

DEL PLANO AL ESPACIO

RAZONES
GEOMÉTRICAS
DETRÁS DEL
POP-UP



Se recomienda visualizar el archivo a doble página para la correcta lectura del documento.

Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Trabajo Fin de Grado

Convocatoria de septiembre 2021.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid.

Autor: Noelia Acebes Fernández
Tutor: Antonio Álvaro Tordesillas

DEL PLANO
AL ESPACIO:
RAZONES
GEOMÉTRICAS
DETRÁS DEL
POP-UP

RESUMEN/ABSTRACT + PALABRAS CLAVE	06
INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	11
OBJETIVOS	12
METODOLOGÍA	13
¿QUÉ ES UN POP-UP?	15
UN TÉRMINO, VARIAS DEFINICIONES	15
UNA BREVE HISTORIA DEL POP-UP	17
LOS PRIMEROS LIBROS MÓVILES: SOLAPAS Y RULETAS	27
LLEGADA DE LA IMPRENTA Y PRODUCCIÓN EN MASA DE LIBROS	20
INICIOS DE LA LITERATURA INFANTIL	24
LA PRIMERA EDAD DE ORO DE LOS LIBROS MÓVILES	26
APARICIÓN DE LOS POP-UPS	30
SEGUNDA GUERRA MUNDIAL	31
LOS AÑOS 60 Y LA SEGUNDA EDAD DE ORO DE LOS POP-UPS	34
ACTUALIDAD	35
OTROS GÉNEROS	35
CREACIÓN DE UN POP-UP: AGENTES Y PROCESOS	36
INGENIERÍA DE PAPEL	36
SOFTWARE PARA LA CREACIÓN DE MECANISMOS	37
PROCESO DE CREACIÓN DE UN POP-UP	40
MATERIALES	47

PARTE I

TIPOS DE MECANISMOS DE PAPEL	48
MECANISMOS BIDIMENSIONALES	48
MECANISMOS TRIDIMENSIONALES	49

LOS ELEMENTOS DEL POP-UP: DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA	52
POP-UPS A 90°	56
POP-UPS A 180° CON DOBLEZ PARALELO	60
POP-UPS A 180° CON DOBLEZ EN ÁNGULO	72

POP-UPS ARQUITECTÓNICOS	82
MAQUETA 1 (DE UNA PIEZA)	84
MAQUETA 2 (DOBLEZ EN PARALELO)	90
MAQUETA 3 (DOBLEZ EN ÁNGULO)	98

CONCLUSIONES	82
---------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	108
---------------------	------------

REFERENCIAS Y CRÉDITOS	110
-------------------------------	------------

REFERENCIAS Y CRÉDITOS	114
-------------------------------	------------

GLOSARIO DE TÉRMINOS	118
-----------------------------	------------

RESUMEN

Desde su producción masiva en los años 70, los *pop-ups* llevan sorprendiendo con sus originales geometrías a niños y adultos por igual. Principalmente conocidos por su uso en libros ilustrados, su diseño sigue siendo artesanal y derivado de la sucesión de pruebas y errores. Esto hace que la construcción de *pop-ups* auto-eréctiles pueda llegar a ser trabajosa e ineficiente sin un adecuado conocimiento de sus propiedades espaciales.

Dada la inherente cualidad geométrica de los *pop-ups*, este trabajo describe las transformaciones espaciales de los distintos componentes de las estructuras de papel plegable, al abatirse el plano que las contiene. Buscando establecer los fundamentales geométricos del *pop-up* para comprender su construcción y propiedades móviles.

Pop-up, geometría, libro móvil, libro novelty, maquetas.

ABSTRACT

Pop-up books have been entertaining children with their playful mechanics since their mass production in the 1970s. Mostly known for their use in illustrated books, their design is still primarily artisanal and has hitherto been labor intensive with tasks of trials and errors. The constructions of collapsible pop-up structures can be demanding and inefficient without adequate knowledge of their geometric properties, thus the need to comprehend and unveil them.

Given their inherent geometric nature, this thesis describes the spatial transformations undergone by the different basic components of collapsible paper structures when the plane that contains them is unfolded. With the objective of unveiling the geometric fundamentals of pop-ups as means to comprehending their construction and mobile properties.

Pop-up, geometry, maversable book, novelty book, architecture models

PARTE I

INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde con el trabajo Final de Grado “Del Plano al Espacio: Razones Geométricas detrás del *pop-up*”, realizado como parte del currículo del Grado en Fundamentos de la Arquitectura de la Universidad de Valladolid. Su temática se aborda desde el área de la Representación Gráfica Arquitectónica, y más concretamente, desde el campo de la Geometría Descriptiva.

Desde sus inicios, la arquitectura se nutre de diversos sistemas de representación, tanto bidimensionales como tridimensionales. Dichos sistemas nacen de la necesidad de representar un futuro elemento matérico y tridimensional, el edificio, a una escala menor.

Haciendo uso de reglas geométricas establecidas, se obtienen los distintos sistemas de representación plana, como pueden ser el dibujo en proyección diédrica, la perspectiva cónica o la representación axonométrica. Esta documentación bidimensional se ha apoyado tradicionalmente con construcciones tridimensionales como maquetas, desplegables, visualizaciones digitales, y en menor medida *pop-ups*. El escaso uso de esta última herramienta en arquitectura se debe, principalmente, a la conjunción de dos factores relacionados: el desconocimiento de las reglas detrás de su funcionamiento, y un proceso laborioso y poco intuitivo de diseño.

La elección del tema tiene como intención principal la aproximación y puesta en valor del campo del *pop-up*, un tipo de construcciones de papel poco reconocidas a pesar de sus interesantísimas cualidades geométricas y expresivas. Siendo su principal atractivo, su pertenencia a un área difusa entre las dos y las tres dimensiones, pasando de una a otra a través de un gesto tan sencillo como voltear una página.

Este TFG busca describir gráficamente mediante el uso de axonometrías y del sistema de proyección diédrico las transformaciones espaciales que experimentan los diversos planos presentes en un *pop-up*, al pasar de su estado en reposo (plano) a su estado accionado (espacio). De esta forma se pretende lograr una mayor comprensión del funcionamiento de los mecanismos que conforman los *pop-ups*, para así poder concluir el trabajo con la construcción de tres maquetas arquitectónicas con la capacidad de abatirse hasta contenerse en un plano; es decir, tres *pop-ups* arquitectónicos.

Cabe mencionar, que este trabajo no pretende ser una “biblia” del *pop-up* ni recoger todo el conocimiento referido al género, pero si aspira a ser un punto de partida para conocer las reglas detrás de su funcionamiento, que a modo de breve manual pueda ayudar a la comprensión integral de este tipo de maqueta, desde sus orígenes hasta el comportamiento de los distintos mecanismos.

