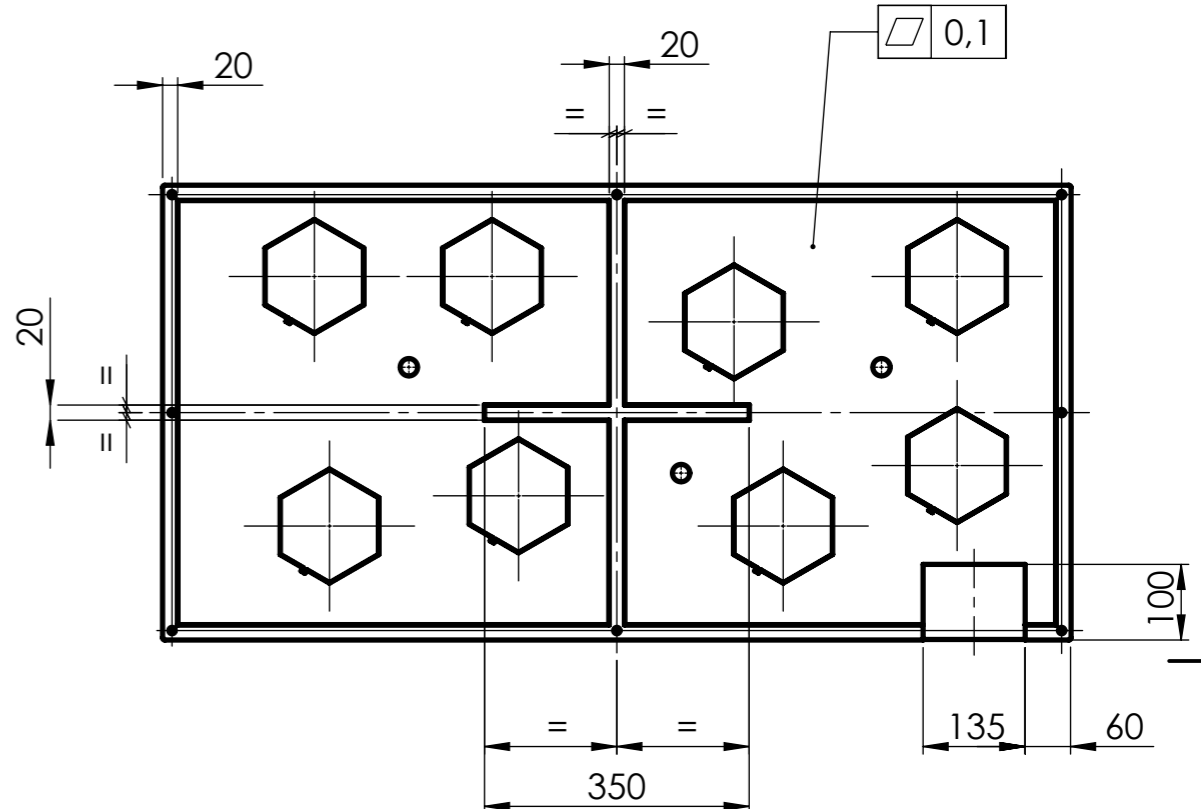
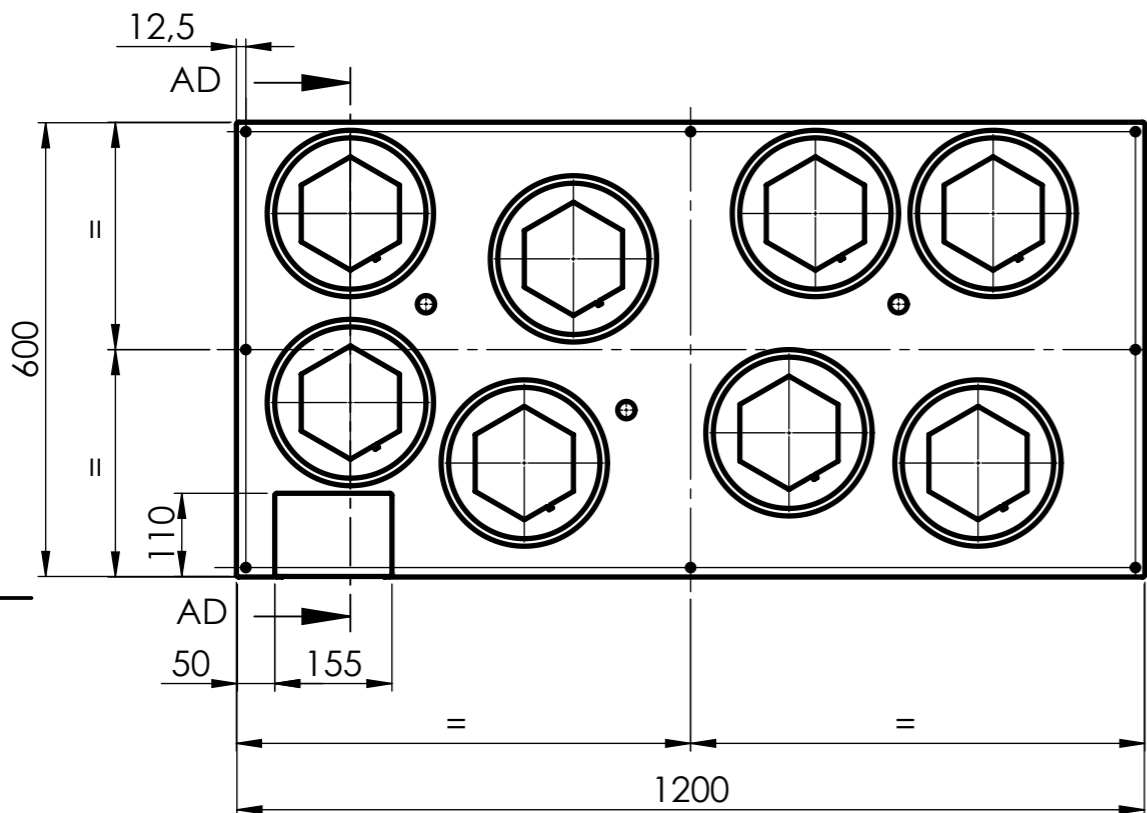
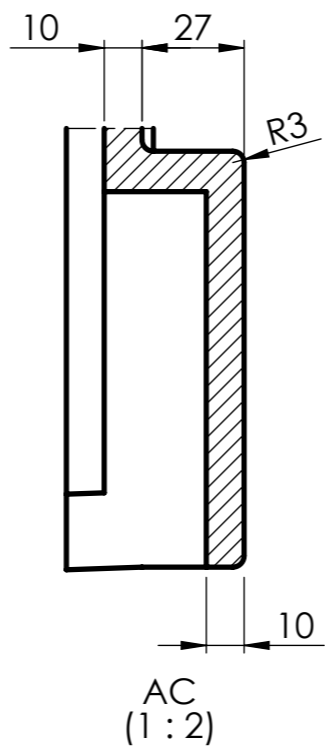
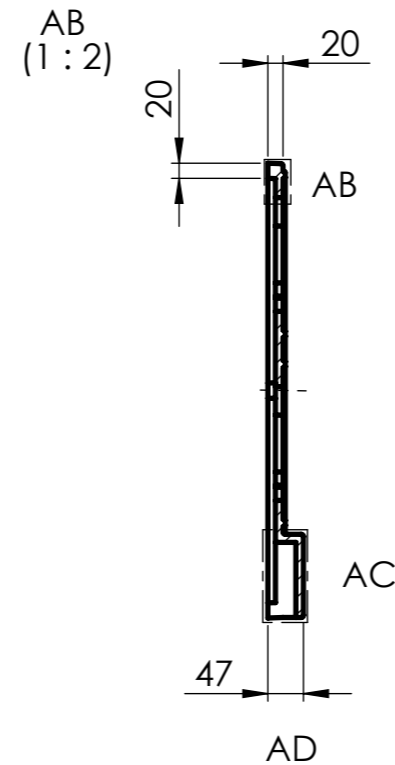
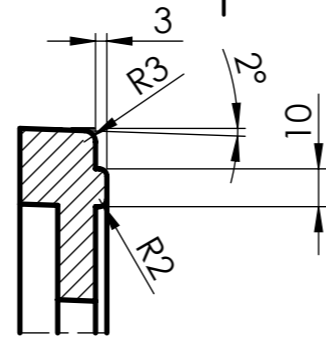
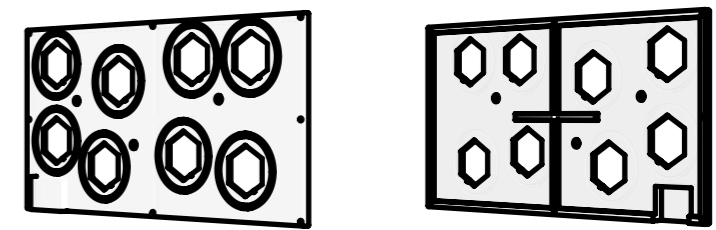
D

C

B

A

Perspectiva



Notas:

1-. El plano Panel estructural está conformado por:
 Plano 1.0.1 Panel estructural. Parte 1
 Plano 1.0.2 Panel estructural. Parte 2

2-. A menos que se especifiquen otras, las tolerancias generales vienen dadas por la norma ISO 2768-mK.

3-. Ángulo de salida de la pieza de 2°.

Observaciones Ver Notas (coord.A6)		Título: Panel estructural. Parte 1		Plano: 1.0.1
Escala 1:10		Un. dim. mm		Autor: Raquel Sola García
			Comprobado por:	Fecha: 08/10/2019
				Fecha:

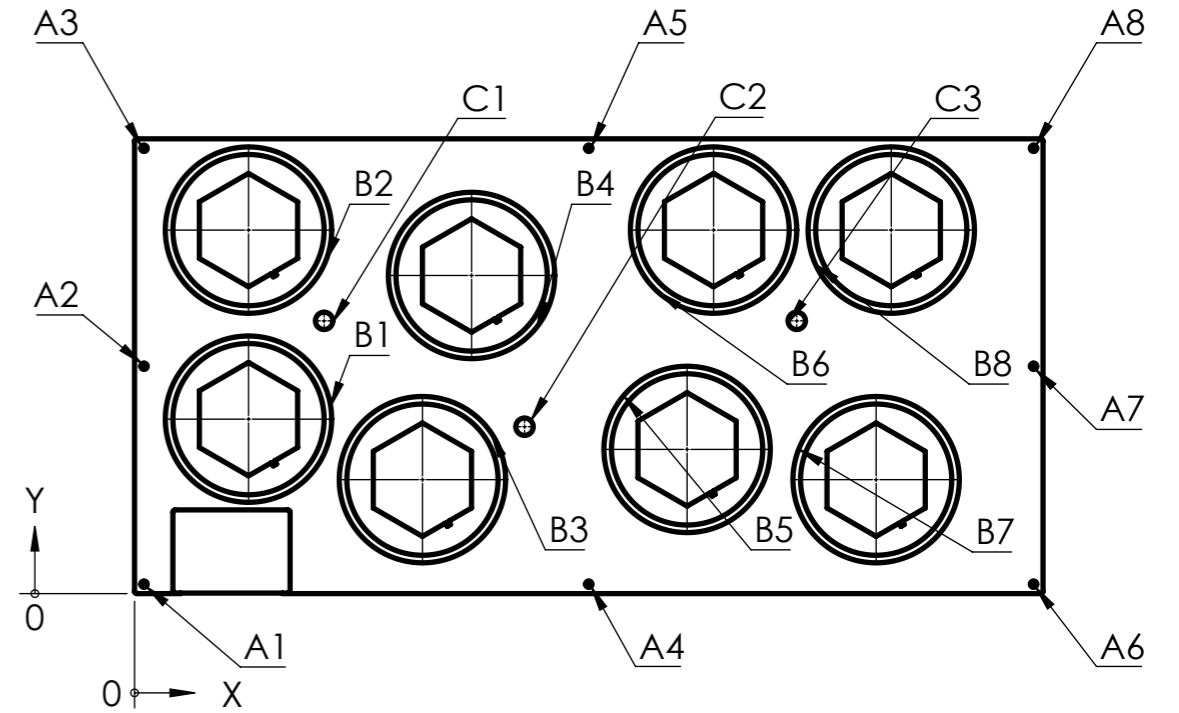
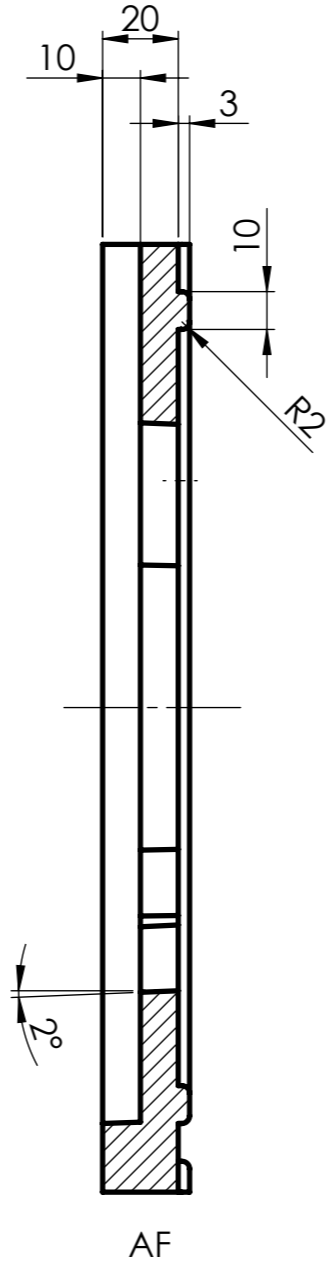
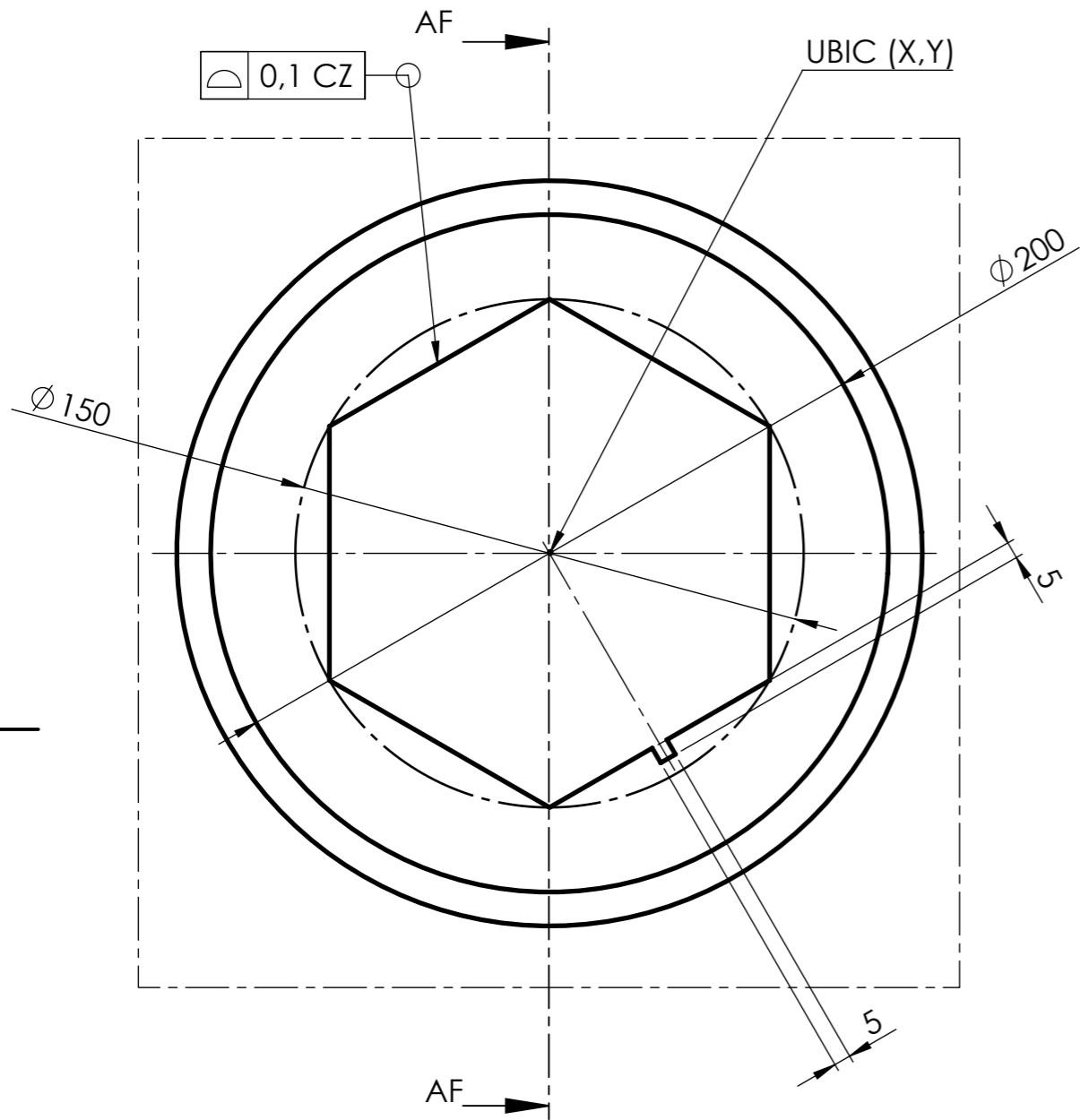
4

3

2

1

CARACTERÍSTICAS Bi



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	12,5	12,5	M10 POR TODO
A2	12,5	300	M10 POR TODO
A3	12,5	590	M10 POR TODO
A4	600	12,5	M10 POR TODO
A5	600	590	M10 POR TODO
A6	1190	12,5	M10 POR TODO
A7	1190	300	M10 POR TODO
A8	1190	590	M10 POR TODO
B1	150	230	VER coord. E6
B2	150	480	VER coord. E6
B3	380	150	VER coord. E6
B4	440	420	VER coord. E6
B5	730	190	VER coord. E6
B6	766	480	VER coord. E6
B7	980	150	VER coord. E6
B8	1000	480	VER coord. E6
C1	250	360	Ø23 POR TODO
C2	515	220	Ø23 POR TODO
C3	875	360	Ø23 POR TODO

Notas:

1-. A menos que se especifiquen otras, las tolerancias generales vienen dadas por la norma ISO 2768-mK.

2-. Ángulo de salida de la pieza de 2°.

3-. Características Bi es un detalle múltiple que se repite con las mismas características en distintas posiciones. Se acota por coordenadas para mayor claridad.
El origen de coordenadas se encuentra definido en coord. D3

Observaciones Ver Notas (coord.B6)	Título: Panel estructural. Parte 2		Plano: 1.0.2	
			Hoja: 7 de 11	
Escala 1:2	Un. dim. mm 		Autor: Raquel Sola García	
			Comprobado por:	
			Fecha: 08/10/2019	
			Fecha:	

6 5 4 3 2 1

Perspectiva

Top view of a hexagonal mechanical part. It features a central circular hole with a diameter of $\phi 100$ and an outer hexagonal edge with a diameter of $\phi 150$. The part has a thickness of 10 mm. A chamfered edge is shown with a 22.5° angle and a width of 6 mm. A fillet with a radius of R3 is applied to the inner edge of the hexagon. A section line AG is indicated. Surface texture symbols are present: a square symbol with '0,1' and a circle symbol with '0,1 CZ'. A datum 'A' is also shown.

Side view of the mechanical part. The total width is 45 mm, with a central section of 25 mm and a side section of 10 mm. The part has a thickness of 10 mm. A chamfered edge is shown with a 4° angle and a width of 2 mm. A section line AG is indicated. A detail callout 'AH' is shown with a dashed circle. Surface texture symbols are present: a square symbol with '0,1' and a datum 'A'. A fillet with a radius of R3 is also shown.

Perspective view of the mechanical part, showing its three-dimensional form and the central hole.

Notas:

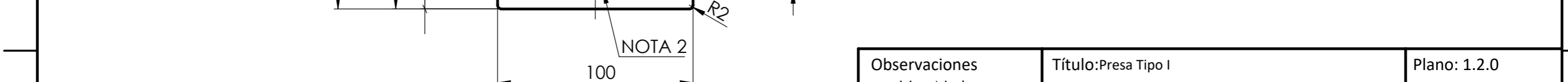
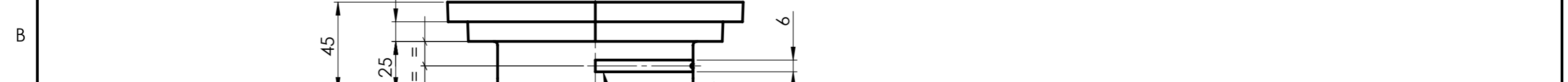
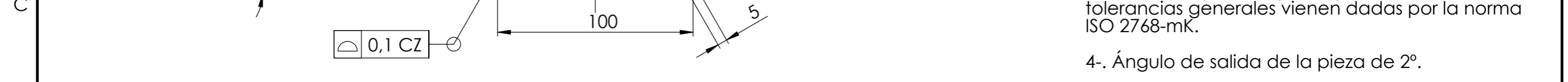
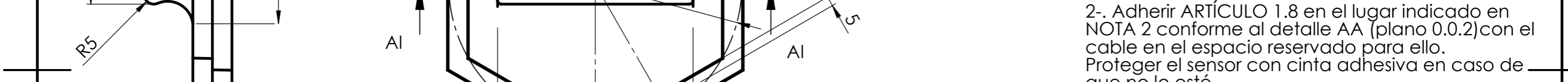
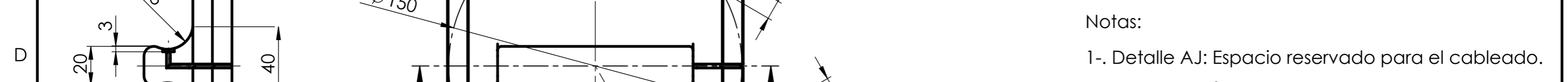
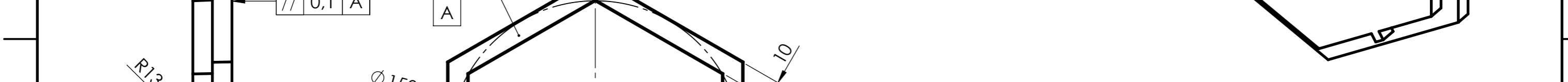
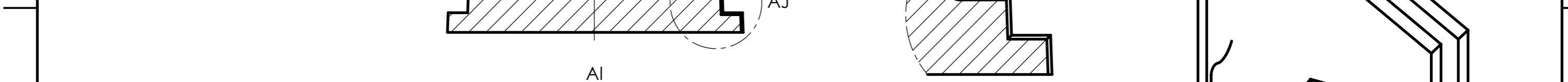
- 1-. Detalle AH: Espacio reservado para el cableado.
- 2-. Adherir ARTÍCULO 1.8 en el lugar indicado en NOTA 2 conforme al detalle AA (plano 0.0.2) con el cable en el espacio reservado para ello. Proteger el sensor con cinta adhesiva en caso de que no lo esté. Posteriormente cubrir el espacio sobrante con cola hasta enrasar con la superficie.
- 3-. A menos que se especifiquen otras, las tolerancias generales vienen dadas por la norma ISO 2768-mK.
- 4-. Ángulo de salida de la pieza de 2°.

Detail view of the reserved space for wiring (AH). It shows a rectangular cutout with a width of 18 mm and a depth of 2 mm. A hole with a diameter of $\phi 2$ is located at the top. The detail is labeled 'AH (1:1)' and 'NOTA 2'.

Observaciones Ver Notas (coord.D3)	Título: Presa Tipo O		Plano: 1.1.0	
			Hoja: 8 de 11	
Escala 1:2	Un. dim. mm		Autor: Raquel Sola García	
			Comprobado por:	
			Fecha: 08/10/2019	
			Fecha:	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza

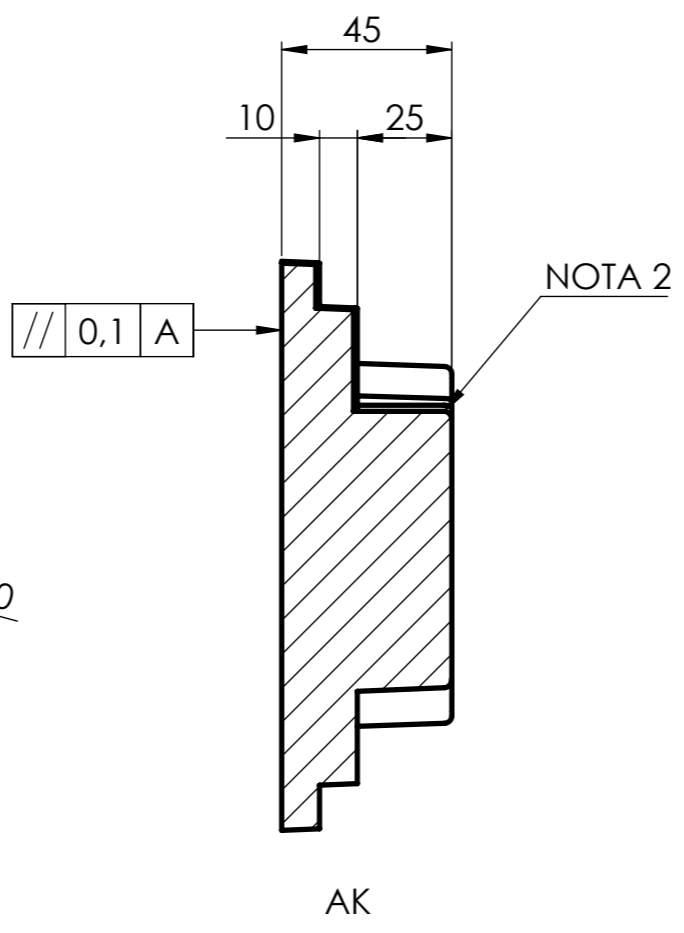
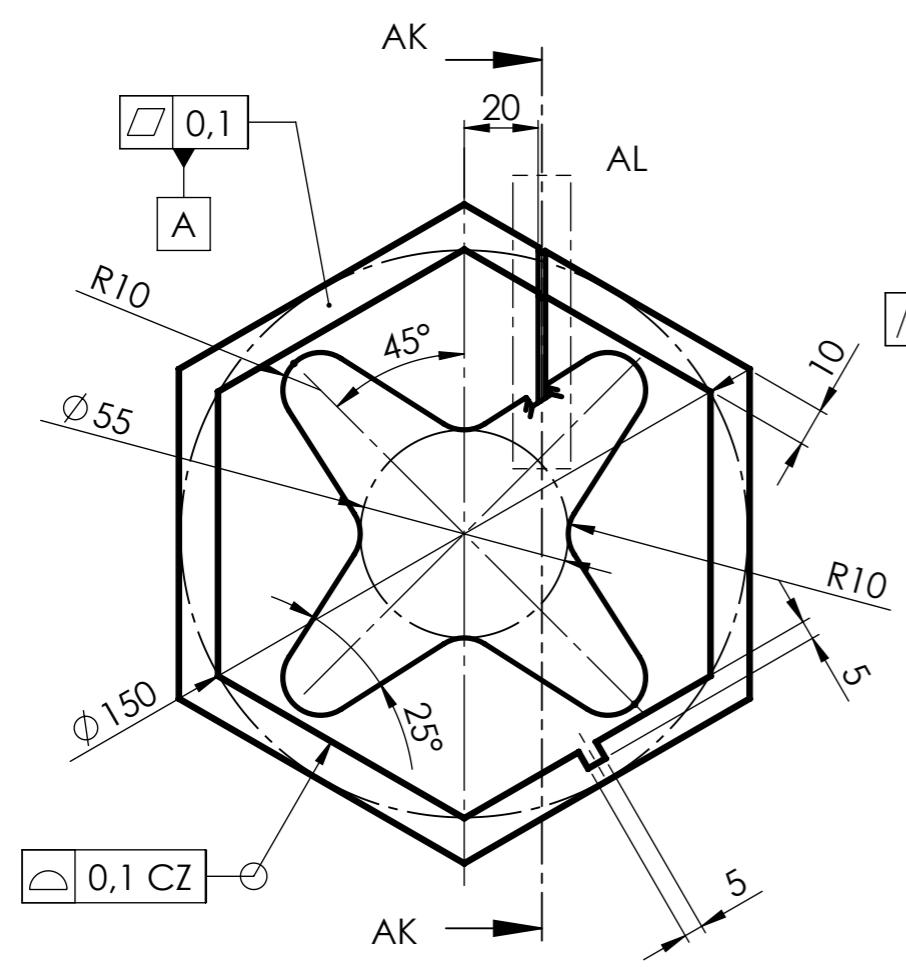
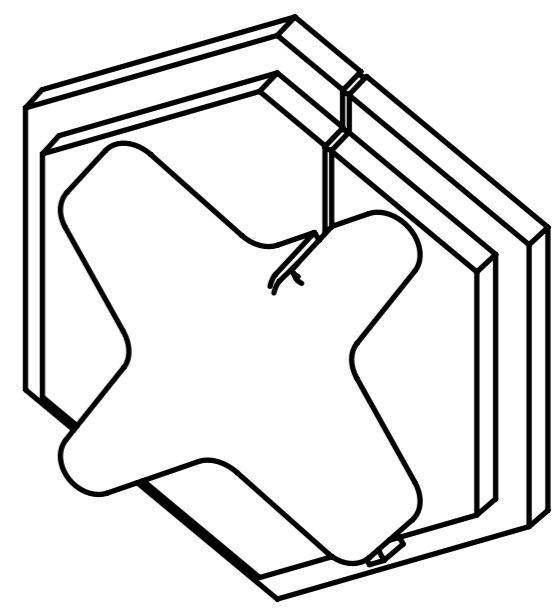
4 3 2 1



Observaciones Ver Notas (coord.D3)	Título: Presa Tipo I		Plano: 1.2.0	
			Hoja: 9 de 11	
Escala 1:2	Un. dim. mm 		Autor: Raquel Sola García	
			Comprobado por:	
			Fecha: 08/10/2019	
			Fecha:	

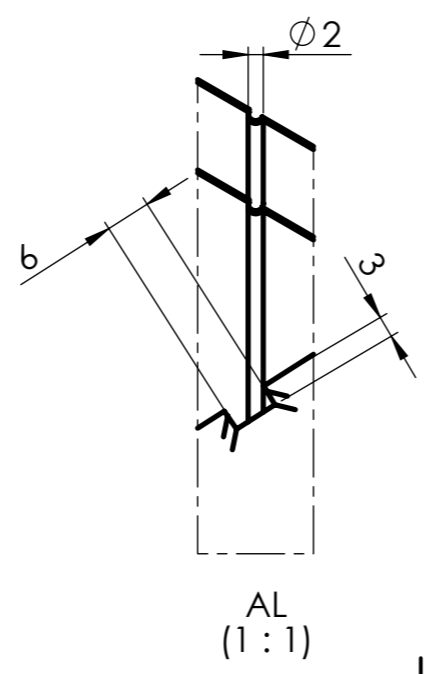
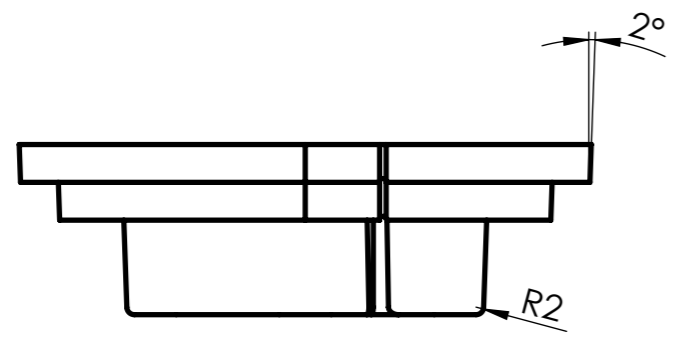
- Notas:
- 1-. Detalle AJ: Espacio reservado para el cableado.
 - 2-. Adherir ARTÍCULO 1.8 en el lugar indicado en NOTA 2 conforme al detalle AA (plano 0.0.2) con el cable en el espacio reservado para ello. Proteger el sensor con cinta adhesiva en caso de que no lo esté. Posteriormente cubrir el espacio sobrante con cola hasta enrasar con la superficie.
 - 3-. A menos que se especifiquen otras, las tolerancias generales vienen dadas por la norma ISO 2768-mK.
 - 4-. Ángulo de salida de la pieza de 2°.