En cuanto a su estructura, el TFG presenta un marco teórico breve que situará al lector dentro del mundo de los libros móviles en general y el *pop-up* en particular, pasando por su definición, historia, estado actual y perspectivas de futuro. Poste-

riormente, se clasificarán los distintos tipos de dispositivos de papel atendiendo a su morfología y tipos de mecanismos o plegaduras presentes. Como apartado final del marco teórico, se describe brevemente el proceso de creación detrás de un *pop-up*. Sigue una descripción detallada de los tipos más comunes de plegaduras y accionables presentes en los *pop-ups*, estableciendo las reglas geométricas que rigen su funcionamiento, y clasificándolos en consecuencia. Finalmente se concluye la investigación con la puesta en práctica de los conocimientos obtenidos, creando, las anteriormente citadas, maquetas.

Por otra parte, este TFG se plantea como un acercamiento al mundo editorial, específicamente se considera este último trabajo del Grado en Fundamentos de la Arquitectura como una oportunidad única para aprender sobre el proceso de maquetación que conllevaría la publicación de un libro o revista. De esta forma, y tomando como referencia las publicaciones de la editorial *Bartlebooth*, se plantea una edición “poco convencional” del texto dando importancia a la forma y entendiendo la maquetación del trabajo como un ejercicio de grafismo.

OBJETIVOS PRINCIPALES

1. Conocer el origen y evolución hasta la actualidad de los libros móviles y sucedáneos, dada su estrecha relación con los *pop-up* y entendiéndolos como elemento originador de los mismos.
2. Entender qué es un *pop-up*, definiéndolo y diferenciándolo de otros mecanismos de papel; estableciendo las características que deben de poseer para poder considerarse como tal.
3. Describir el proceso de creación de un *pop-up*, desde los primeros bocetos hasta la comercialización, en su caso, del libro que lo contiene. Ofreciendo una visión general de los agentes y procesos presentes en el diseño, producción y fabricación de un libro, repasando los materiales más utilizados hoy en día para su creación.
4. Investigar sobre los avances informáticos en el ámbito de los *pop-ups*, partiendo de estudios geométricos y matemáticos llevados a cabo por otras universidades.
5. Identificar y clasificar las distintas tipologías y formas básicas de ingeniería de papel que se pueden encontrar en los diversos tipos de libros móviles. Diferenciando entre mecanismos planos y tridimensionales.
6. Observar el funcionamiento de los mecanismos presentes en los *pop-up*, definiendo geoméricamente aquellas plegaduras básicas que al combinarse pueden llegar a construir las estructuras más complejas.

7. Crear tres maquetas de carácter arquitectónico haciendo uso de los conocimientos adquiridos en la investigación anterior. Buscando hacer uso de las plegaduras básicas previamente analizadas.
8. Contemplar las características y posibilidades artísticas y arquitectónicas de esta suerte de maqueta.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

9. Aprender las técnicas y reglas compositivas que marcan la maquetación de un libro o revista, obteniendo como resultado un acercamiento a lo que podría ser una revista en línea.
10. Perfeccionar el empleo de herramientas de edición de texto, en este caso el programa de *Adobe, InDesign*.
11. Tener constancia de los procesos que impactan en el aspecto final de un documento impreso, adquiriendo conocimientos básicos sobre el proceso de impresión y maquetación.

METODOLOGÍA

A pesar de que los *pop-ups* protagonizan una parte relativamente importante del mercado editorial infantil, y tras una búsqueda inicial y toma de contacto bibliográfico, se observa que escasean las publicaciones sobre el tema que nos ocupa. Probablemente esto sea así por el menosprecio de los libros móviles por parte del mundo editorial, al relegarse a la categoría de juguetes. Las principales fuentes de información encontradas son:

- Catálogos de muestras y exposiciones.
- Diversas páginas web, sobre todo regentadas por coleccionistas de libros móviles, aficionados y creadores, principalmente anglosajones.
- Estudios a nivel universitario sobre el género, principalmente vinculados a departamentos de Matemáticas o Informática de universidades asiáticas y norteamericanas. Estos se enfocan en la investigación de posibles aplicaciones de la ingeniería de papel en otros soportes o en la descripción algorítmica de su funcionamiento.
- Libros y cursos *on-line* que explican o describen como hacer mecanismos de papel, por lo general en sus formas más simples.
- Libros móviles en sí mismos.

Queda patente el hecho de que es un campo escasamente investigado y poco conocido, particularmente en nuestro país, lo que ha llevado a la necesidad de realizar una investigación del funcionamiento de estos mecanismos a través de la observación de *pop-ups* presentes en libros, deduciendo de ahí su funcionamiento geométrico.

En los primeros apartados, correspondientes con la investigación teórica, se realiza un barrido por la documentación encontrada referente al tema y de acceso público (webs, conferencias, libros y artículos académicos). Con el objetivo de establecer un breve discurso que sirva como introducción al tema a tratar, así como una situación contextual y temporal del género del *pop-up*.

Para los apartados de análisis gráfico, la metodología empleada se basa en identificar y describir los tipos de plegadura básicos, es decir, aquellos que al combinarse o modificarse mínimamente, pueden formar cualquier *pop-up*, independientemente de su complejidad formal. Se toman como referencia las plegaduras básicas contempladas en el libro “The Elements of Pop-up” de D. A. Carter y J. Diaz, añadiendo algunas que dichos autores no contemplan. Tras la identificación de las plegaduras base se procede a un análisis gráfico de su movimiento, concluyendo con una descripción geométrica de su funcionamiento y explicación de su montaje.

Para el capítulo de puesta en práctica de los conocimientos obtenidos, se toma como referencia, además de la investigación previa, el libro “Modern Architecture Pop-up book” de Anton Radevsky, observando las técnicas que utiliza el ingeniero para crear los *pop-ups* presentes en el mismo [25].

¿QUÉ ES UN POP-UP?

Los libros *pop-up*, libros móviles, animados o desplegados, son aquellos que, al abrirlos y pasar sus páginas, develan ilustraciones, imágenes y formas que, casi mágicamente, se mueven y transforman, llegando incluso a surgir figuras tridimensionales. En ocasiones, hacen al lector partícipe del libro, al verse este animado a accionar mecanismos para descubrir nuevas capas de la historia.

Los artificios o mecanismos que contienen estos libros hacen uso de distintas técnicas y elementos de papel para producir diversos efectos: creación de movimiento, profundidad, tridimensionalidad, materialización de elementos repentinamente, transformación de imágenes etc.

UN TÉRMINO, VARIAS DEFINICIONES

Los libros, postales o simplemente pliegos que contienen elementos de papel dinámicos, ya sea el movimiento causado por la acción directa del lector (tirar de una lengüeta, girar una rueda, levantar una solapa etc.) o indirectamente al girar la página; se denominan de diversas formas. Marta Serrano Sánchez recoge en su tesis algunas de las más sonadas: [7]

“Libro mecánico, libro móvil, libro desplegable, libro tridimensional o 3D, libro en relieve, libro emergente, libro animado, libro articulado o mecánico, libro “pull the tabs”, libro interactivo, living pictures, living models, toy books, movable books, action books, libro gioco, prelibri, movable books, novelty books, libros objeto, turn-up books.”

Se puede deducir entonces, que **no existe denominación común del todo satisfac-**

toria para estos libros, pero universalmente, se les conoce como libros *pop-up* (libros que brotan o que saltan).