Perspectiva

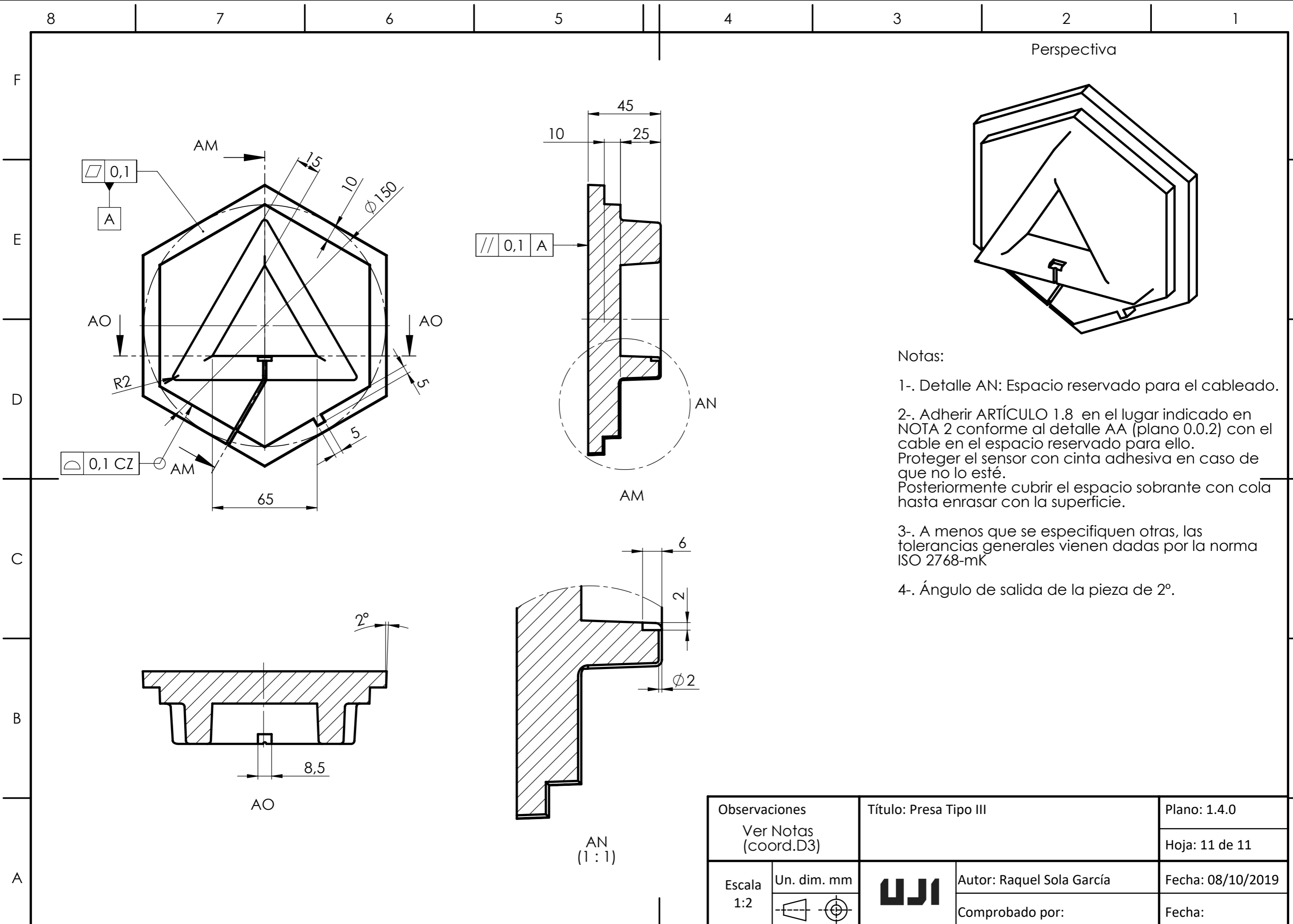


Notas:

- 1-. Detalle AL: Espacio reservado para el cableado.
- 2-. Adherir ARTÍCULO 1.8 en el lugar indicado en NOTA 2 conforme al detalle AA (plano 0.0.2) con el cable en el espacio reservado para ello. Proteger el sensor con cinta adhesiva en caso de que no lo esté. Posteriormente cubrir el espacio sobrante con cola hasta enrasar con la superficie.
- 3-. A menos que se especifiquen otras, las tolerancias generales vienen dadas por la norma ISO 2768-mK.
- 4-. Ángulo de salida de la pieza de 2°.



Observaciones Ver Notas (coord.D3)		Título: Presa Tipo II		Plano: 1.3.0
Escala 1:2		Un. dim. mm		Autor: Raquel Sola García
				Comprobado por:
				Fecha:



Perspectiva

Notas:

- 1-. Detalle AN: Espacio reservado para el cableado.
- 2-. Adherir ARTÍCULO 1.8 en el lugar indicado en NOTA 2 conforme al detalle AA (plano 0.0.2) con el cable en el espacio reservado para ello. Proteger el sensor con cinta adhesiva en caso de que no lo esté. Posteriormente cubrir el espacio sobrante con cola hasta enrasar con la superficie.
- 3-. A menos que se especifiquen otras, las tolerancias generales vienen dadas por la norma ISO 2768-mK
- 4-. Ángulo de salida de la pieza de 2°.

Observaciones Ver Notas (coord.D3)		Título: Presa Tipo III		Plano: 1.4.0
				Hoja: 11 de 11
Escala 1:2	Un. dim. mm		Autor: Raquel Sola García	Fecha: 08/10/2019
			Comprobado por:	Fecha:

7.2. Justificación de tolerancias

En el documento 7 PLANOS, en las anotaciones de cada plano se puede observar la siguiente nota:

-A menos que se especifiquen otras, las tolerancias generales vienen dadas por la norma ISO 2768-mK.

Esta norma hace referencia a unas tolerancias geométricas de calidad media, fácilmente asumibles por el proceso de fabricación que se va a aplicar.

Solo en el caso de zonas sensibles, se aplica una calidad mayor –aunque también asumible por el proceso de fabricación.

Es el caso de las zonas que van soldadas. Se aplica una tolerancia de forma de planitud a las caras que estarán en contacto, que son las que se muestran en la Figura 82 y Figura 82.

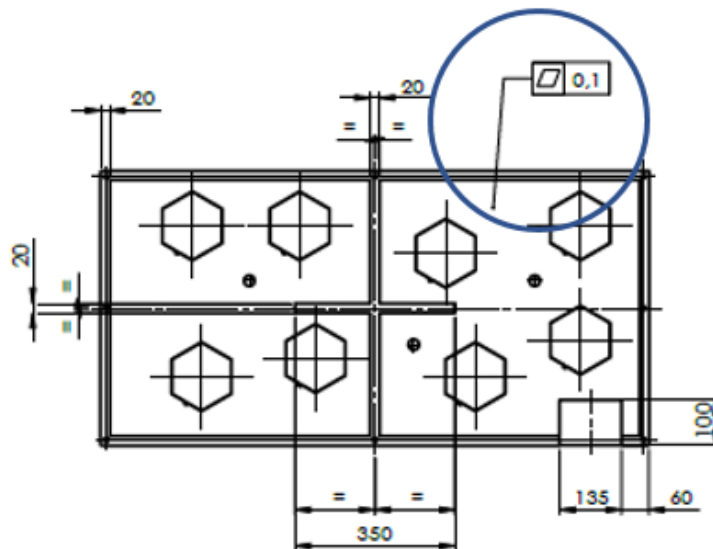


Figura 82 Tolerancia de Planitud de Panel estructural

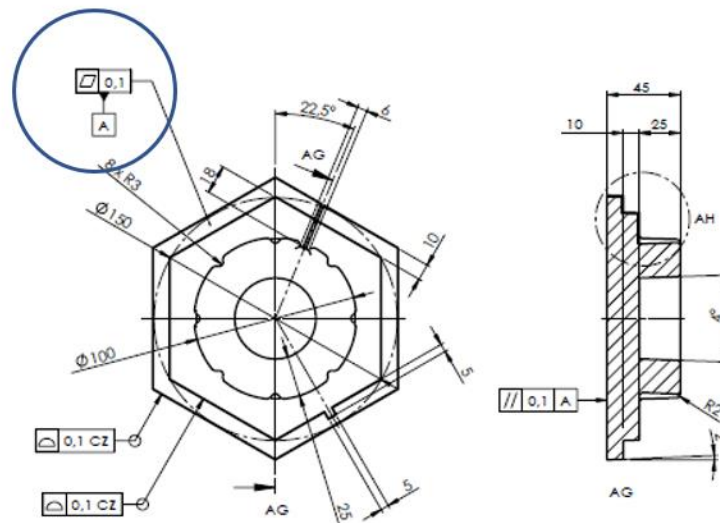


Figura 83 Tolerancia de Planitud de Presa tipo O

Además, para garantizar que las piezas encajen entre sí, se aplica una tolerancia de forma de superficie con aplicación total (todo alrededor), como se muestra en la Figura 84 y Figura 85.

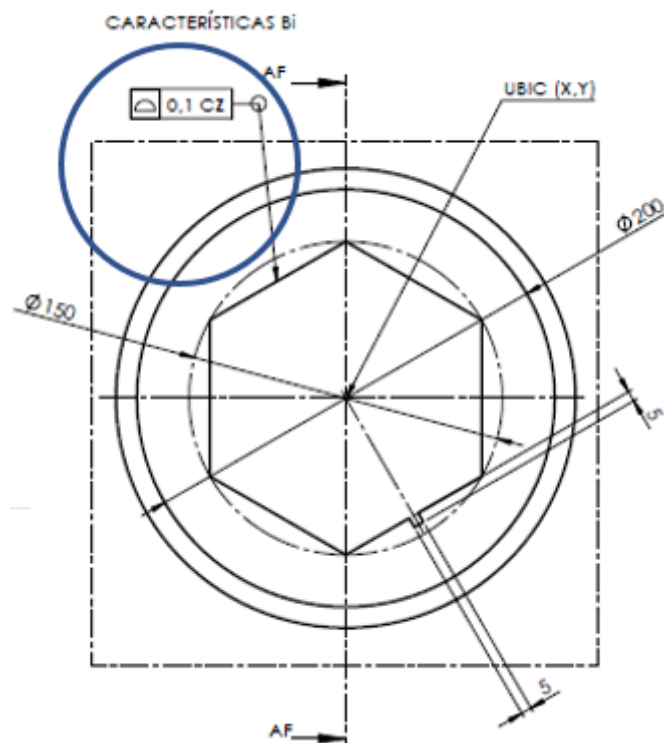


Figura 84 Tolerancia de Superficie de Panel estructural



8. CONCLUSIONES

Con este proyecto se ha conseguido un producto que cumple la premisa inicial, que sea un elemento que introduzca el movimiento en las aulas infantiles. Además se han desarrollado las etapas necesarias para dar solidez al proyecto, tanto a nivel técnico mediante análisis de resistencia y optimización de diseño, análisis de fabricación y análisis económicos.

Con todo ello, se ha llegado a un producto que introduce el movimiento en las aulas con las siguientes ventajas frente a lo ya existente:

Este proyecto cuenta con un sistema electrónico que introduce la gamificación en las aulas. El fin de este sistema electrónico es sugerir rutas interactivas con el usuario (en función de la posición en la que se encuentre) para incentivar su uso. Lo más similar encontrado es en patentes, donde las rutas se indican mediante “caminos” imantados, con el consecuente problema de seguridad –si el usuario se intenta agarrar en él, se caería.

Los salientes que rodean las presas para poder orientarse no solo de forma visual sino también a través del tacto.

Los productos para aulas existentes propician el sedentarismo, ya que los que sirven para hacer ejercicio, por dimensiones y funcionalidad son más propios de gimnasios. El tamaño reducido de este y el sistema electrónico permite un uso más ágil y que quepa en el aula.

También es innovador en el proceso de fabricación de este tipo de productos. Las soluciones del mercado son muy artesanales, como se muestra en la Figura 86. En el caso de este proyecto, el proceso que es mediante inyección de plástico y unión de los componentes mediante soldadura por ultrasonidos, industrializa el producto. Además, no solo genera las presas, que son un producto inacabado, ya que habría que colocarlas posteriormente en alguna parte, sino creando un producto finalizado, con el sistema electrónico y las texturas.



Figura 86 Reportaje La Fabrica de Ideas para TVE, Fabricación presas de escalada

Y con todo ello, se da respuesta a las oportunidades de mercado detectadas en el Estudio de mercado, y por tanto a los objetivos de este proyecto.



9.1. Comparativa económica entre Proceso inyección y Termo conformado

Se observa que en caso de que la pieza tuviese se espesor uniforme, el proceso de termo conformado también sería válido. Por ello se lleva a cabo una comparación entre los costes estimados de cada proceso (moldeo por inyección frente a termo conformado), aplicando la metodología de Swift, para saber si podría ser rentable eliminar los rigidizadores del componente Estructura base, fabricarlos aparte y añadirlos por un proceso de unión.

Cabe destacar que el método Swift no sirve para establecer el coste real de fabricación, sino que sirve para comparar costes de fabricación de distintos métodos.

Se determina el coste final por el método de Swift, mediante la siguiente expresión.

$$Cf = V * Cmat + Rc * Cproc^*$$

- V: Volumen inicial del material. Se obtiene el volumen final como el volumen inicial por el parámetro Coeficiente de desperdicio, que depende del proceso de fabricación.

$$Vf (\text{Volumen final}) * Cdesp (\text{Coeficiente de desperdicios})$$

- Cmat: Coste de material por unidad de volumen.
- Rc: Coeficiente de coste relativo. En este afectan los coeficientes mostrados en la Figura 87.
- Cproc: Coste básico de procesado con diseño ideal.

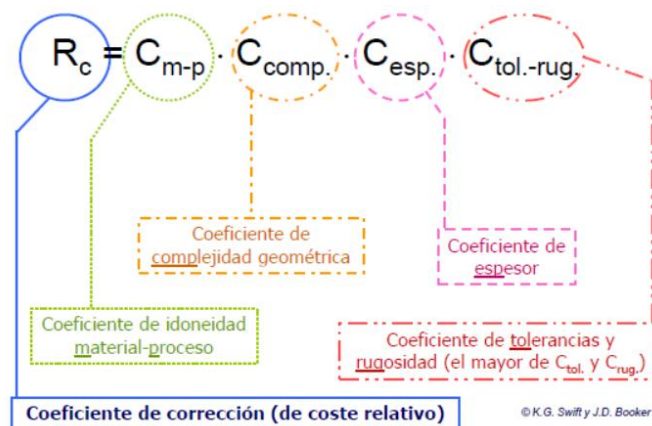


Figura 87 Coeficiente de coste relativo descompuesto

Los coeficientes de la Figura 87 se obtienen de las siguientes tablas donde:

- MIP: Moldeo por Inyección de Plásticos
- TV: Termo conformado al vacío

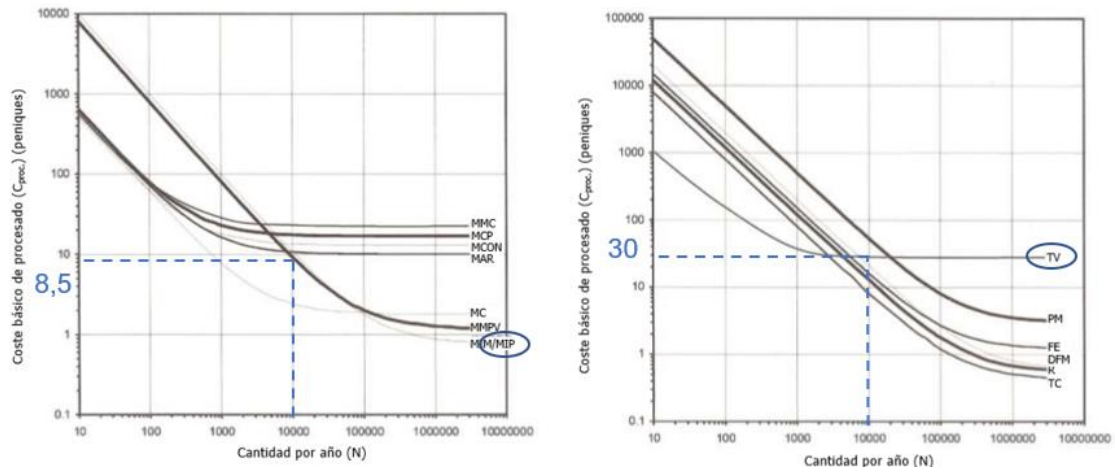


Figura 88 Cproc. Coste básico de procesamiento con diseño ideal



Clasificación de la complejidad geométrica

TV → 3,7
MIP → 3,2

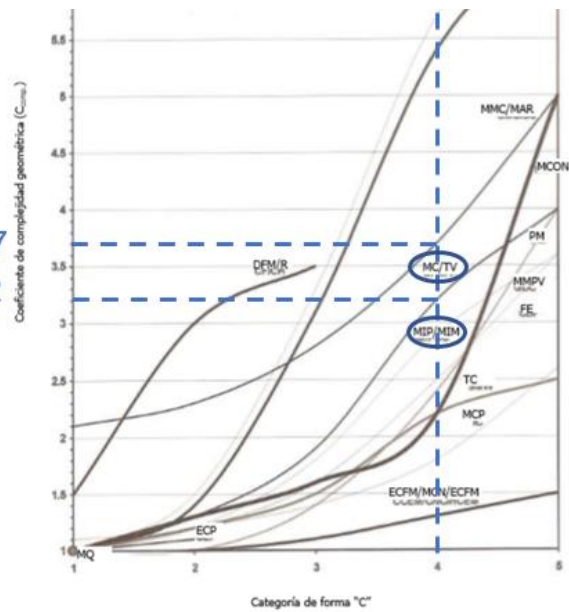


Figura 89 Ccomp: Coeficiente de complejidad geométrica

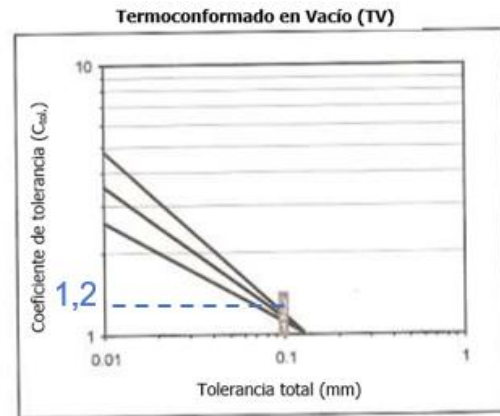
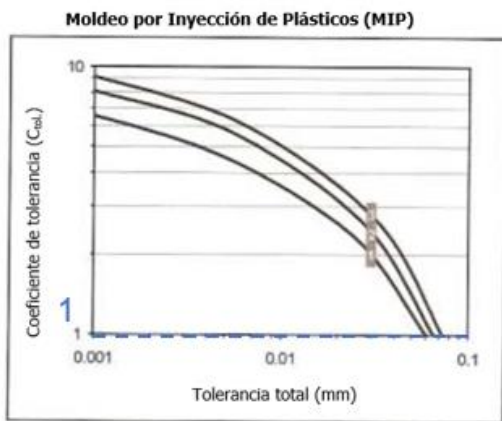


Figura 90 Cesp: Coeficiente de espesor

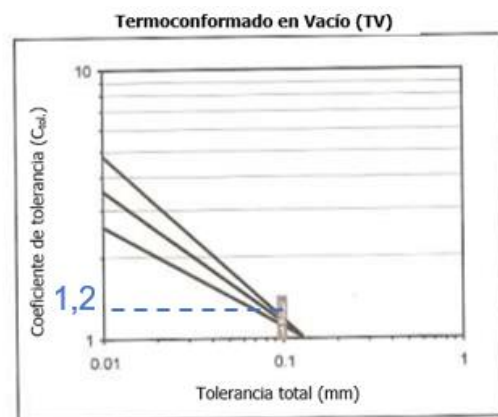
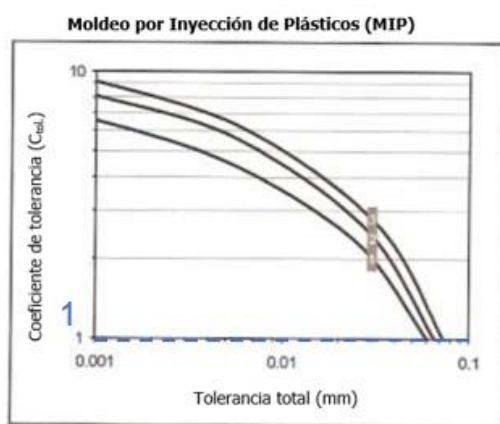


Figura 91 Ctol: coeficiente de tolerancia

Tabla 40 Coste básico debido al material

Proceso	Categoría geométrica	V_f (mm ³)	C_{desp}	$V_i = V_f \cdot C_{desp}$ (mm ³)	C_{mat} (cénts/mm ³)	$A = V \cdot C_{mat}$ (cénts)
MIP	C4	105272 18	1,2	12632661	0,00018	2273
TV	C4	105272 18	1,1	11579939	0,00018	2084

Tabla 41 Coste básico debido al procesado

$R_c = C_{m-p} \cdot C_{comp} \cdot C_{esp} \cdot C_{tol}$							
Proceso	C_{proc}	C_{m-p}	C_{comp}	C_{esp}	$C_{tol-rug}$	R_c	$B = R_c \cdot C_{proc}$ (cénts)
MIP	8,5	1	3,2	1	1	3,2	27,2
TV	30	1	3,7	1,2	1,2	5,328	159,84

Tabla 42 Comparación de costes mediante distintos procesos de fabricación

Nombre	Material	Proceso	CF [A+B] (cént)
Estructura Base	ABS/PC	MIP	2301
Estructura Base	ABS/PC	TV	2244
		$\frac{MIP}{TV}$	1,025

Dividiendo el Coste Final (CF) de fabricar la Estructura base mediante *Moldeo por Inyección de plásticos* entre el coste del proceso de *Termo conformado al vacío*, se obtiene el coeficiente de variación que en este caso es de 1,025, es decir, el coste de fabricar mediante MIP es 0,025 superior que mediante TV. Se puede expresar en porcentaje como un 2,5%.

Como conclusión, realizar modificaciones en la geometría del componente Estructura Base para que se pueda fabricar mediante termo conformado no resulta rentable porque el ahorro supondría un 2,5 % frente al moldeo por inyección. Sin embargo, posteriormente habría que añadir los costes de fabricar los rigidizadores aparte y unirlos mediante un proceso de unión. Es decir, no habría ningún ahorro en la solución final. Además, el producto sería menos robusto.

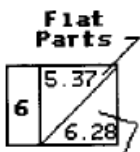
Por tanto, se selecciona el proceso de Inyección de plásticos para este componente.

9.2. Cálculo del coste de utillaje

9.2.1. Tablas comunes

1 in = 25.4 mm; 100 mm/25.4 mm = 3.94 in

Flat Parts



Box-Shaped Parts

BASIC COMPLEXITY

		SECOND DIGIT													
		L < 250 mm (4)				250mm < L < 480mm				L > 480 mm					
		Number of External Undercuts (5)				Number of External Undercuts (5)				Number of External Undercuts (5)					
		zero	one	two	More than two	zero	one	two	More than two	zero	one	More than one			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
FIRST DIGIT	Parts Without Internal Undercuts (1)	Parts whose peripheral height from a planar dividing surface is constant (2)	Part in one half(3)	0	1.00	1.23	1.38	1.52	1.42	1.65	1.79	1.94	1.83	2.07	2.33
		Part not in one half(3)	1	1.14	1.37	1.52	1.66	1.61	1.84	1.99	2.13	2.09	2.32	2.58	
		Parts whose peripheral height from a planar Dividing Surface is not constant - or - parts with a non-planar Dividing Surface(2)	2	1.28	1.51	1.66	1.80	1.81	2.04	2.19	2.33	2.34	2.58	2.84	
	SECOND DIGIT	On Only One Face of the Part	Parts whose ONLY Dividing Surface (2) is planar, or parts whose peripheral height from a planar dividing surface is constant	3	2.33	2.57	2.71	2.86	2.75	2.98	3.13	3.27	3.17	3.40	3.66
			Parts whose peripheral height from a planar Dividing Surface is not constant - or - parts with a non-planar Dividing Surface(2)	4	2.98	3.21	3.36	3.50	3.52	3.75	3.89	4.04	4.04	4.28	4.54
		On More Than One Face of the Part	Parts whose ONLY Dividing Surface (2) is planar, or parts whose peripheral height from a planar dividing surface is constant	5	4.20	4.43	4.58	4.72	4.62	4.85	4.99	5.14	5.03	5.27	5.53
Parts whose peripheral height from a planar Dividing Surface is not constant - or - parts with a non-planar Dividing Surface(2)			6	5.37	5.60	5.74	5.89	5.90	6.13	6.28	6.42	6.43	6.67	6.93	
			6	6.28	6.52	6.66	6.81	7.74	7.98	8.12	8.27	9.37	9.60	9.86	

Figura 92 Tabla para Primer y segundo dígito

Feature		Number of Features (n)	Penalty per Features	Penalty
Holes or Depressions	Circular		2n	
	Rectangular		4n	
	Irregular		7n	
Bosses	Solid (8)		n	
	Hollow (8)		3n	
Non-peripheral ribs and/or walls and/or rib clusters (8)			3n	
Side Shutoffs	Simple (9)		2.5n	
	Complex (9)		4.5n	
Lettering (10)			n	
			Total Penalty	

SMALL PARTS (L < 250 mm)

Total Penalty < 10 => Low cavity detail
 10 < Total Penalty < 20 => Moderate cavity detail
 20 < Total Penalty < 40 => High cavity detail
 Total Penalty > 40 => Very high cavity detail

MEDIUM PARTS (250 < L < 480 mm)

Total Penalty < 15 => Low cavity detail
 15 < Total Penalty < 30 => Moderate cavity detail
 30 < Total Penalty < 60 => High cavity detail
 Total Penalty > 60 => Very high cavity detail

LARGE PARTS (L > 480 mm)

Total Penalty < 20 => Low cavity detail
 20 < Total Penalty < 40 => Moderate cavity detail
 40 < Total Penalty < 80 => High cavity detail
 Total Penalty > 80 => Very high cavity detail

1 in = 25.4 mm; 100 mm/25.4mm = 3.94 in

Figura 93 Obtención del Tercer dígito

Figura 94 Tabla para Tercer y Cuarto dígito

Table 4.1 Subsidiary complexity rating, C_s . (The numbers in parentheses refer to notes found in Appendix 4.A.)

				<i>Fourth Digit</i>	
				Without Extensive (7) External Undercuts (5) 0	With Extensive (7) External Undercuts (5) 1
<i>Third Digit</i>	Cavity Detail (6)	Low	0	1.00	1.25
		Moderate	1	1.25	1.45
		High	2	1.60	1.75
		Very High	3	2.05	2.15

SPI-SPE 1: Used on transparent moldings requiring minimum distortions and surface blemishes. Good for most optical lenses.

SPI-SPE 2: Near optical. Used when require good transparent clarity and high gloss. Also good for bearing surface due to minimum of surface scratches.

SPI-SPE 3: Finely abraded surface. Resembles very lightly brushed stainless steel. Used when high gloss not required.

SPI-SPE 4: Medium, abraded surface resembling brushed steel. Used in nonaesthetic areas not usually seen. Inexpensive surface, yet provides easy ejection from the mold.

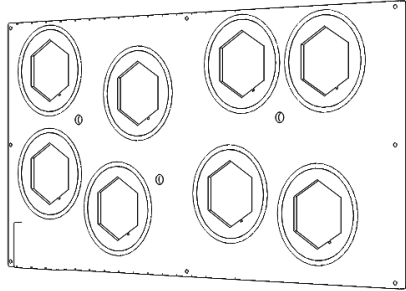
SPI-SPE 5: 40 micro-inch textured surface that has the appearance of frosted glass. Good for areas needing adhesive bonding or products requiring smooth, nonglass surface that absorbs light.

SPI-SPE 6: Medium-textured surface similar to 400-to-600-grit emery paper. Good for bonding and absorbing light. Inexpensive, appealing finish for industrial products and some consumer products.

9.2.2. Coste del molde para Panel Estructural

HOJA PARA DETERMINAR LOS COSTES RELATIVOS DEL MOLDE
MOLDEO DE PLÁSTICOS POR INYECCIÓN

Original Design



Relative Die Construction Cost

Basic Shape	L=	B=	H=
mm	1200,00	600,00	20,00
Envelope volume	14.400.000,00 mm ³		Vo= 1244 mm ³

Box/Flat Box
Flat

Basic Complexity	1 st Digit =	1	2 nd Digit =	8	C_b =	1,83
Subsidiary Complexity	3 rd Digit =	2	4 th Digit =	0	C_s =	1,6
T_a/R_a	5 th Digit =	3	6 th Digit =	0	C_t =	1,1
Total relative die construction cost	C_{dc} = C_b C_s C_t		3,2208			
CdU Panel Est	CdU = (V/Vo) · Cdc		37.282,57 €			

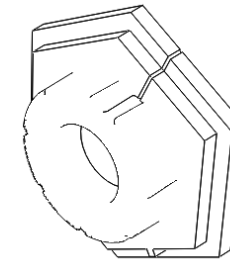
Tabla 43 Coste del molde para Presa tipo O

9.2.3. Coste del molde para Presas

HOJA PARA DETERMINAR LOS COSTES RELATIVOS DEL MOLDE
MOLDEO DE PLÁSTICOS POR INYECCIÓN

Original Design

Relative Die Construction Cost



Box/Flat Box
Box

Basic Shape	L=	B=	H=
mm	170,00	150,00	45,00

Envelope volume	1.147.500,00 mm ³	Vo= 1244 mm ³
------------------------	------------------------------	--------------------------

Basic Complexity	1 st Digit =	4	2 nd Digit =	0	C_b=	3,73
Subsidiary Complexity	3 rd Digit =	3	4 th Digit =	1	C_s=	2,15
T_a/R_a	5 th Digit =	3	6 th Digit =	0	C_t=	1,1

Total relative die construction cost	C_{dc} = C_b C_s C_t	8,82145
--------------------------------------	---	----------------

CdU Presa tipo O	CdU = (V/Vo) · Cdc	8.137,15 €
------------------	--------------------	------------

9.3. Complemento Análisis de Resistencia

9.3.1. Presa tipo I

- Tensión máxima según criterio de Von Mises: 0,68 Mpa
- Desplazamiento máximo: 0,022 mm

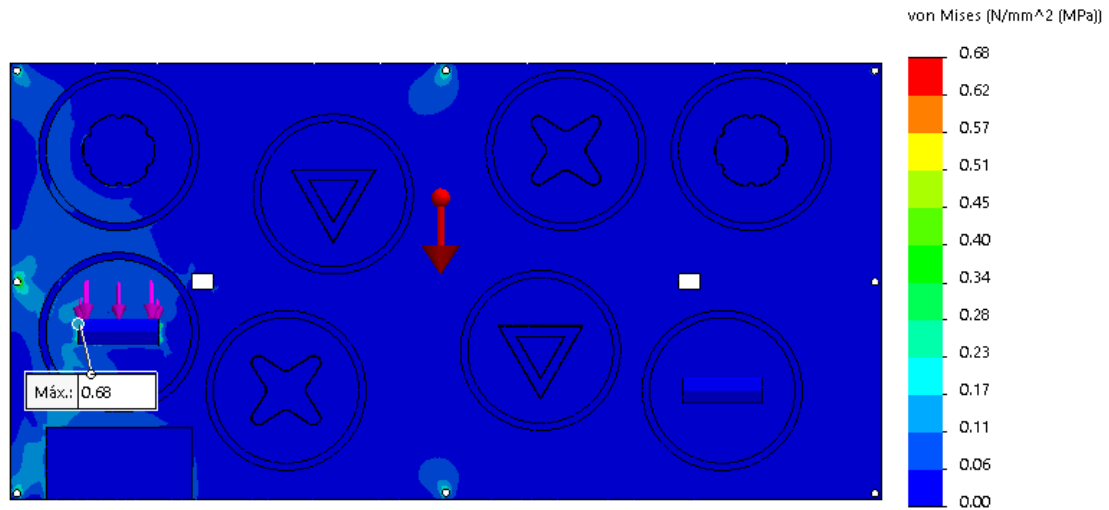


Figura 96 Presa Tipo I. Tensiones criterio Von Mises a escala real

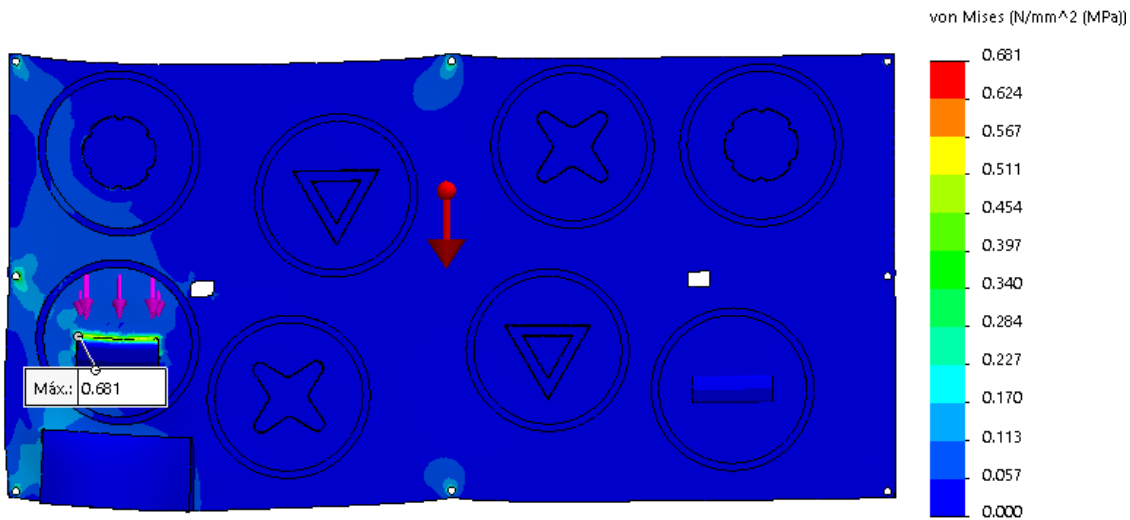


Figura 97 Presa Tipo I. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1

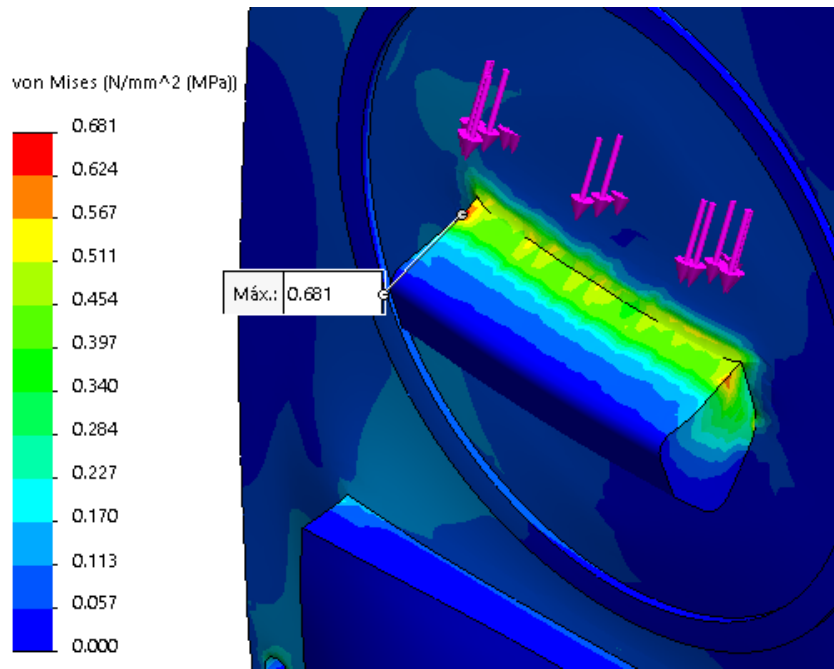


Figura 98 Detalle Presa Tipo I. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1