La editorial neoyorkina **Blue Ribbon Press** utiliza el término “*pop-up*” por primera vez en 1932, registrándolo como marca posteriormente. Pese a no estar admitido por la RAE, este término anglosajón, es uno de los más usados nuestro país para referirse a este tipo de libros. En español se podría traducir como “explosión hacia arriba” al estar la palabra formada por la onomatopeya “*pop*” referida, según el diccionario de Cambridge, a un sonido corto y afilado similar a una explosión, y “*up*” arriba.

Actualmente se usa *pop-up* para denominar cualquier libro con mecanismos móviles, a pesar, de que en sus orígenes solo hiciese referencia a aquellas estructuras de papel, que inicialmente bidimensionales y contenidas dentro de un plano plegado, generaban una figura tridimensional tras el desabatimiento del mismo en torno a su eje de plegadura. De esta manera, la figura tridimensional, se forma como consecuencia única del desabatimiento del plano, sin necesidad de otros movimientos o acciones y estando completamente erecta cuando los planos separados por el eje de abatimiento forman un ángulo específico, normalmente 90°, 180° o 360°. La cualidad espacial se consigue, mediante el uso de plegaduras y giros de diversos planos que intersecan el plano matriz en rectas específicas. [24]

Según la ingeniera de papel Carol Barton, “*La distinción entre libros móviles y pop-up es que los primeros requieren que el espectador manipule algo en la página (una rueda giratoria o lengüeta de arrastre, por ejemplo), mientras que los libros pop-up ‘saltan’ a la vida automáticamente al pasar la página*”. [1]

Dentro del marco de este trabajo, y pese a que **pop-up** sea un término usado indistintamente para referirse a cualquier mecanismo móvil sujeto a estar presente en un libro, se distinguirá entre **libros novelty** y **libros pop-up**. El primero englobará todos aquellos libros con mecanismos bidimensionales e interactivos, elementos generalmente planos que producen efectos de movimiento o transformación en la imagen al ser accionados por una lengüeta o similar. Mientras que el término *libro pop-up* se usará para describir a los que contienen mecanismos tridimensionales basados en estructuras autoeréctiles que surgen con la apertura de la página y sin necesidad de mayor interacción por parte del lector. Para referirse a libros que contengan ambos mecanismos o como término general que englobe ambos tipos se usará *libro móvil*.

Por otra parte, dado que este TFG es en esencia una investigación geometría del paso de plano al espacio, tan solo el *pop-up*, en su definición más restrictiva se considera de interés. Aun así, se cree necesario tener presente que los *pop-up*, pese a poder ser elementos exentos, normalmente forman parte de un libro, generalmente ilustrado y enfocado a un público infantil, compartiendo espacio con otros elementos típicos del libro *novelty*. Por ello, en esta primera parte del trabajo, se desarrollará un análisis histórico y tipológico de los libros móviles en general, dada su indisoluble relación con los *pop-up*.

UNA BREVE HISTORIA DEL POP-UP

En la actualidad la técnica del *pop-up* es ampliamente conocida y utilizada en diversos ámbitos, desde libros infantiles a postales. Sin embargo, los *pop-ups* son el resultado de una extensa evolución a lo largo del tiempo, principalmente vinculada al desarrollo editorial, apareciendo diversos elementos de papel móvil a partir del medievo.

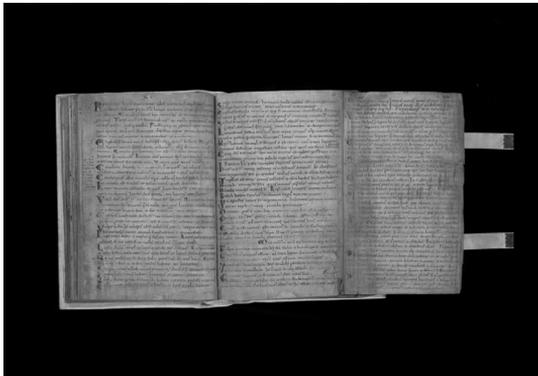
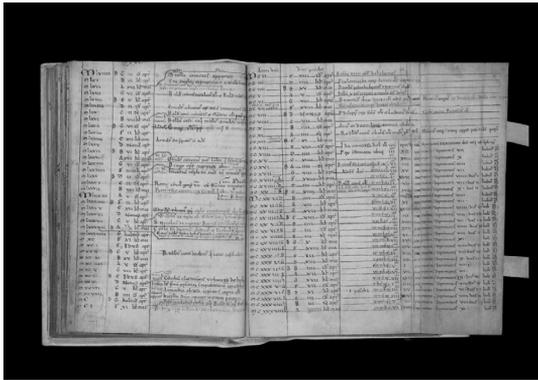
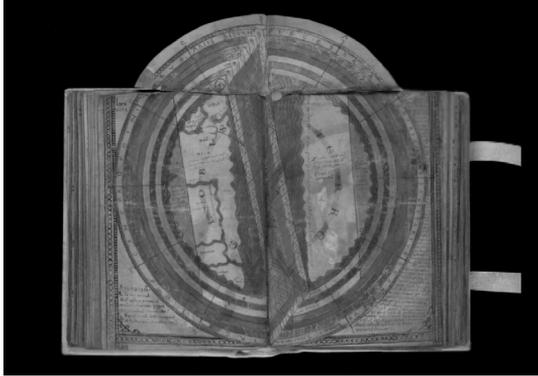
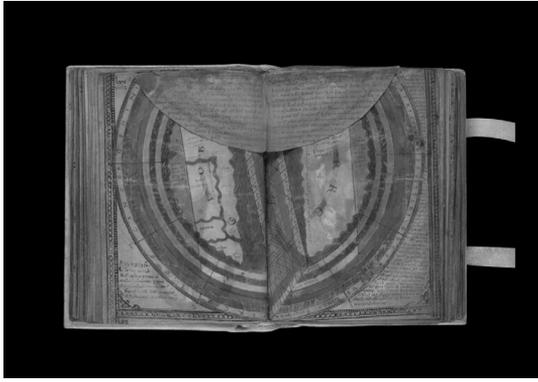
Para el desarrollo de este apartado se han usado principalmente como referencia las fuentes citadas a continuación, ya que no se han encontrado otras más completas o mejor referenciadas:

- La conferencia de Ellen G. K. Rubin: “*A history of pop-up and movable books: 700 years of paper engineering*” en el Smithsonian con motivo de la exposición “*Paper engineering. Fold, pull, pop and turn*” en el Museo de Historia Americana de Washington D.C.
- El apartado 4.2. *Origen y desarrollo del libro móvil infantil* de la tesis doctoral “¡Pop-Up! La arquitectura del libro móvil ilustrado infantil” de Marta Serrano Sánchez
- El artículo “*Volvelles of knowledge. Origin and development of an instrument of scientific imagination (13th-17th centuries)*” de Gianfranco Crupi

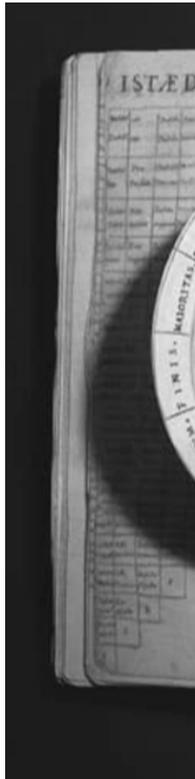
LOS PRIMEROS LIBROS MÓVILES: SOLAPAS Y RULETAS

No se conoce exactamente quién fue el primer escritor en apoyarse en los mecanismos de papel para ilustrar sus relatos, o cuando apareció el primer libro móvil, pero el primer ejemplar que se conserva es el “**Liber Floridus**” (en español El Libro de las Flores), una enciclopedia compilada entre 1090 y 1120 por **Lambert**, el canónigo de Saint-Omer. Este libro, presenta una serie de **solapas de borde de página** o **gate folds**, en inglés, que permitían ampliar la superficie por pliego, posibilitando la inclusión de dibujos y textos de mayor extensión (fig. 1, 2, 3 y 4).

Otro de los primeros ejemplos es el manual “**Chronica Majora**” (1259) de **Matias Paris**, un monje benedictino. En él aparecen los primeros **volvelles** conservados, discos de papel individuales o superpuestos, que amarrados en su eje central, pue-



Figs. 1, 2, 3, 4. Distintos pliegos del "Liber Floridus" de Lambert, donde se pueden ver dobleces del tipo *gatefold*.



den girar en torno a él. Estos elementos permitían calcular el inicio de la Semana Santa dependiendo del año de forma sencilla y visual. Paris también hace uso de **solapas** de diversos tamaños, abarcando una pequeña sección de la página o pliegos enteros, para completar una serie de mapeados que comprendían el territorio cruzado por la ruta de peregrinaje de Londres a Jerusalén.

El ejemplar “**Ars Magna Generalis**” (1306) de **Ramón Llull**, filósofo Mallorquín, y contemporáneo del anterior, usa esta misma técnica para explicar sus teorías sobre la búsqueda filosófica de la verdad. Mediante **ruletas** (fig. 5) representa gráficamente las relaciones lógicas entre conceptos, teniendo como objetivo entender el universo mediante la vinculación racional de todo el conocimiento al que la humanidad tenía acceso en ese momento.

Hasta el siglo XV, y la llegada de la imprenta, las solapas y ruletas continuaron usándose en manuscritos. Las primeras, ampliando la superficie útil de papel, especialmente en mapeados o planos; y las segundas, en tratados de astronomía principalmente, al representar astrolabios o el movimiento de las constelaciones.



Fig. 5. Uno de los múltiples *volvelles* presentes en “*Ars Magna Generalis*” de Ramón Llull.

LLEGADA DE LA IMPRENTA Y PRODUCCIÓN EN MASA DE LIBROS MÓVILES.

Con la invención de la imprenta de tipos móviles en 1440, aparecen las primeras copias en masa de libros, sustituyendo a los antiguos manuscritos. Algunas de estas ediciones contenían solapas, *volvelles* o ambos, por lo general ensamblados tras la impresión y antes de su venta. En ocasiones, las piezas se imprimían en las últimas páginas y era el lector quien, siguiendo las instrucciones, debía recortar y montar los elementos.

Se cree que el primer ejemplar con ruletas producido en masa fue el “**Astronomicum Caesareum**” de **Petrus Apianus** (c.a.1540), un libro de astronomía, con ediciones en inglés y alemán, que, escrito originalmente para Carlos V, le fue de tal agrado que ordenó la realización de 1400 copias (fig. 6). El libro tenía 35 *volvelles* que estudiaban el movimiento de los planetas. Es entonces, cuando las ruletas comienzan a ser comunes en los libros de astronomía impresos [24].



Fig. 6. Pliego con *volvelle* presente en “Astronomicum Caesareum” de Petrus Apianus.

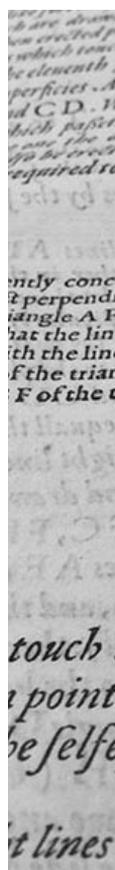


Fig. 7. Medida de Sir Henry I.

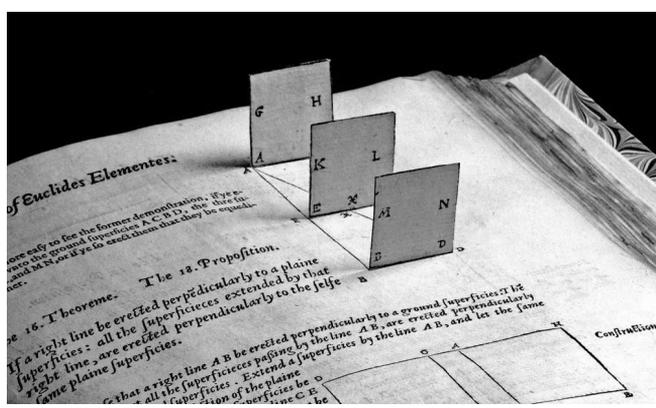
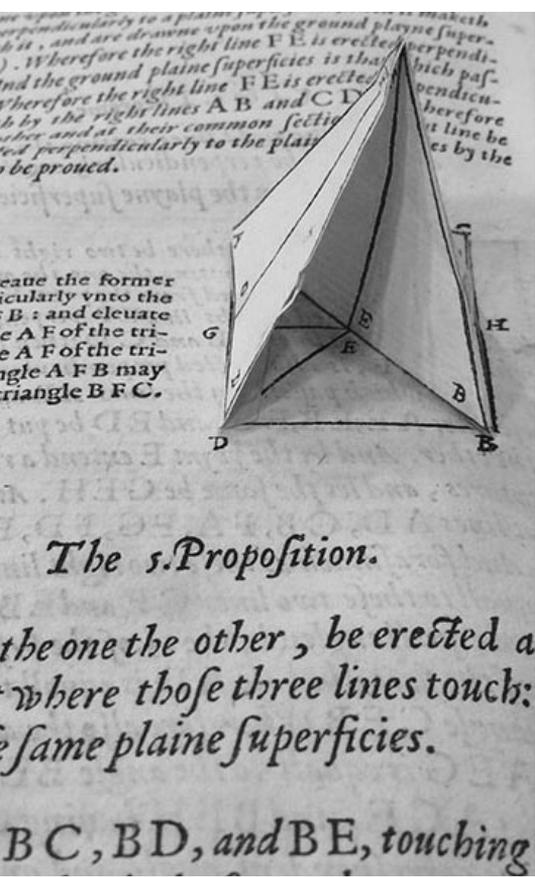


Fig. 8 "Elementos" de Euclides, edición de Sir Henry Billingsley.



Fig. 9 "Elementos" de Euclides, edición de Sir Henry Billingsley.

Diagramas 3D en "Elementos" de Euclides, edición de Sir Henry Billingsley.

En 1570, en la traducción inglesa de “**Elementos**” de Euclides, por **Sir Henry Billingsley**, aparecen las primeras estructuras de papel en tres dimensiones. Consistían en una serie de solapas que al plegarse sobre los ejes marcados permitían construir los sólidos descritos por el texto, como se puede ver en las imágenes de la página anterior (figs. 7, 8 y 9).