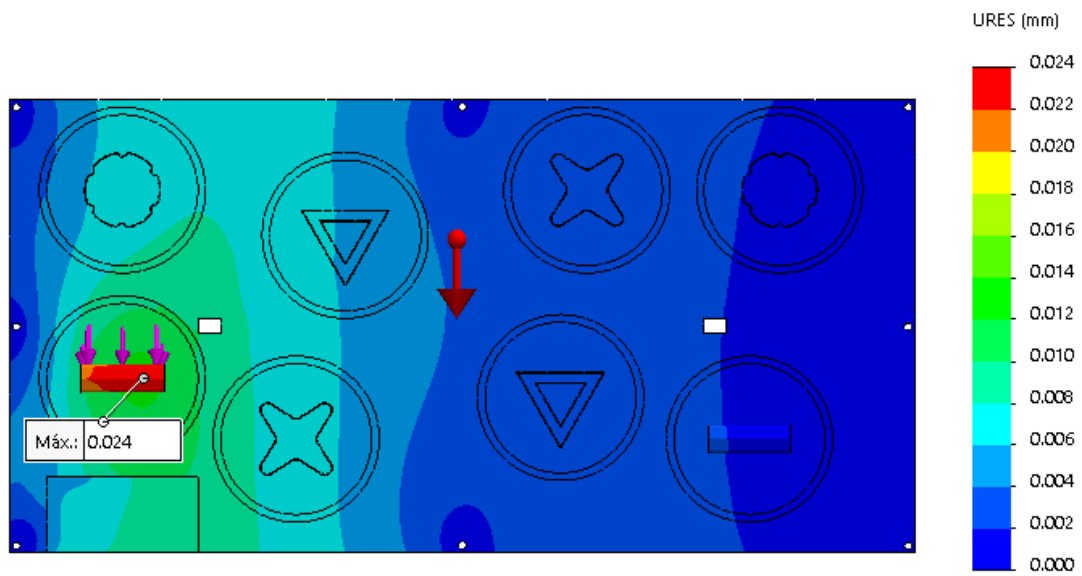


Figura 99 Presa Tipo I. Desplazamiento máximo a escala real

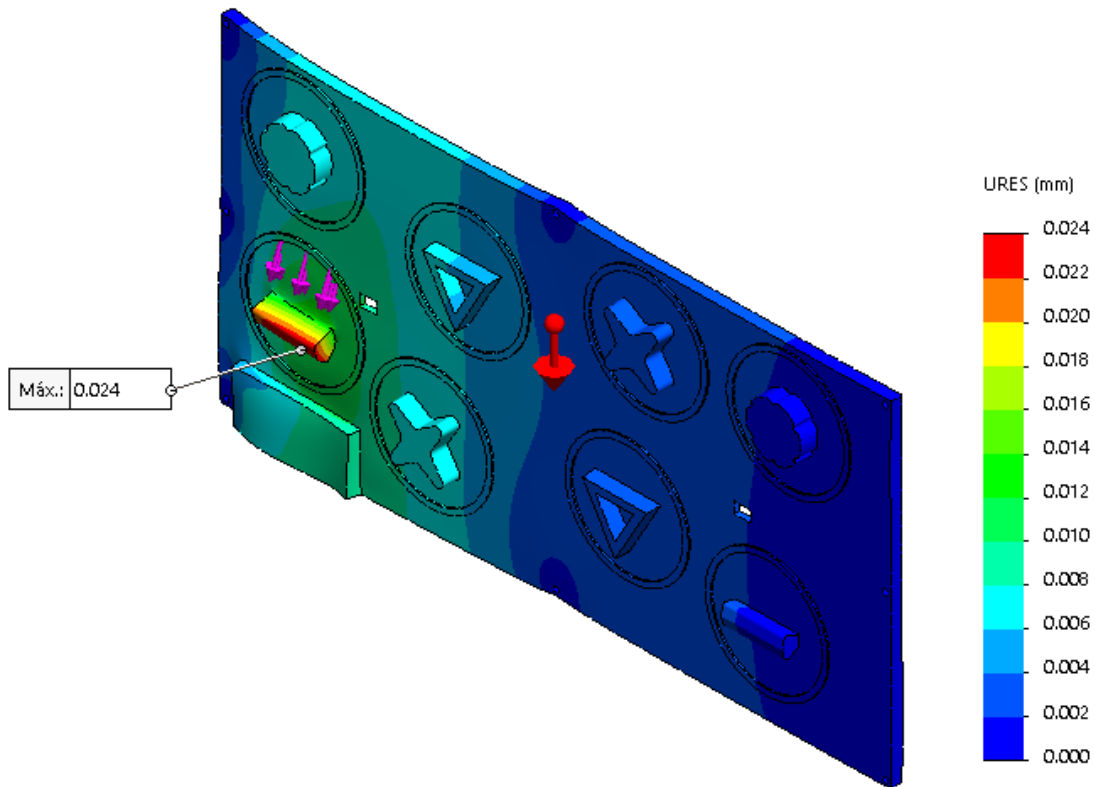


Figura 100 Presa Tipo I. Desplazamiento máximo a escala 2000/1

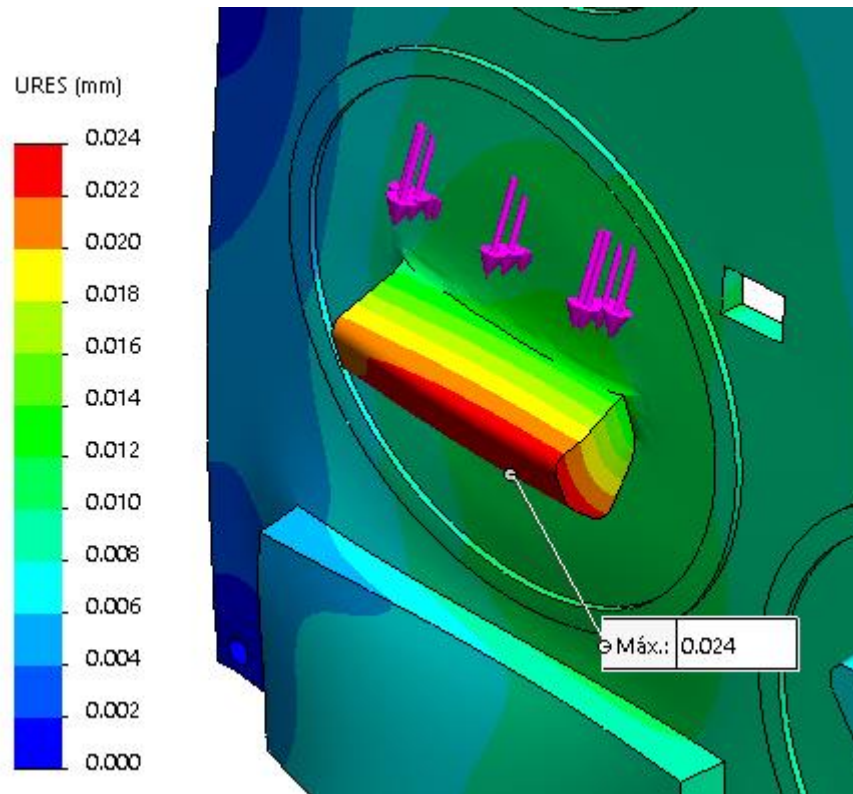


Figura 101 Detalle Presa Tipo I. Desplazamiento máximo a escala 2000/1

9.3.2. Presa tipo II

- Tensión máxima según criterio de Von Mises: 0,74 Mpa
- Desplazamiento máximo 0,032 mm

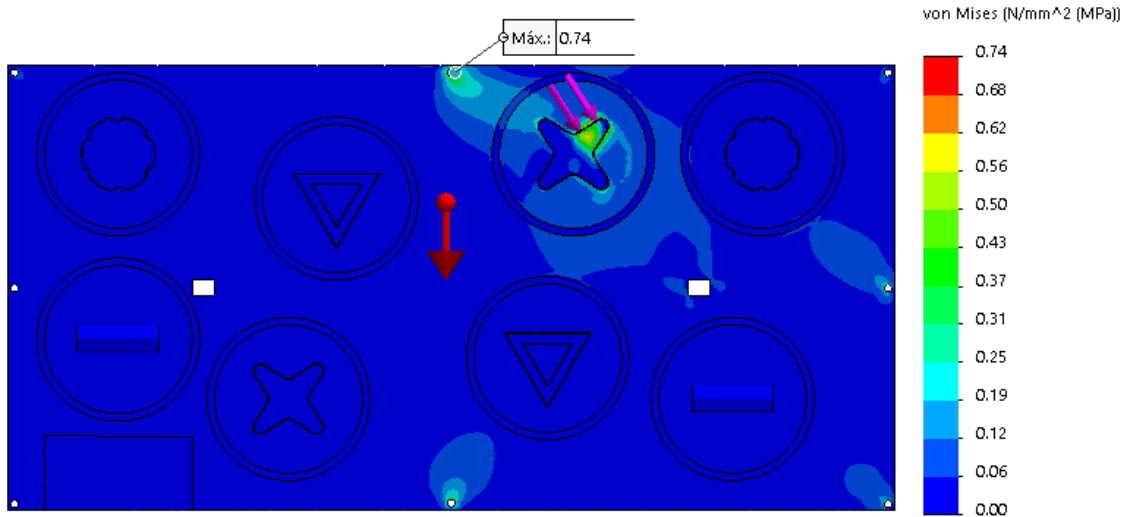


Figura 102 Presa Tipo II. Tensiones criterio Von Mises a escala real

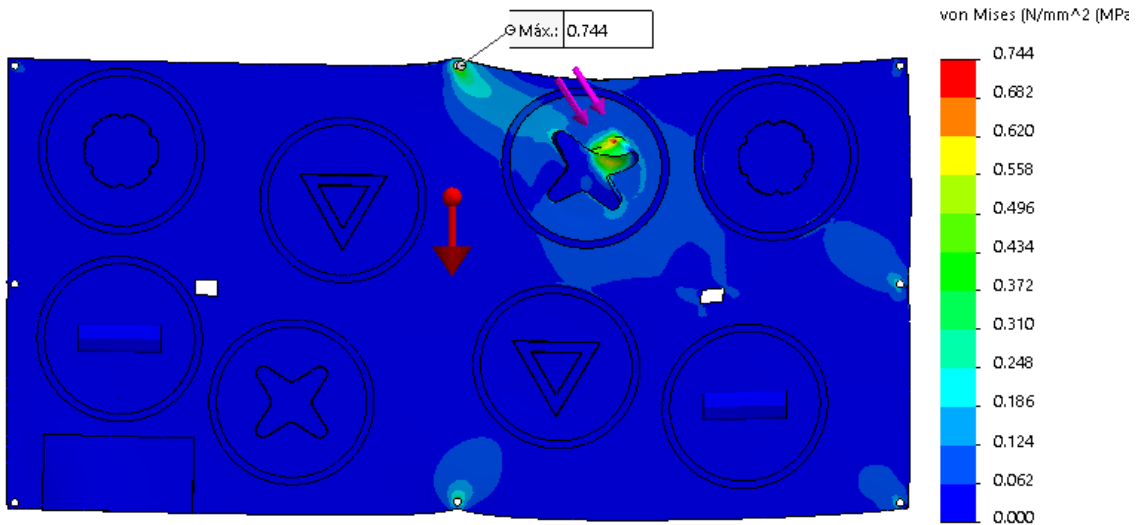


Figura 103 Presa Tipo II. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1

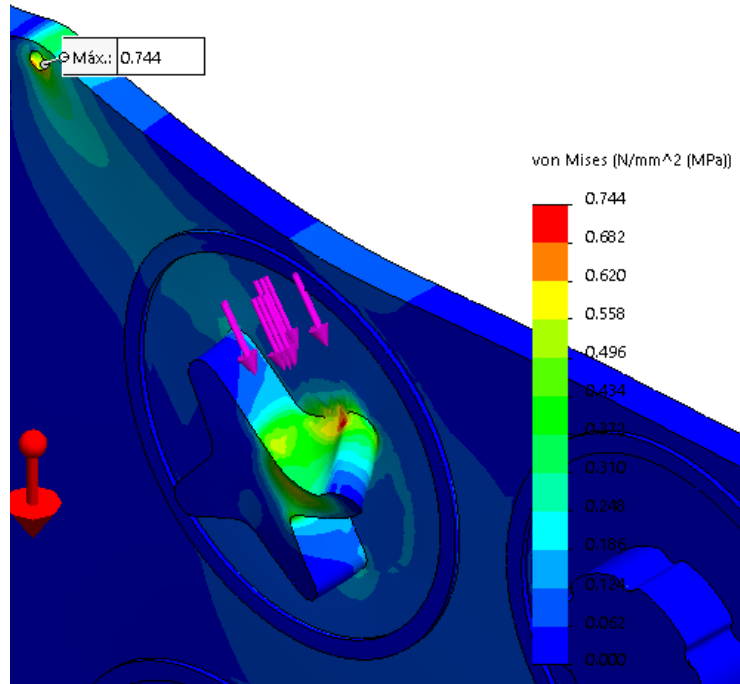


Figura 104 Detalle Presa Tipo II. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1

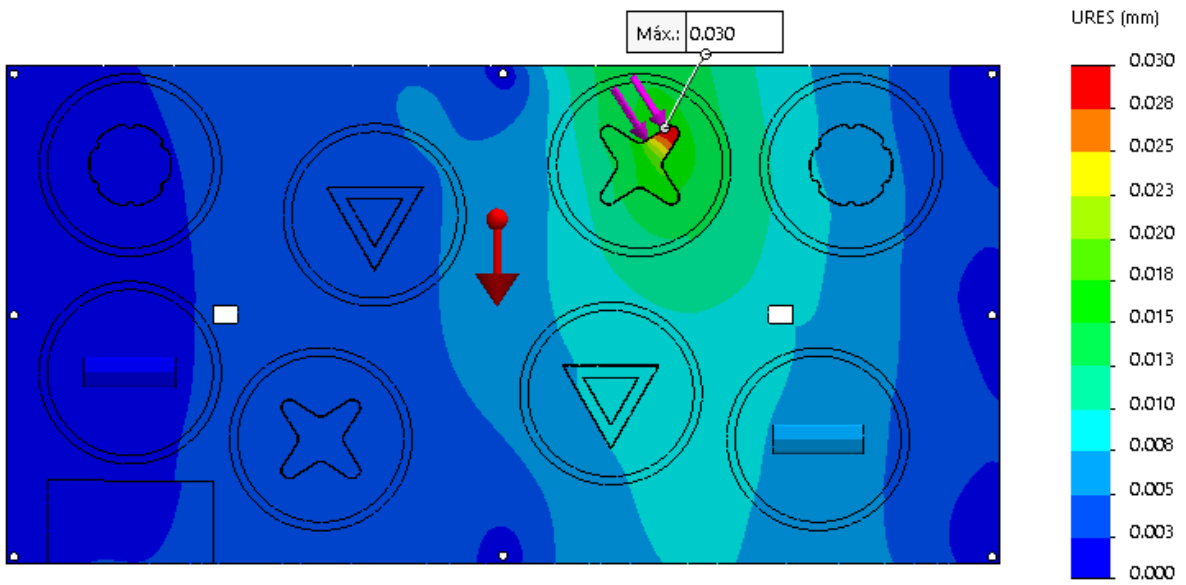


Figura 105 Presa Tipo II. Desplazamientos a escala real

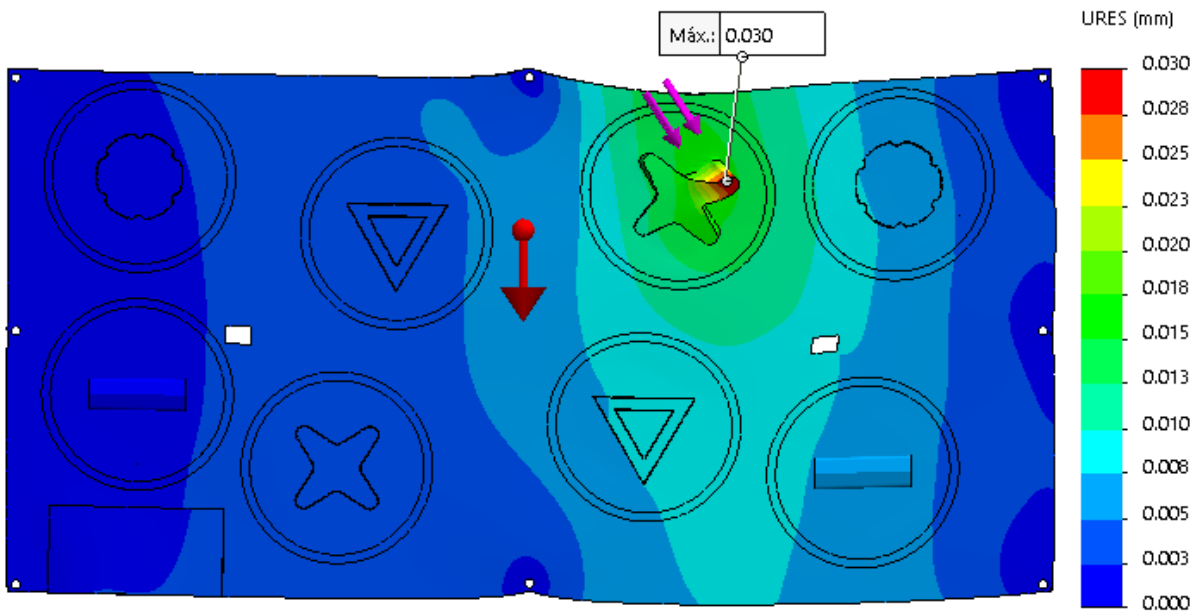


Figura 106 Presa Tipo II. Desplazamientos a escala 2000/1

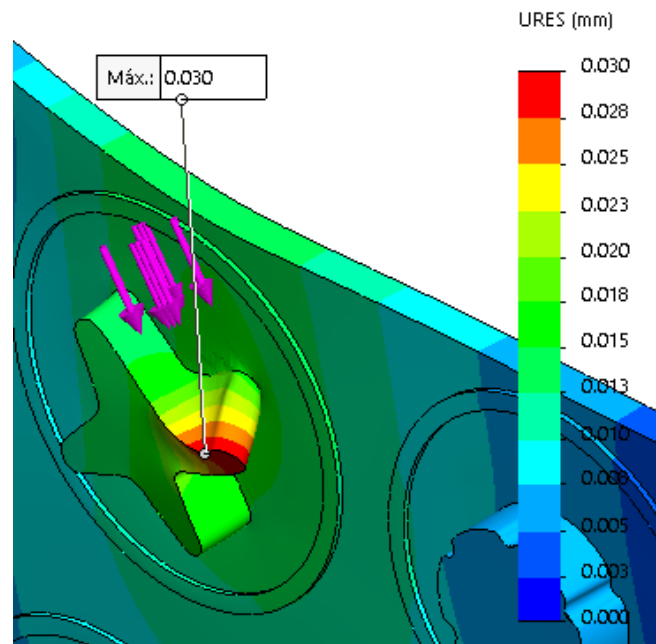


Figura 107 Detalle Presa Tipo II. Desplazamientos a escala 2000/1

9.3.3. Presa tipo O

- Tensión máxima según criterio de Von Mises: 0,76 Ma
- Desplazamiento máximo: 0,021 mm