A mediados del siglo XVI, coincidiendo con un periodo en que la Iglesia prohibía la disección de cuerpos humanos, los mecanismos de papel comienzan a ser de uso común en libros de anatomía. En estos libros se representaban los distintos órganos y funciones biológicas del cuerpo humano mediante solapas que podían ser levantadas por los estudiantes de medicina, simulando una disección real (figs. 10 y 11). El primer ejemplo conservado es “**De Humani Corporis Fabrica Librorum Epitome**”, de **Andreas Vesalius** (Basilea, 1543).

En 1677 **Christophe Leutbreyer** publica “**La confession coupée**”, un libro bastante reeditado que hacía uso de una técnica de encuadernación bastante particular. El libro se publicitó como un método fácil para prepararse para la confesión y consistía en una enumeración de todos los pecados separados por cortes horizontales, resultando en tiras de papel unidas en el lomo. El lector o confesante sólo debía dejar visto los pecados de los que se quisiese confesar. Este fue el primer ejemplo que se conoce de **libros a tiras** o de imágenes combinadas (**Pêles-mêles**). Pese a no considerarse este tipo de edición un libro móvil *per se*, sí se podría clasificar como un antecesor de las **imágenes disolventes**.

Hasta el siglo XVIII, los mecanismos de papel se utilizan únicamente en la literatura adulta con fines didácticos. Se publican diversos libros con ruletas, solapas y otros elementos básicos de papel móvil. Algunos ejemplos serían: “**Cosmographica Liber**” (1524) de **Pedro Apiano**, “**Discours Astronomique**” (Lyon, 1557) de **Jacques Bassantin**, “**Breve compendio de la esfera y el arte de navegar**” de **Martín Cortés Albácar** (Sevilla, 1551)

Fig. 11 Uso de solapas en el libro de Anatomía “*Vivae imagines partium corporis humani*” de Juan de Valverde de Amusco (1556)

Fig. 10 Uso de solapas en el libro de Anatomía “Catoptrum microcosmicum” de Johann Remmlin (1613)



INICIOS DE LA LITERATURA INFANTIL

Con el crecimiento de la burguesía y la disminución de la población analfabeta, la enseñanza infantil se generaliza en las clases altas, comenzando a producirse libros destinados a niños, principalmente académicos o moralizantes, pero también con fines lúdicos. Estos libros sólo tenían texto, y no es hasta 1658 con la publicación de “**Orbis Sensualium Pictus**”, el mundo sensible en imágenes, de **Johann Amos Comenius**, que se publica el primer libro ilustrado. Comenius estableció una relación positiva entre la capacidad de memorizar de los niños y el apoyo del texto con imágenes, teoría que pone en práctica en este libro, una suerte de enciclopedia con 150 ilustraciones, que servía como manual de latín y contenía otra serie de conocimientos generales.

Los libros infantiles con fines únicamente lúdicos aparecen también en esta época, aunque no se generalizan hasta finales del siglo XVIII. Esto es así por la confluencia de tres factores:

- El aumento de familias de clase media-alta, las cuales podían permitirse una educación para sus hijos, y comprarles libros y juguetes.
- El cambio de opinión por parte de la sociedad hacia la infancia, asumiendo que los niños tienen distintas necesidades dependiendo de la edad y dando más importancia al bienestar de los mismos.
- El desarrollo y perfeccionamiento de técnicas para la impresión de imágenes, como la xilografía y eventualmente la litografía en 1798.

En 1697, se publica el primer libro de cuentos clásicos “**Histoires ou Contes du Temps Passé**” de **Charles Perrault**, haciendo patente la apertura de un nuevo mercado de libros ilustrados destinados a un público infantil. Aunque, como ya se ha mencionado, no es hasta la segunda mitad del siglo XVIII cuando se comienzan a publicar libros infantiles a gran escala. Esto sucede de la mano del editor de libros infantiles **John Newbery**, que decide, como método para atraer más clientes, cuidar la estética de sus publicaciones, con cubiertas decorativas e ilustraciones vistosas.

Otras publicaciones siguen su ejemplo buscando llamar la atención de los niños con ilustraciones coloridas, y no sorprende que años más tarde, en 1771 aparezca el primer ejemplo con partes de papel móviles, “**Los trucos del Arlequín**”. De dicho libro deriva el término “**harlequinades**” (actualmente denominados **mix-and-match** o **turn-up**), refiriéndose a una suerte de panfletos conformados por un plano de papel plegado sobre sí mismo con solapas, permitiendo así el descubrimiento de dibujos y textos de forma dinámica (fig. 12).

El editor londinense **Robert Sayer** comenzó a publicar fábulas para niños en este formato y sus libros móviles se hicieron populares rápidamente, convirtiéndose en objetos de culto entre las clases altas de Inglaterra y Francia. La ingeniería de papel





Fig. 12. Ejemplo de Harlequinade. “Adán y Eva” (1770) Benjamín Sands

detrás de estas publicaciones era sencilla y la idea tuvo mucho éxito. Numerosas editoriales de todo el mundo copiaron este sistema para relatar historias, y solo en Inglaterra se publicaron más de 50 títulos que se reimprimieron varias veces. Cabe mencionar que se desconocen los nombres de los autores de la mayoría de las publicaciones, ya que todos los derechos de autor, en ese momento, todavía pertenecían a los libreros o propietarios de prensa.

Entre finales del siglo XVIII y el siglo XIX aparecen los primeros “*peep-shows*” (fig. 13). Formados por una caja de madera con una sucesión de planos troquelados paralelos en su interior, permitían crear la ilusión de tridimensionalidad al ser observados desde una mirilla. De este concepto nacen los **libros túnel** alrededor de 1750 (fig. 14). Estos libros lograban el mismo efecto de los *peep-shows* manteniendo los planos troquelados, ahora en cartulina o cartón, y sustituyendo el marco de madera por una estructura de papel en forma de acordeón, lo que permitía su agrupamiento en un objeto de aspecto similar a un libro tradicional.

En esta época aparecen también los primeros **libros carrusel** (*Star Books*), libros que, al abrirse completamente, girando la contraportada 360° de tal forma que la portada y la contraportada coincidían, permitían formar un escenario tridimensional de aspecto similar a un carrusel.

LA PRIMERA EDAD DE ORO DE LOS LIBROS MÓVILES

El siguiente gran salto hacia la invención del *pop-up* ocurre la década de 1850, gracias a las mejoras en las técnicas de impresión a color y un contexto cultural marcado por la búsqueda de la representación del movimiento. Es en este siglo cuando se suceden invenciones como la linterna mágica, el praxinoscopio, los panoramas y la fotografía estereoscópica, y eventualmente, la llegada del cine en 1895 de mano de los Hermanos Lumière.

Los libros móviles buscan, paralelamente, crear la ilusión de movimiento o tridimensionalidad mediante la creación de mecanismos de papel cada vez más complejos, culminando en la invención del *pop-up* a finales de siglo.

A principios de siglo se popularizan los libros troquelados (“**slot books**” o “**cut-out books**”), libros escritos generalmente en verso que incluían muñecas recortables (fig. 15). Estas muñecas, podían ser puestas de pie sobre la mesa o incorporarlas en la escena del cuento. De este tipo de libro destacan los “**Paper Doll Books**” de los editores **S. & J. Fuller**, siendo el primero de la colección “**The History of Little Fanny**” (Londres, 1810).

En Francia **Jean-Pierre Brés** fue el primero en conectar las ilustraciones a unas tiras de papel para moverlas, creando así las **lengüetas** o **pull-tabs**. Usaría esta técnica por primera vez en su libro “**Livre joujou avec figures mobiles**” (Janet, 1831) (fig. 16).

Paralelamente, En Inglaterra, surge la editorial de libros y cartillas escolares **Dean & Son** en 1847. Esta editorial, nacida de la incorporación de Thomas Dean hijo al negocio de su padre, fue la primera en producir libros con ilustraciones móviles en masa y en dedicarse exclusivamente a este mercado, siendo sus primeras series publicadas “**Dean’s Sixpenny Mamma Lovechild**” y “**Dame Woonder’s Transformations**” (fig. 17).

Una de las aportaciones más importantes de esta editorial fueron los “**Scenic Books**”, en español “**teatrillos**”. Estos libros, inspirados en los libros túnel, conseguían crear la ilusión de profundidad mediante la superposición de tres planos troquelados que, unidos entre ellos por cintas, se elevaban a levantar una solapa que correspondía con el plano de fondo. El primero, “**Caperucita Roja**” se publicó en 1856, seguido de varios clásicos como “**Robison Crusoe**” o “**Cenicienta**” (fig. 18).

La firma consigue mantener una posición monopolística en el género de los libros

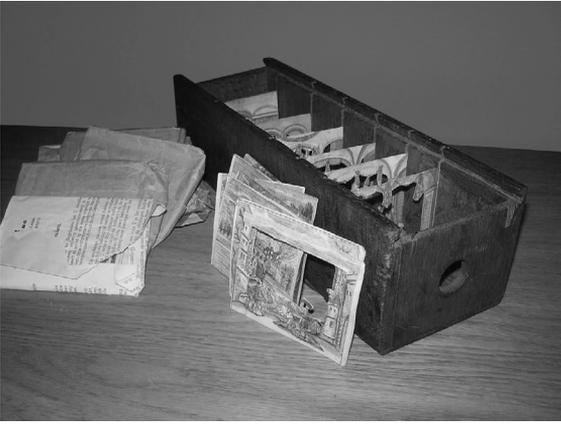


Fig. 13. Ejemplo de *peep-show*



Fig. 14. Ejemplo de libro túnel



Fig. 15. "The History of Little Fanny" (Londres, 1810) S. & J. Fuller



Fig. 16. "Livre joujou avec figures mobiles" (Janet, 1831) Jean-Pierre Brés

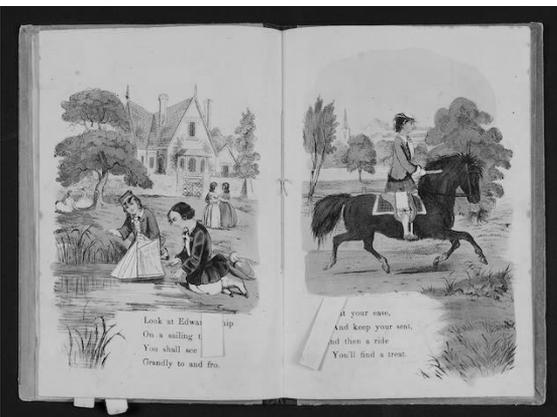


Fig. 17. "Dean's Moveable Book of Children's Sports and Pastimes" Dean and Son (Londres, 1857)



Fig. 18. Dean's New Scenic Books No. 3 "Cinderella" Dean and Son (Londres, 1866)

móviles durante dos décadas, hasta que la editorial **Darton** se establece como competidora. Con la creciente competencia de precios, Dean detiene sus elaboradas producciones de teatrillos y se centra en abaratar los costes, introduciendo los **“Living pictures”** en los cuales al tirar de una lengüeta se ponían en movimiento los personajes representados. También introducen los llamados **“dissolving views”** imágenes disolventes en español, con ilustraciones divididas en secciones verticales u horizontales que al tirar de una lengüeta se “disolvían” en otra (fig. 19).

Tras el éxito de los libros de Dean & Son entre los años 1840 y 1880, numerosos editores londinenses se introdujeron en el mercado. La feroz competición por llamar la atención de los lectores más jóvenes resultó en la invención de la mayoría de los mecanismos de papel móvil que conocemos hoy en día.

Uno de estos editores fue Raphael Tuck, el cual funda su editorial en 1870, también en Londres. Doce años más tarde deja el negocio a sus tres hijos, pasando a llamarse **Raphael Tuck & Sons** y abriendo oficinas en Nueva York y París. Publicaron títulos como **“Father Tuck’s ‘Mechanical’ Series”** (1890) y **“Summer Surprises”** (1896), incorporando la idea del peepshow en escenas de 6 capas de profun-

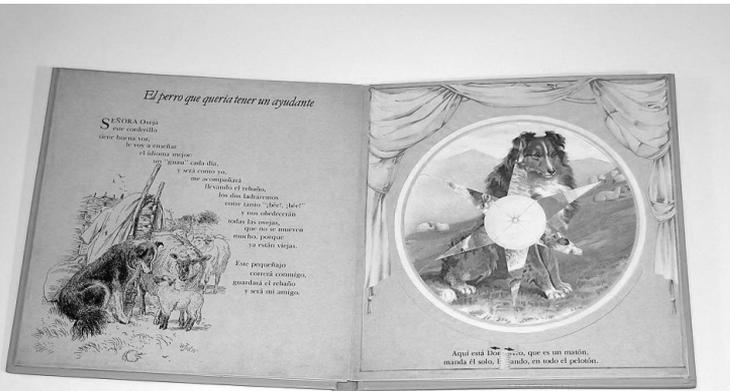


Fig. 19. Ejemplo de “dissolving view” o disco disolvente. Ernest Nister (1895)



Fig. 20. “Peeps into Fairy Land” Ernest Nister. (1896)

didad. Eventualmente, ganaron terreno a Dean & Son gracias a la calidad superior de sus impresiones, ya que los Tucks producían sus libros en Alemania, donde las técnicas de litografía a color se habían perfeccionado a niveles mucho más altos que en Inglaterra.

Otro editor que se especializó en libros móviles fue el alemán **Ernest Nister**, abriendo su editorial en 1877 en Nuremberg, ciudad con una amplia tradición editorial. La distribución de los títulos de Nister no se limitó a los mercados europeos, llegando a EE. UU. de la mano de la editorial **E.P. Dutton & Co.** (fundada en Boston en 1952, y trasladada a Nueva York en 1859), quién distribuyó los títulos de la editorial en Norteamérica, en competencia con la oficina neoyorkina de Tuck.