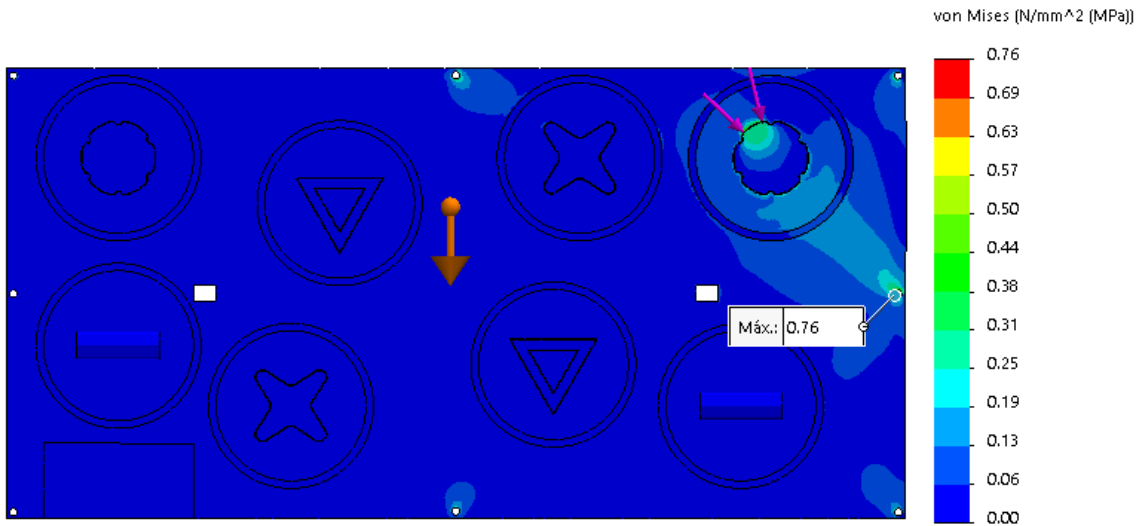


Figura 108 Presa Tipo O. Tensiones criterio Von Mises a escala real

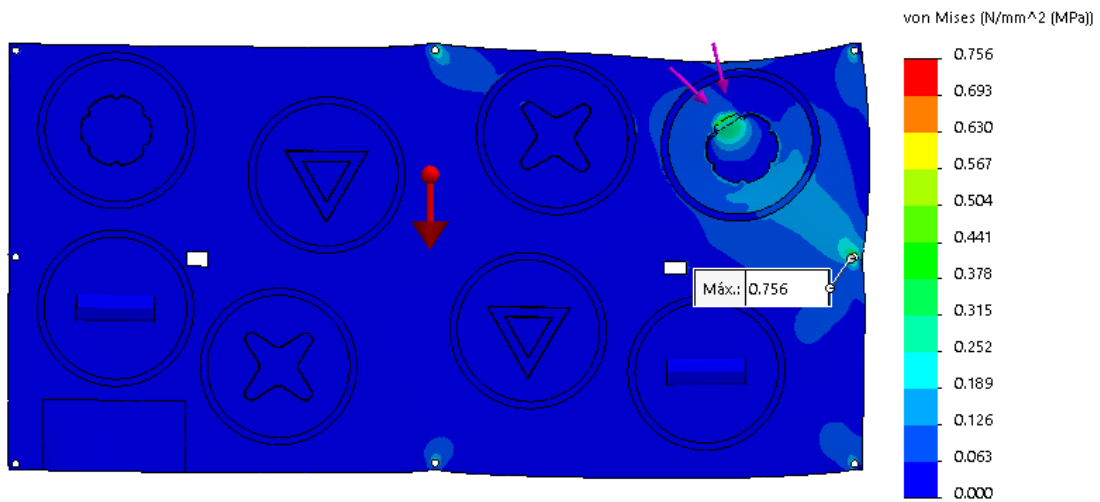


Figura 109 Presa Tipo O. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1

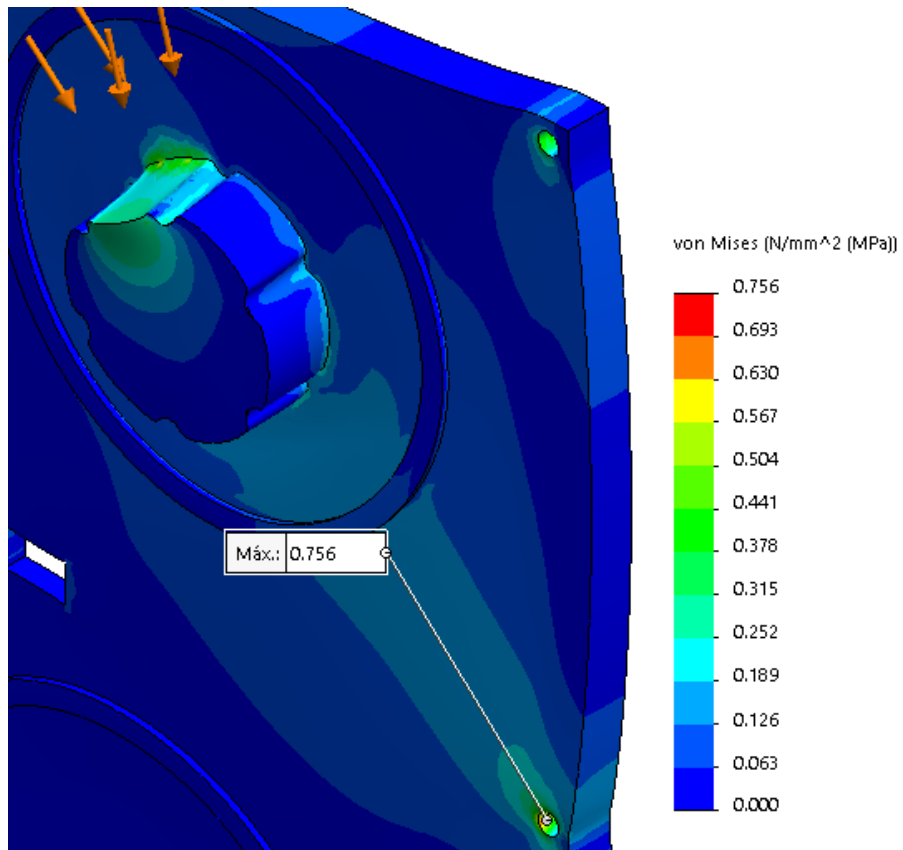


Figura 110 Detalle Presa Tipo O. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1

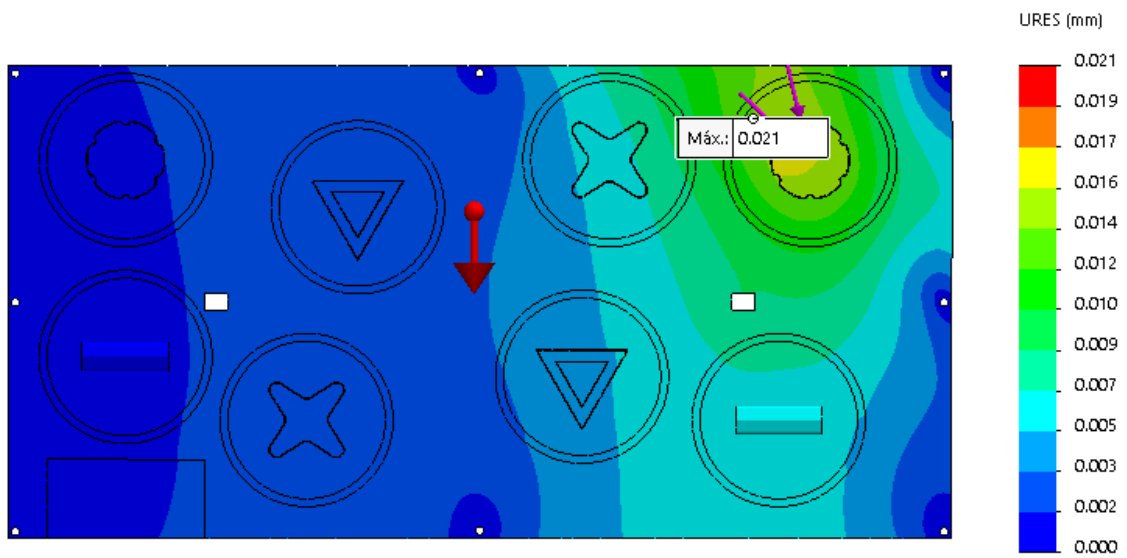


Figura 111 Presa Tipo O. Desplazamientos a escala real

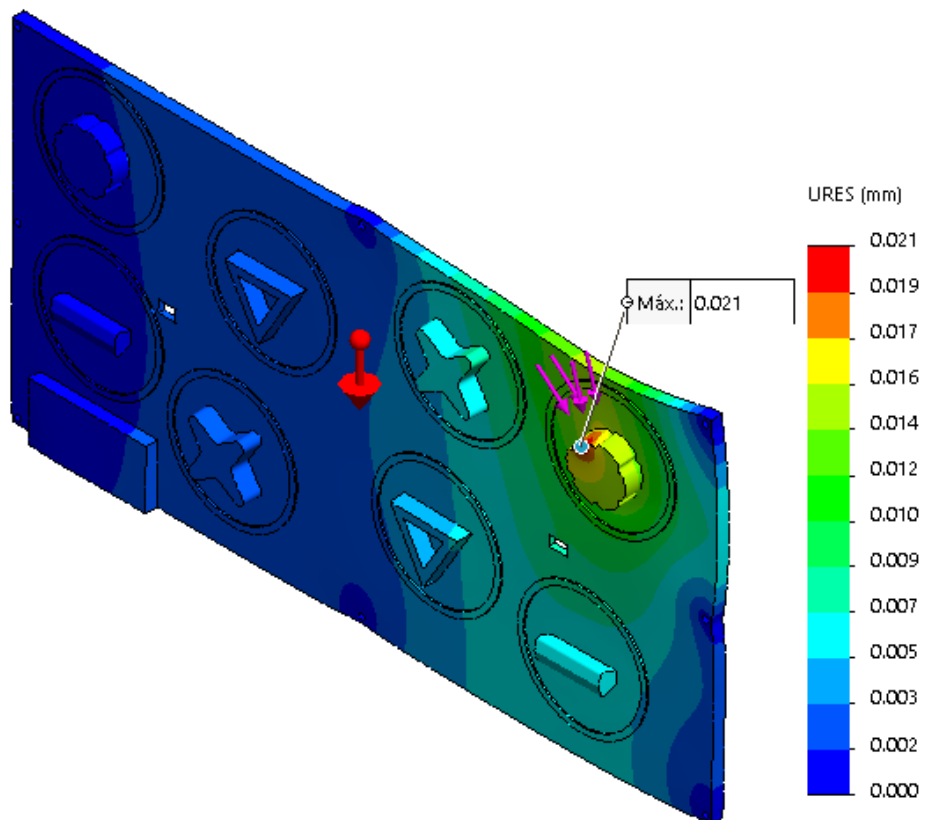


Figura 112 Presa Tipo O. Desplazamientos a escala 2000/1

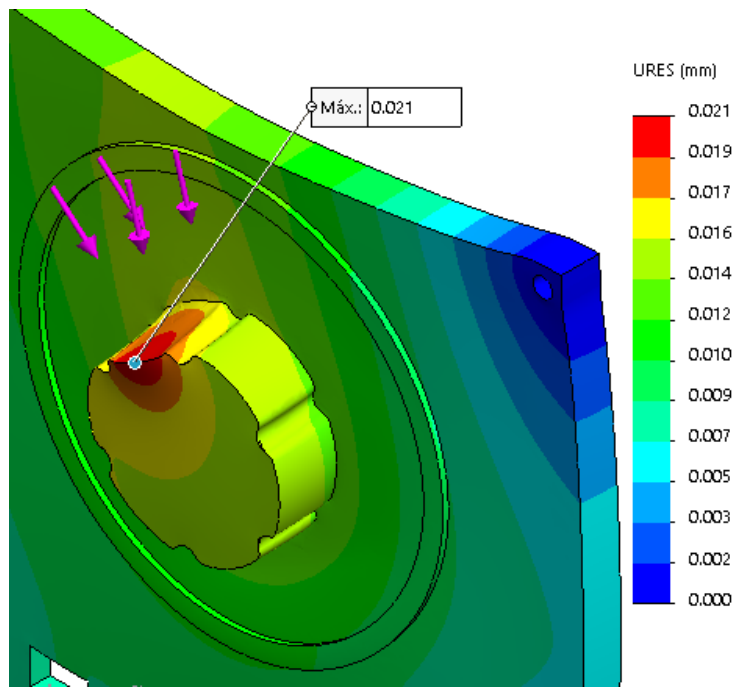


Figura 113 Detalle de Presa Tipo O. Desplazamientos a escala 2000/1

9.4. Información de fabricante Taco químico

FICHA TÉCNICA

Edición: 11/1/06

Últ.revisión: 11/6/08



PRODUCTO

**Taco Químico
Polyester Ceys**

PRESENTACIONES

Cartucho 300 ml

Refs. SAP

901610



Descripción

Anclaje químico bicomponente en base resina de poli (sin estireno ni ftalato) y catalizador. El producto se presenta en cartucho estándar aplicable con pistola tradicional.

Admite cargas de tipo medio.

Aplicaciones sobre soportes huecos y soportes compactos.

Características Técnicas

- No expande, permitiendo anclajes en soportes frágiles o cerca de una esquina.
- Gran capacidad de carga.
- Resiste vibraciones y intemperie.
- Protege los anclajes de la degradación por los agentes climáticos.

Tabla de endurecimiento

Temperatura aplicación	Tiempo manipulación	Tiempo fraguado total
5°C	25 min	120 min
10°C	15 min	80 min
20°C	6 min	45 min
30°C	4 min	25 min
35°C	2 min	20 min

Test de resistencia a tensión y compresión

Muestra nº	T. fraguado	Densidad	Resistencia a tensión	Resistencia a compresión
		Kg/dm ³	N/mm ²	N/mm ²
1	24 h	1.67	58	103 / 111
2	24 h	1.67	58	105 / 107
3	24 h	1.67	52	110 / 111
Media		1.67	56	108

FICHA TÉCNICA

Edición: 11/1/06

Últ.revisión: 11/6/08



Preparación de muestras y test desarrollado según norma EN 196 Parte 1.

Test desarrollado sobre tres muestras de 40 x 40 x 160 mm

Velocidad test tensión: 50 ± 10 N/s

Velocidad test compresión: 2400 ± 200 N/s

Resistencia a cargas

COMPORTAMIENTO SOBRE HORMIGÓN

Tamaño agujero		M8	M10	M12	M16	M20
Hormigón \geq B25	kN	4.7	6.4	9.0	10.5	11.8
Hormigón \leq B25	kN	3.6	5.0	7.1	8.1	9.1
Hormigón poroso \geq B15	kN	1.2	1.2	1.2	-	-
Fuerz[kN]=incluye factor de seguridad ETAG						
Valores válidos para anclajes 5,8, zinc galvanizado /A4-70						

900 kg = resistencia a carga según tabla adjunta para anclaje M12

Resistencia a cargas

COMPORTAMIENTO SOBRE SOPORTE HUECO

Tamaño agujero		M6	M8	M10	M12
Ladrillo hueco	F rec [kN] \geq Hlz 4	0.3	0.3	0.3	0.3
	F rec [kN] \geq Hlz 6	0.4	0.4	0.4	0.4
	F rec [kN] \geq Hlz 12	0.7	0.8	0.8	0.8
Ladrillo de hormigón ligero hueco	F rec [kN] \geq KSL 4	0.3	0.4	0.4	0.4
	F rec [kN] \geq KSL 6	0.4	0.6	0.6	0.6
	F rec [kN] \geq KSL 12	0.7	0.8	0.8	0.8
Ladrillo de hormigón hueco	F rec [kN] \geq Hbl 2	0.3	0.3	0.3	0.3
	F rec [kN] \geq Hbl 4	0.5	0.6	0.6	0.6
	F rec [kN] \geq Hbn 4	0.5	0.6	0.6	0.6
Carga recomendada					

Rendimiento

RENDIMIENTO SOPORTES COMPACTOS

Diámetro anclaje	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
Diámetro agujero [mm]	10	12	14	18	24	28	35
Profundidad [mm]	80	90	110	125	175	210	280
Anclajes/cart.300 ml	80	49	30	16	6	4	2

FICHA TÉCNICA

Edición: 11/1/06

Últ.revisión: 11/6/08



Rendimiento **RENDIMIENTO SOPORTES HUECOS**

Diámetro anclaje	M8	M10	M12	M16
Diámetro agujero[mm]	10	12	14	18
Tamaño tamiz	13x85	13x85	13x85	18x85
Anclajes/ cartucho 300 ml	24	24	24	13

Aplicaciones

- Anclaje de elementos luminosos o de señalización
- Fijación de maquinaria
- Fijación de escaleras
- Anclaje de seguridad de toldos o antenas
- Fijación de varillas, pernos, etc. y elementos metálicos en construcción

Modo de Empleo

SOPORTES HUECOS

- Limpiar bien el soporte mediante cepillo y/o bomba de aire.
- Colocar el tamiz correspondiente.
- Aplicar taco químico, desechando la primera mezcla del producto hasta que se extruya de un color gris uniforme, rellenando el tamiz en su totalidad.
- Colocar el elemento mecánico de fijación girándolo.
- Tiempo de carga: consultar tabla de endurecimiento

SOPORTES COMPACTOS

- Limpiar bien el soporte mediante cepillo y/o bomba de aire.
- Aplicar taco químico, desechando la primera mezcla del producto hasta que se extruya de un color gris uniforme, rellenando el agujero en un 60%.
- Colocar el elemento mecánico de fijación girándolo.
- Tiempo de carga: consultar tabla de endurecimiento

Disolución y limpieza

El producto es extremadamente resistente a los disolventes una vez endurecido.

Eliminar con acetona o disolventes polares antes de su endurecimiento y mediante medios mecánicos si éste ha endurecido.

9.5. Caracterización ABS/PC

Identification

Designation

Acrylonitrile Butadiene Styrene/Polycarbonate (Flame Retarded, Molding and Extrusion)

Tradenames

Anjablend; Astaloy; Bayblend; Beetle; Carboloy; Collimate; Cycoloy; Dafneblend; Deniblend; Emerge; Establend; Faradex; Hybrid; Kaneka Alphaloy; Koblend; Lastilac; Lupoy; Mablex; Monkalloy; Niblend; Novacarb; Novalloy; Palblend; Perloy; Permastat; POLYblend; Polyman; Pulse; Retain; Romilloy; Scanblend; Spelloy; Stapron; Staroy; Superex; Tairilac; Taroblend; Taroloy; Techniace; Tekblend; Terblend N; Tonac; Toplex; Triax; Triloy; Ubeloy; Vampalloy; Wonderloy; Xantar

General Properties

Density	1.17e3	-	1.23e3	kg/m ³
Price	* 3.9	-	4.29	EUR/kg

Composition overview

Composition (summary)

Blend of: ABS and Polycarbonate (PC)

Base	Polymer
Polymer class	Thermoplastic : amorphous
Polymer type	ABS+PC
Polymer type full name	Acrylonitrile butadiene styrene + polycarbonate blend
Filler type	Unfilled

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	100	%
Flame retardant additive	✓	

Mechanical properties

Young's modulus	2.41e9	-	3.14e9	Pa
Compressive modulus	1.54e9	-	1.62e9	Pa
Flexural modulus	2.41e9	-	2.75e9	Pa
Shear modulus	* 8.64e8	-	1.13e9	Pa
Bulk modulus	* 4.26e9	-	4.47e9	Pa
Poisson's ratio	* 0.387	-	0.403	
Shape factor	5.2			
Yield strength (elastic limit)	5.31e7	-	6.21e7	Pa
Tensile strength	4e7	-	6.41e7	Pa
Compressive strength	* 7.58e7	-	7.79e7	Pa
Flexural strength (modulus of rupture)	8.27e7	-	1e8	Pa
Elongation	0.2	-	0.7	strain
Hardness - Vickers	* 1.56e8	-	1.82e8	Pa
Hardness - Rockwell M	* 79	-	87	
Hardness - Rockwell R	115	-	119	
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 1.6e7	-	2.56e7	Pa
Fracture toughness	* 2.39e6	-	5.51e6	Pa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0.0127	-	0.0166	

Impact properties

Impact strength, notched 23 °C	1.17e4	-	2.75e4	J/m ²
Impact strength, notched -30 °C	5.4e3	-	1.46e4	J/m ²
Impact strength, unnotched 23 °C	5.9e5	-	6e5	J/m ²
Impact strength, unnotched -30 °C	1.44e5	-	2e5	J/m ²

Thermal properties

Glass temperature	137	-	145	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	91	-	118	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	82	-	104	°C

Maximum service temperature	63	-	77	°C
Minimum service temperature	* -48	-	-28	°C
Thermal conductivity	* 0.276	-	0.287	W/m.°C
Specific heat capacity	* 1.53e3	-	1.6e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	1.18e-4	-	1.23e-4	strain/°C

Processing properties

Linear mold shrinkage	0.4	-	0.7	%
Melt temperature	178	-	271	°C
Mold temperature	40	-	80	°C
Molding pressure range	6.88e7	-	1.38e8	Pa

Electrical properties

Electrical resistivity	* 2.3e14	-	2e15	ohm.m
Dielectric constant (relative permittivity)	* 2.6	-	2.85	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0.0025	-	0.0027	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	1.77e7	-	2.99e7	V/m
Comparative tracking index	200	-	600	V

Optical properties

Transparency	Opaque			
--------------	--------	--	--	--

Absorption, permeability

Water absorption @ 24 hrs	0.218	-	0.264	%
---------------------------	-------	---	-------	---

Durability: flammability

Flammability	Self-extinguishing			
--------------	--------------------	--	--	--

Durability: fluids and sunlight

Water (fresh)	Excellent			
Water (salt)	Acceptable			
Weak acids	Acceptable			
Strong acids	Limited use			
Weak alkalis	Limited use			
Strong alkalis	Unacceptable			
Organic solvents	Unacceptable			
UV radiation (sunlight)	Fair			
Oxidation at 500C	Unacceptable			

Primary material production: energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	* 1.97e8	-	2.18e8	J/kg
CO2 footprint, primary production	* 13.1	-	14.4	kg/kg
Water usage	* 0.166	-	0.184	m ³ /kg

Material processing: energy

Polymer extrusion energy	* 5.84e6	-	6.45e6	J/kg
Polymer molding energy	* 1.92e7	-	2.12e7	J/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	* 1.08e6	-	1.2e6	J/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	* 6.56e6	-	7.25e6	J/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 1.26e7	-	1.4e7	J/kg

Material processing: CO2 footprint

Polymer extrusion CO2	* 0.438	-	0.484	kg/kg
Polymer molding CO2	* 1.44	-	1.59	kg/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.0813	-	0.0898	kg/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.492	-	0.544	kg/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0.948	-	1.05	kg/kg

Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction

Recycle	✓			
Embodied energy, recycling	*	6.69e7	- 7.4e7	J/kg
CO2 footprint, recycling	*	4.44	- 4.9	kg/kg
Recycle fraction in current supply		0.1		%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✓			
Heat of combustion (net)	*	2.78e7	- 3.27e7	J/kg
Combustion CO2	*	2.45	- 2.58	kg/kg
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			
A renewable resource?	✗			

Notes

Typical uses

Helmets; Car instrument panels; Electrical connectors; Housings.

Links

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

9.6. Caracterización ABS/PVC

Identification

Designation

Acrylonitrile Butadiene Styrene/Poly Vinyl Chloride (Flame Retarded, Molding and Extrusion)

Tradenames

Abson; Inprima; Novaloy; Ocean Enplex; Pavlex; Royalite; Taimelan

General Properties

Density	1.13e3	-	1.25e3	kg/m ³
Price	* 2.83	-	3.11	EUR/kg

Composition overview

Composition (summary)

Blend of: ABS and PVC, (CH₂CHCl)_n

Base	Polymer
Polymer class	Thermoplastic : amorphous
Polymer type	ABS+PVC
Polymer type full name	Acrylonitrile butadiene styrene + polyvinyl chloride blend
Filler type	Unfilled

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	100	%
Flame retardant additive		

Mechanical properties

Young's modulus	2.24e9	-	2.62e9	Pa
Compressive modulus	* 2.24e9	-	2.62e9	Pa
Flexural modulus	2.2e9	-	2.75e9	Pa
Shear modulus	* 8.01e8	-	9.37e8	Pa
Bulk modulus	* 3.88e9	-	4.08e9	Pa
Poisson's ratio	* 0.391	-	0.406	
Shape factor	6.3			
Yield strength (elastic limit)	2.96e7	-	4.48e7	Pa
Tensile strength	4e7	-	4.48e7	Pa
Compressive strength	* 4.86e7	-	5.36e7	Pa
Flexural strength (modulus of rupture)	5.45e7	-	6.9e7	Pa
Elongation	* 0.153	-	0.204	strain
Hardness - Vickers	* 8.73e7	-	1.34e8	Pa
Hardness - Rockwell M	* 63	-	69	
Hardness - Rockwell R	100	-	106	
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 1.49e7	-	1.93e7	Pa
Fracture toughness	* 1.47e6	-	4.4e6	Pa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0.0153	-	0.0179	

Impact properties

Impact strength, notched 23 °C	1.6e4	-	9.5e4	J/m ²
--------------------------------	-------	---	-------	------------------

Thermal properties

Glass temperature	* 75	-	105	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	* 96	-	129	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	76	-	93	°C
Maximum service temperature	53	-	67	°C
Minimum service temperature	* -55	-	-35	°C
Thermal conductivity	* 0.264	-	0.275	W/m.°C
Specific heat capacity	* 1.54e3	-	1.61e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	8.28e-5	-	1.51e-4	strain/°C

Processing properties

Linear mold shrinkage	0.3	-	0.6	%
Melt temperature	138	-	210	°C
Mold temperature	40	-	60	°C
Molding pressure range	* 6.88e7	-	1.38e8	Pa

Electrical properties

Electrical resistivity	1e12	-	1e13	ohm.m
Dielectric constant (relative permittivity)	3.1	-	3.3	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	* 0.00712	-	0.00855	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	1.89e7	-	2.05e7	V/m
Comparative tracking index	400	-	600	V

Optical properties

Transparency	Opaque
--------------	--------

Absorption, permeability

Water absorption @ 24 hrs	0.02	-	0.03	%
---------------------------	------	---	------	---

Durability: flammability

Flammability	Self-extinguishing
--------------	--------------------

Durability: fluids and sunlight

Water (fresh)	Acceptable
Water (salt)	Acceptable
Weak acids	Acceptable
Strong acids	Limited use
Weak alkalis	Acceptable
Strong alkalis	Acceptable
Organic solvents	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Fair
Oxidation at 500C	Unacceptable

Primary material production: energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	* 1.73e8	-	1.92e8	J/kg
CO2 footprint, primary production	* 10.9	-	12	kg/kg
Water usage	* 0.182	-	0.201	m ³ /kg

Material processing: energy

Polymer extrusion energy	* 5.74e6	-	6.34e6	J/kg
Polymer molding energy	* 1.63e7	-	1.8e7	J/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	* 8.83e5	-	9.76e5	J/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	* 4.55e6	-	5.03e6	J/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 8.63e6	-	9.54e6	J/kg

Material processing: CO2 footprint

Polymer extrusion CO2	* 0.43	-	0.475	kg/kg
Polymer molding CO2	* 1.22	-	1.35	kg/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.0662	-	0.0732	kg/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.342	-	0.378	kg/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0.648	-	0.716	kg/kg

Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction

Recycle	✓			
Embodied energy, recycling	* 5.89e7	-	6.51e7	J/kg
CO2 footprint, recycling	* 3.69	-	4.08	kg/kg
Recycle fraction in current supply	0.1			%

Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✓			
Heat of combustion (net)	* 2.26e7	-	3.27e7	J/kg
Combustion CO2	* 2.18	-	2.29	kg/kg
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			
Arenewable resource?	✗			

Notes

Typical uses

Electrical appliance housings; Printer components; Cash register bases; Plumbing components.

Warning

HDT 1.8 is for annealed samples.

Links

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

9.7. Caracterización Moldeo por inyección de plástico

General

Designation

Molding: Injection (thermoplastics)

The process

INJECTION MOLDING of thermoplastics is the equivalent of pressure die casting of metals. Molten polymer is injected under high pressure into a cold steel mold. The polymer solidifies under pressure and the molding is then ejected. Various types of injection molding machines exist, but the most common in use today is the reciprocating screw machine (shown schematically). Capital and tooling costs are very high. Production rate can be high particularly for small moldings. Multicavity molds are often used. The process is used almost exclusively for large volume production. Prototype moldings can be made using cheaper single cavity molds of cheaper materials. Quality can be high but may be traded off against production rate. Process may also be used with thermosets and rubbers. Some modifications are required - this is dealt with separately (see Injection Molding - thermosets). Complex shapes are possible, though some features (e.g. undercuts, screw threads, inserts) may result in increased tooling costs.

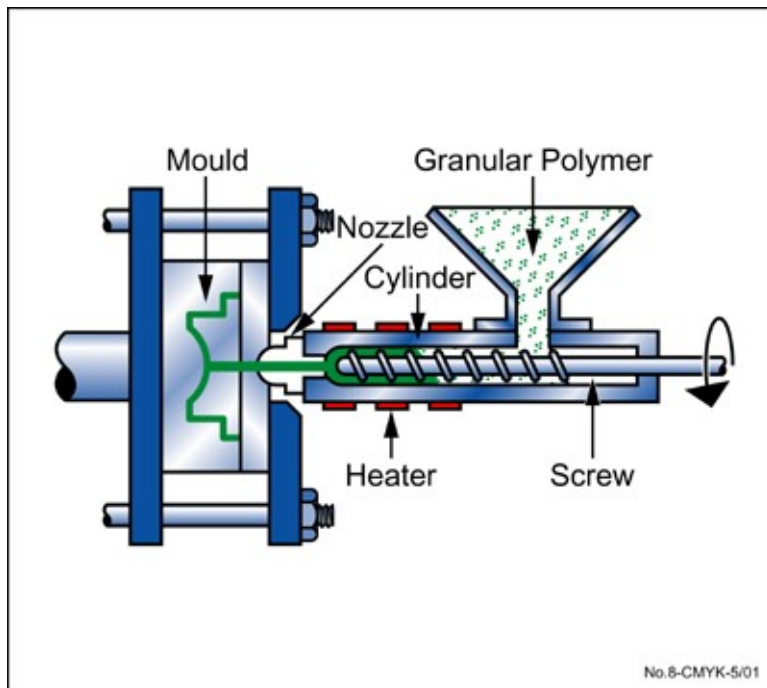
STRETCH BLOW MOLDING (SBM) is an important variant of the extrusion and injection blow molding processes. It is most commonly used as injection stretch blow molding for the production of oriented PET drinks bottles.

In injection SBM a preform is injection molded (as for injection blow molding). This is then transferred hot to the blow mold where it is stretched longitudinally by plunger before being blow radially.

The biaxial stretching significantly improves the mechanical properties (strength and toughness) of the finished part. In extrusion SBM the cut parison is mechanically stretched longitudinally before being blown.

Capital and tooling costs are very high as is production rate. Hence process is used exclusively for high volume production.