Es Nister quién crea los primeros teatrillos que adquieren su característica tridimensionalidad con solo voltear la página, pudiendo considerarse como los primeros *pop-ups* de la historia (figs. 19 y 20). Esto se consiguió uniendo los distintos planos de papel a la página anterior con unas tiras del mismo material. Hizo uso de esta técnica en libros como **“Wild Animal Stories: A Panorama Picture Book”** (finales de los ‘90) o **“Peeps into Fairy Land”**, (1896). También introduce algu-



Fig. 20. “Peeps into Fairy Land” Ernest Nister. (1896)

Fig. 21. “Das Puppenhaus” Lothar Megendorfer (1911)



nas variantes de las imágenes disolventes y de las ilustraciones con partes móviles accionadas por lengüetas.

Entre todos estos editores destacó **Lothar Meggendorfer** (Múnich 1847-1925), un diseñador e ilustrador alemán, que llegó a publicar más de cien títulos (fig. 21). Con antecedentes en el mundo del periodismo satírico, fue contemporáneo de Nister, pero sus libros se centraron en un público más adulto o “pícaro”, a diferencia de Nister, que se centró en libros de princesas para las niñas burguesas.

Meggendorfer crea su primer libro móvil en 1878, concebido como un regalo de navidad para sus hijos, lo que le pone en contacto con la editorial **T. F. Schreiber** (Esslingen), y posteriormente con **Braun & Schneider** (Munich) y **H. Grevel & Co.** (Londres), con las que trabajará.

En lugar de desarrollar el rol de impresor/editor como Nister, Meggendorfer prefirió trabajar pensando en nuevas ideas, desarrollando el concepto, el diseño de los mecanismos, etc; dejando a otros las tareas de imprimir, publicar y distribuir. También consiguió, a diferencia de sus competidores, crear movimientos en distintas direcciones y puntos de la ilustración al tirar de una sola lengüeta. Como resultado de todo esto, sus títulos aparecieron en numerosas ediciones por todo Europa, con editores alemanes, ingleses, franceses y checos.

APARICIÓN DE LOS POP-UPS

La última década del siglo XIX es considerada el culmen de la edad de oro de los libros móviles. Con **Nister** y **Meggendorfer** compitiendo por la supremacía, la cantidad de títulos publicados junto con los avances en la impresión y edición, y la complejidad creciente de los mecanismos de papel empleados, produjeron libros de una belleza impresionante.

Esta época de esplendor llegaría a su fin con el cambio de siglo. Las crecientes tensiones entre Inglaterra y Alemania, desencadenantes de la Primera Guerra Mundial, fueron el fin de la cooperación entre la impresión de alta calidad alemana y el mercado británico. A esto se le sumó la pérdida parcial del tejido industrial de Alemania, la disminución exponencial de la demanda, y la marcada ideología anti-alemana que se extendió por Reino Unido y EE.UU., los principales mercados de libros móviles. En este contexto, las empresas de Nister, que murió inesperadamente en 1909, y la de Meggendorfer, no lograron sobrevivir.

La década de los 20 parecía ofrecer una nueva esperanza de paz y estabilidad para Inglaterra, dónde los niveles de alfabetización incrementaron, trayendo consigo un aumento en la demanda de libros, revistas y, principalmente, periódicos.

Dentro de este marco histórico, el editor británico **Louis Giraud**, alias “El Magno”, lideraba el equipo de publicidad del periódico londinense **Daily Express**, el cual buscaba ampliar su público a la población joven. Es ahí cuando Theodore Brown

le descubre los “**self erecting living models**” (maquetas vivas autoeréctiles) y Giraud impulsa la creación de una colección de libros por fascículos usando esta tecnología. Estos libros anuales, titulados “**Daily Express Children’s Annual**”, introdujeron un tipo de estructura de papel que se convertía en tridimensional cuando la página se abría a 180° sin necesidad de realizar ninguna otra acción. Años más tarde se conocería a este tipo de estructuras como *pop-up* (figs. 22 y 23).

El primero de estos libros fue publicado en 1929 y contenía 7 de estas construcciones tridimensionales. Se siguió publicando un “Daily Express” anualmente, y dado su éxito, Giraud termina creando su propio sello independiente, **Strand Publications**. Bajo esta firma editará sus propios libros “**Bookano Stories**”, siendo *bookano* una contracción de las palabras *book* y *mecano* (libro y mecánico). La serie se compuso de 17 publicaciones (entre los años 1934 y 1950) conteniendo cada libro 5 *living models*, incluyendo “**The Bookano Adventure and Buliding Book**” (1936), un libro en el que se explicaba cómo hacer *pop-ups*. El éxito de estos libros se vio incrementado por su bajo coste, dados los materiales e impresiones de menor calidad respecto a las alemanas (figs. 24, 25, 26).

Al otro lado del Atlántico, el corte de flujo de libros móviles provenientes de Alemania permite, en los años 30, a la editorial neoyorkina “**Blue Ribbon Press**” hacerse con el mercado de libros con ilustraciones móviles, registrando el término *pop-up* en 1932. La compañía produciría este tipo de libros masivamente, siendo los primeros una serie de cuentos clásicos, fábulas y colaboraciones con *Disney* confeccionados por el ilustrador alemán **Harold Lentz**, en los que se incluía el término *pop-up* en la portada como reclamo publicitario (figs. 27 y 28).

Los libros de Lentz estaban claramente inspirados en la serie *Bookano* aunque se enfocaron a un mercado de clase alta, permitiendo la confección de mecanismos de papel más complejos y de mejor calidad tanto artística como técnica. Sin embargo, con la llegada de la gran depresión en los años 30, bajó la demanda y en un intento por sobrevivir, muchos de los títulos fueron prácticamente copiados de los ejemplares de Giraud. Finalmente, en 1935 la editorial abandonó la publicación de libros *pop-up*.

DESARROLLO DE LOS POP-UPS TRAS LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Hasta los años 50 no se produjeron avances en este tipo de libros, aunque si se extendió su publicación a el resto de mercados europeos de mano de diversas editoriales.

A finales de 1950, **Artia** (Praga), una empresa estatal de exportación-importación, crea una serie de libros *pop-up* muy innovadores. El ilustrador y arquitecto **Vojtech Kubašta** fue quien estuvo detrás de las más de 120 publicaciones que se llevaron a cabo, encargándose de todas las fases de creación del libro. Kubašta introdujo un simple método de cortado y plegado de la página, con el que era capaz de construir

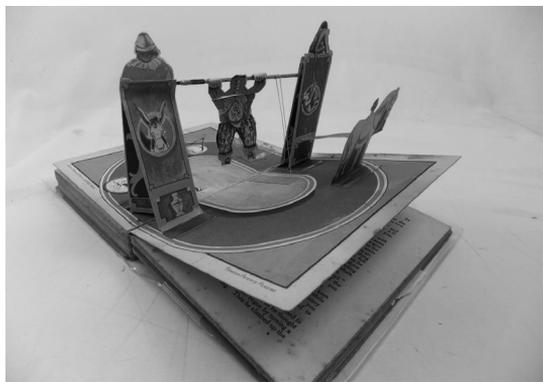


Fig. 22. “Daily Express Children’s Annual n°2” S. Louis Giraud



Fig. 23. “Daily Express Children’s Annual n°2” S. Louis Giraud



Fig. 24. *Bookano Stories* n°14. S. Louis Giraud



Fig. 25. *Bookano Stories* n°14. S. Louis Giraud

Fig. 26. *Bookano Stories* n°15: “The Apples of Iduna”. S. Louis Giraud



Fig. 27. “The Pop-Up Pinocchio” Harold Lentz , Blue Ribbon Books(1933)