Process schematic



Shape

- Circular prismatic
- Non-circular prismatic
- Solid 3-D
- Hollow 3-D



Physical attributes

Mass range	0.01	-	25	kg
Range of section thickness	4e-4	-	0.0063	m
Tolerance	1e-4	-	0.001	m
Roughness	2e-7	-	1.6e-6	m


Process characteristics

Primary shaping processes	✓
Secondary shaping processes	✗
Machining processes	✗
Prototyping	✗
Discrete	✓
Continuous	✗

Economic attributes

Economic batch size (units)	1e4	-	1e6
Labor intensity	low		

Cost modeling

Relative cost index (per unit)	13	-	88.7	EUR	
<u>Parameters:</u> Material Cost = 6.37EUR/kg, Component Mass = 1kg, Batch Size = 1e3, Overhead Rate = 0.0332EUR/s, Capital Write-off Time = 1.57e8s, Load					
Capital cost	3e4	-	6.75e5	EUR	
Material utilization fraction	0.6	-	0.9		
Production rate (units)	0.0167	-	0.833	/s	
Tool life (units)	1e4	-	1e6		
Tooling cost	3e3	-	7.5e4	EUR	

Supporting information

Design guidelines

Complex shapes are possible. Thick sections or large changes in section are not recommended. Small reentrant angles are possible.

Technical notes

Most thermoplastics can be injection molded. Some high melting point polymers (e.g. PTFE) are not suitable. Thermoplastic based composites (short fiber and particulate filled) are also processed. Injection-molded parts are generally thin-walled.

Typical uses

Extremely varied. Housings, containers, covers, knobs, tool handles, plumbing fittings, lenses, etc.

The economics

Tooling cost range covers small, simple to large, complex molds. Production rate depends on complexity of component and number of mold cavities.

The environment

Thermoplastic sprues can be recycled. Extraction may be required for volatile fumes. Significant dust exposures may occur in the formulation of the resins. Thermostatic controller malfunctions can be extremely hazardous.

Links

MaterialUniverse

Reference

Shape

Índice de figuras

Figura 1 CEIP Rosa del Vents (Ávila, 2017)	5
Figura 2 Soluciones ya existentes agrupadas	12
Figura 3 Otras alternativas dentro de las mismas categorías.....	15
Figura 4 Aula infantil de 3 a 6 años (Consejería de Educación y Ciencia, 2003)	25
Figura 5 Aula escuela infantil Chiquilines en Zaragoza	26
Figura 6 Identificación de las alternativas de diseño agrupadas	33
Figura 7 Composición del producto.....	38
Figura 8 Esquema de composición del Módulo pared	39
Figura 9 Esquema de composición del Sistema electrónico.....	40
Figura 10 Alimentación del sistema electrónico.....	42
Figura 11 Representación virtual del producto	44
Figura 12 Detalle de las Presas	44
Figura 13 Emplazamiento del producto dentro de un aula.....	45
Figura 14 Emplazamiento del producto en aula polivalente o psicomotriz	45
Figura 15 Ejemplos de uso con distintos LEDS encendidos	46
Figura 16 Materiales que cumplen las restricciones	48
Figura 17 Materiales que cumplen las restricciones y objetivos optimizables	49
Figura 18 Materiales y sus respectivas densidades y precio	51
Figura 19 Dimensiones del cuerpo, niña de 3 años.....	60
Figura 20 Dimensiones del cuerpo, niño de 6 años	62
Figura 21 Vista en perspectiva y frontal de Presa O	64
Figura 22 Longitud de arco Presa O.....	64
Figura 23 Vista en perspectiva y frontal de Presa I	65
Figura 24 Medida de la superficie longitudinal de la Presa I	65
Figura 25 Cotas principales de Presa I.....	66
Figura 26 Vista en perspectiva y frontal de Presa II	66
Figura 27 Cotas principales de Presa II.....	67
Figura 28 Vista en perspectiva y frontal de Presa III	67
Figura 29 Cotas principales de Presa III.....	68
Figura 30 Posicionado de las presas según antropometría.....	69
Figura 31 Inyección de plástico (CES Edupack)	74
Figura 32 Soldadura por ultrasonidos (Ces Edupack)	78

Figura 33 Diseño del bebedero para inyección del plástico	80
Figura 34 Facilidad de llenado de Panel estructural sin Ajuste en el perfil de llenado	81
Figura 35 Información para calcular el perfil de inyección del Panel estructural.....	82
Figura 36 Ajuste del perfil de inyección para cada tramo de Panel estructural	83
Figura 37 Facilidad de llenado de Panel estructural con ajuste en el perfil de llenado.....	83
Figura 38 Tiempo de llenado de Panel estructural: 73s.....	84
Figura 39 Temperatura de nodos situados en la puerta de entrada	88
Figura 40 Detalles de la malla	91
Figura 41 Esquema de las restricciones debidas al sistema de unión a pared	91
Figura 42 Esquema de las restricciones debidas a la pared	92
Figura 43 Análisis Sistema Fijación a pared. Tensiones a escala real	94
Figura 44 Detalle de Análisis Sistema Fijación a pared. Representación de tensiones a escala 2000/1	95
Figura 45 Detalle de Análisis Sistema Fijación a pared. Representación de tensiones a escala 2000/1	95
Figura 46 Análisis Sistema Fijación a pared. Desplazamientos a escala real	96
Figura 47 Análisis Sistema Fijación a pared. Desplazamientos a escala 5000/1	96
Figura 48 Análisis Sistema Fijación a pared. Reacciones.....	97
Figura 49 Aplicación de las cargas	99
Figura 50 Análisis Resistencia al peso de un niño. Tensiones a escala real.....	101
Figura 51 Análisis Resistencia al peso de un niño. Tensiones a escala 1000/1	102
Figura 52 Detalle Análisis Resistencia al peso de un niño. Tensiones a escala 1000/1	102
Figura 53 Análisis Resistencia al peso de un niño. Desplazamientos a escala real.....	103
Figura 54 Análisis Resistencia al peso de un niño. Desplazamientos a escala 750/1.....	104
Figura 55 Detalle de Análisis Resistencia al peso de un niño. Desplazamientos a escala 750/1.....	104
Figura 56 Análisis Resistencia al peso de un niño. Reacciones.....	105
Figura 57 Modelización del momento aplicado	106
Figura 58 Análisis Momento. Tensiones a escala real.....	108
Figura 59 Análisis Momento. Tensiones a escala 200/1	109
Figura 60 Detalle Análisis Momento. Tensiones a escala 200/1	109
Figura 61 Análisis Momento. Desplazamientos a escala real.....	110
Figura 62 Análisis Momento. Desplazamientos a escala 150/1	111
Figura 63 Detalle Análisis Momento. Desplazamientos a escala 150/1	112
Figura 64 Aplicación de las cargas para Análisis Resistencia ante imprevistos.....	113
Figura 65 Análisis Resistencia ante imprevistos. Tensiones a escala 100/1	115

Figura 66 Detalle 2 de Máxima tensión en Análisis Resistente ante imprevistos. Tensiones a escala 100/1	115
Figura 67 Análisis Resistencia ante imprevistos. Tensiones a escala real	116
Figura 68 Análisis Resistencia ante imprevistos. Desplazamientos a escala 100/1	117
Figura 69 Detalle Análisis Resistencia ante imprevistos. Desplazamientos a escala 100/1	117
Figura 70 Análisis Resistencia ante imprevistos. Desplazamientos a escala real	118
Figura 71 Sección del producto para visualización del espesor al que se hace referencia	119
Figura 72 Logotipo de la marca	124
Figura 73 Proporciones del logotipo	125
Figura 74 Márgenes de respeto del logotipo	126
Figura 75 Diferentes tamaños del logotipo	126
Figura 76 Versión monocromática para fondos oscuros	127
Figura 77 Versión monocromática para fondos claros	127
Figura 78 Ejemplos de uso de la versión monocromática correctos	127
Figura 79 Ejemplos de uso de la versión monocromática incorrectos	127
Figura 80 Composición del PVP	128
Figura 81 PVP unidad según tamaño de lote	135
Figura 82 Tolerancia de Planitud de Panel estructural	145
Figura 83 Tolerancia de Planitud de Presa tipo O	146
Figura 84 Tolerancia de Superficie de Panel estructural	146
Figura 85 Tolerancia de Superficie de Presa tipo O	147
Figura 86 Reportaje La Fabrica de Ideas para TVE, Fabricación presas de escalada	149
Figura 87 Coeficiente de coste relativo descompuesto	151
Figura 88 Cproc. Coste básico de procesado con diseño ideal	152
Figura 89 Ccomp: Coeficiente de complejidad geométrica	152
Figura 90 Cesp: Coeficiente de espesor	153
Figura 91 Ctol: coeficiente de tolerancia	153
Figura 92 Tabla para Primer y segundo dígito	156
Figura 93 Obtención del Tercer dígito	157
Figura 94 Tabla para Tercer y Cuarto dígito	158
Figura 95 Tabla para Quinto y sexto dígito	158
Figura 96 Presa Tipo I. Tensiones criterio Von Mises a escala real	161
Figura 97 Presa Tipo I. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1	161
Figura 98 Detalle Presa Tipo I. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1	162
Figura 99 Presa Tipo I. Desplazamiento máximo a escala real	163

Figura 100 Presa Tipo I. Desplazamiento máximo a escala 2000/1	163
Figura 101 Detalle Presa Tipo I. Desplazamiento máximo a escala 2000/1	164
Figura 102 Presa Tipo II. Tensiones criterio Von Mises a escala real.....	165
Figura 103 Presa Tipo II. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1	165
Figura 104 Detalle Presa Tipo II. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1	166
Figura 105 Presa Tipo II. Desplazamientos a escala real.....	167
Figura 106 Presa Tipo II. Desplazamientos a escala 2000/1	167
Figura 107 Detalle Presa Tipo II. Desplazamientos a escala 2000/1.....	168
Figura 108 Presa Tipo O. Tensiones criterio Von Mises a escala real.....	169
Figura 109 Presa Tipo O. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1	169
Figura 110 Detalle Presa Tipo O. Tensiones criterio Von Mises a escala 2000/1	170
Figura 111 Presa Tipo O. Desplazamientos a escala real.....	171
Figura 112 Presa Tipo O. Desplazamientos a escala 2000/1	171
Figura 113 Detalle de Presa Tipo O. Desplazamientos a escala 2000/1	172

Índice de tablas

Tabla 1 Información general sobre las principales soluciones existentes en el mercado	12
Tabla 2 Características en detalle sobre las principales soluciones existentes en el mercado	13
Tabla 3 Características resto de alternativas	15
Tabla 4 Evaluación de las Restricciones de las Alternativas	34
Tabla 5 Evaluación de las características Optimizables de las Alternativas.....	34
Tabla 6 Criterio de puntuación de las alternativas.....	34
Tabla 7 Aplicación del método DATUM.....	35
Tabla 8 Resumen de componentes.....	36
Tabla 9 Materiales y sus respectivas densidades y precio.....	50
Tabla 10 Aplicación de las características geométricas a tabla de Boothroyd a Panel estructural....	54
Tabla 11 Aplicación de las características geométricas a tabla de Boothroyd a Presa tipo I	55
Tabla 12 Aplicación de las características geométricas a tabla de Boothroyd a resto de presas	57
Tabla 13 Medidas antropométricas de niños de 3 años	61
Tabla 14 Medidas antropométricas de niños de 6 años	63
Tabla 15 Posición centros Presa Tipo O	70
Tabla 16 Posición centros Presa Tipo I	70
Tabla 17 Posición centros Presa Tipo II	70
Tabla 18 Posición centros Presa Tipo III	70
Tabla 19 Hoja de ruta de Panel estructural.....	72
Tabla 20 Hoja de ruta de Presa tipo n	74
Tabla 21 Hoja de ruta del Ensamblaje	78
Tabla 22 Resumen de Tensiones y Desplazamientos del Estudio de Resistencia.....	100
Tabla 23 Variables de diseño	120
Tabla 24 Restricciones	121
Tabla 25 Objetivos de optimización	121
Tabla 26 Resultados de optimización 1	121
Tabla 27 Continuación Resultados de optimización 1.....	121
Tabla 28 Valores de diseño del segundo estudio de optimización.....	122
Tabla 29 Estudio de Optimización 2.....	122
Tabla 30 Conclusión del Estudio de optimización.....	123
Tabla 31 Precio actual de la materia prima.....	129
Tabla 32. CdM: Coste de Material	129

Tabla 33. CdP: Coste de Producción.....	130
Tabla 34. CdU: Coste de utillaje	131
Tabla 35. CdEC: Coste de Elementos Comerciales.....	131
Tabla 36 CI: Costes indirectos	132
Tabla 37 Obtención de PVP	133
Tabla 38. Escenarios VAN, TIR y PR.....	134
Tabla 39 Identificación de componentes.....	137
Tabla 40 Coste básico debido al material	153
Tabla 41 Coste básico debido al procesado.....	153
Tabla 42 Comparación de costes mediante distintos procesos de fabricación	154
Tabla 43 Coste del molde para Presa tipo O.....	159

Referencias

- 888rps. (Junio de 2019). *Injection Moulding Virgin Engineering Plastics PC/ABS Plastic Raw Material*.
- Alemaný, S., & Busó, P. (2015). *Guía de diseño ergonómico de productos para la infancia*.
- Arnaiz Sancho, V., de Basterrechea Meunier, I., & Salvador Carreño, S. (2011). *Guía para proyectar y construir escuelas infantiles, p. 136-138*. FEMP; MEC;.
- Ávila Chaurand, R., Prado León, L., & González Muñoz, E. (2015). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Universidad de Guadalajara.
- Ávila, M. (Abril de 2017). *Sociedad, Pedagogía*. Obtenido de Cadena SER: https://cadenaser.com/ser/2017/03/14/sociedad/1489481256_525133.html
- BTTFP. (Agosto de 2018). *Back to the future Products*. Obtenido de <https://www.bttfproducts.com/wp-content/uploads/2017/12/3-1.png>
- Bujak, E. (2017). *Internacional Patente nº WO 2017/105264 A1*.
- Burneo Valdivieso, X. E. (2018). *Patente nº WO 2018/167753 A2*.
- Castillero Mimenza, O. (Enero de 2019). *Psicología y Mente*. Obtenido de <https://psicologiymente.com/desarrollo/tiempo-maximo-concentracion-ninos-segun-edad>
- Consejería de Educación y Ciencia. (2003). Normas de diseño y constructivas para los edificios de uso docente., (pág. 62).
- Correa Bautista, J. E. (2016). *Condición física, nutrición, ejercicio y salud en niños y adolescentes*. . Editorial Universidad del Rosario.
- Gaitán, V. (Enero de 2019). *Gamificación: el aprendizaje divertido*. Obtenido de E-ducativa: <https://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido/>
- Gapin, J. I., Labban, J. D., & Etnier, J. L. (2011). The effects of physical activity on attention deficit hyperactivity disorder symptoms: The evidence. *Preventive Medicine* 52, S70-S74.
- García Rodríguez, M. L. (1995). *Organizando el aula infantil*. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Longge Dianzi. (Febrero de 2019). *Touch sensor module, jog type / latch type*. Obtenido de Logoele Electronic: http://en.logoele.com/products_detail/productId=64.html

- Macho, J. C. (Enero de 2019). *¿Cuánto consume Arduino?* Obtenido de PROMETEC:
<https://www.prometec.net/consumos-arduino/>
- Marbella24Horas. (Agosto de 2018). Obtenido de <http://www.marbella24horas.es/mas-deportes/el-club-escalada-marbella-completa-la-primera-escuela-infantil-del-municipio-20563>
- Ministerio de educación. (2018). *Datos y cifras del curso escolar 2017-2018*.
- Mokungit. (s.f.). *Especificaciones del artículo*. Obtenido de Aliexpress:
https://es.aliexpress.com/store/product/Mokungit-7-12-16-24-Bits-LEDs-SK6812-WS2812-5050-RGB-nature-white-4500K-LED-Ring/917307_32790573449.html
- OBS Business School. (Agosto de 2018). *Costos directos e indirectos de un proyecto*. Obtenido de
<https://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/viabilidad-de-un-proyecto/costos-directos-e-indirectos-de-un-proyecto>
- Piris, N. M. (2012). *Ciencia de materiales para ingenieros*. PRENTICE-HALL.
- Ramirez León, J., Miguel, R. L., & Ramirez León, R. (2012). *España Patente nº 2 366 244*.
- Rodríguez Lázaro, P. (2016). La gestión del aula de educación infantil desde el método Montessori. (págs. 20-23). Universidad de la Rioja, Servicio de Publicaciones.
- Rodriguez Puerta, A. (Enero de 2019). *Motricidad Gruesa: Psicomotricidad Gruesa, Desarrollo y Actividades*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/motricidad-gruesa/>
- Ruiz Ortiz, M. (2001). *Tablas antropométricas infantiles, Niños y niñas de 5 a 10 años*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez Martínez, C. (Diciembre de 2017). *Revista Digital de la Consejería de Educación, Junta de Andalucía*. Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/educacion/webportal/web/revista-andalucia-educativa/comunidad-educativa/centros/ae-innova/-/noticia/detalle/la-pedagogia-montessori-en-la-escuela-publica>
- Sudeith, T. S. (2006). *Washington DC Patente nº 7 056 266*.
- Wolters Kluwer España. (Agosto de 2018). *Diccionario Empresarial*. Obtenido de <http://diccionarioempresarial.wolterskluwer.es/Content/Inicio.aspx>
- Zwick. (Septiembre de 2019). Obtenido de <https://www.zwickroell.com/es-es/presentaci%C3%B3n>