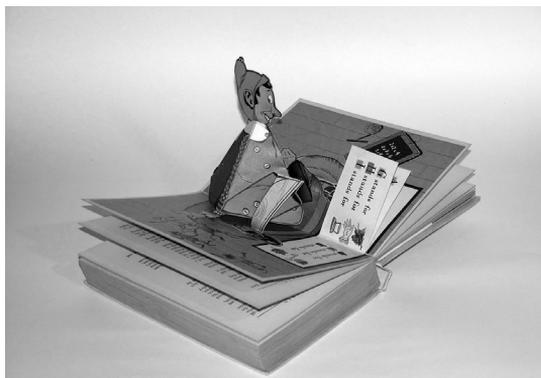


Fig. 28. “El Ratón Mickey en el circo” Harold Lentz , Blue Ribbon Books (1934)



Fig. 29. “How Columbus discovered America” Vojtech Kubašta (1960)



una escena *pop-up* sin necesidad de encolado, abaratando considerablemente los costes (fig. 29).

El primero de estos libros fue “**La pequeña Caperucita Roja**” (1956), donde ya usaría su técnica identificativa: prescindir del pegamento. Su serie más exitosa, “**Tip & Top**”, se publicaría en los años 60. Esta serie, formada por ocho tomos en formato cuadrado, narra las aventuras de una pareja de pícaros. En los años en los que Kubašta trabajó para *Artia*, la empresa llegó a producir más de 30 millones de copias, traducidas a 37 idiomas.

LOS AÑOS 60 Y LA SEGUNDA EDAD DE ORO DE LOS POP-UPS

A mediados de 1960 el publicista estadounidense **Waldo Hunt** descubre la obra de Kubašta en Londres y decide importarlos a EE.UU. Desgraciadamente, sus intenciones se ven frustradas por las condiciones políticas impuestas por el pacto de Varsovia, que entre otras cosas limitaba las exportaciones de los países del Bloque Este.

Ante esta situación y la falta de competidores en Norteamérica, Hunt decide crear su propio sello en 1964, **Graphics International**, en Los Ángeles. A diferencia de las anteriores editoriales, Hunt aplica los conceptos del fordismo y la descentralización empresarial a sus métodos de producción, creando así la industria del *pop-up* que llega hasta nuestros días. *Graphics Internatinal* ejercía así de empresa “packager”, es decir, contrataba por un lado a escritores, diseñadores, ilustradores e ingenieros de papel, y por otro, a las empresas productoras que se encargaban de la impresión y ensamblaje. Estas últimas se localizaban en países con precio de mano de obra más bajo, generalmente localizadas en Suramérica y Centroamérica. Finalmente, el producto terminado era vendido a otras editoriales que se encargarían de su distribución en distintos países.

Graphics Internatinal realizó títulos con espectaculares escenas móviles combinando *pop-ups* con otro tipo de mecanismos como lengüetas, solapas y ruletas. Un año después del nacimiento de la empresa, esta se traslada a Nueva York y comienza a producir libros con **Random House**, para ser comprada en 1966 por **Hallmark Cards**, que continuó creando libros *pop-up* bajo el sello.

En 1975, Hunt abandonó *Graphics International* y *Hallmark*, creando su tercera empresa “packager” **Intervisual Communications Inc.**, de nuevo en California. Esta empresa pronto adquirió un papel protagonista en la industria del *pop-up*, llegando a ser responsable de aproximadamente el 70% de los libros móviles del mundo [07]. Con el título “**Haunted House**” Hunt consigue volver a popularizar los *pop-ups*, comenzando la llamada “**Segunda edad de oro del pop-up**”, que llega hasta nuestros días.

POP-UP EN LA ACTUALIDAD

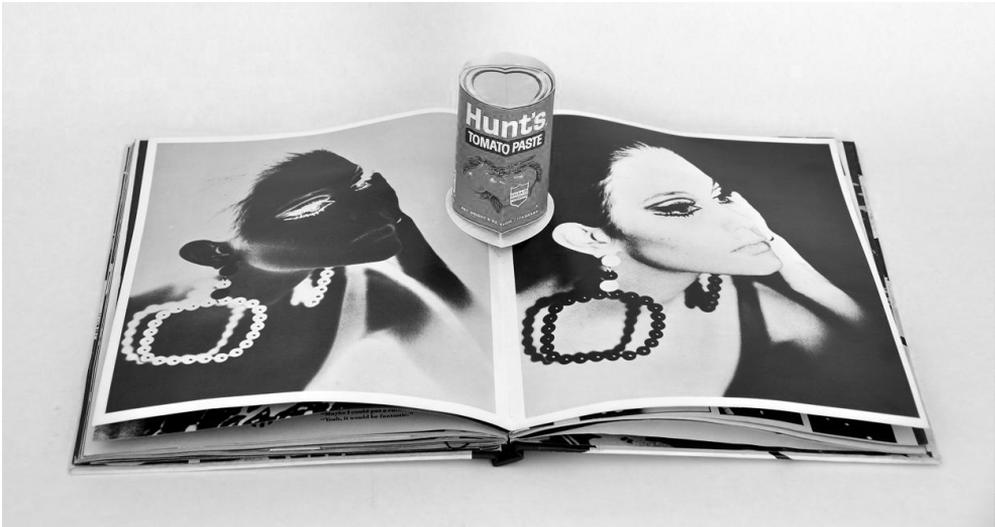
La industria del libro móvil y consiguientemente del libro *pop-up*, está ya fuertemente consolidada y es difícil entrar en una librería donde no haya algún ejemplar de este tipo. El modelo de negocio sigue siendo el introducido por Hunt, publicándose millones de libros *pop-up*, pero siendo el número de ingenieros de papel responsables de su diseño muy reducido. Los principales serían: David Carter, Robert Crowther, James Roger Diaz, Dick Dudley, David Hawcock, Keeps Moseley, Chuck Murphy, Ib Penick, Jan Pienkowski, Matthew Reinhart, John Strejan, Robert Sabuda y Ron van der Meer. [7]

OTROS GÉNEROS

En 1967 el género trasciende de la literatura infantil con la publicación del “**Index Book**” de **Andy Warhol**, que hacía un homenaje a *The Factory* y a las creaciones del diseñador italiano Bruno Munari (fig.30). Este libro da el pistoletazo de salida a los conocidos como “**libros de artista**”, ediciones limitadas de libros móviles que se comercializan en galerías de arte.

Fuera del ámbito editorial el uso de *pop-ups* se popularizó en tiques, panfletos, postales y otros tipos de papel de uso efímero. Uno de ellos fue el panfleto diseñado para la promoción de los edificios Trinity en Nueva York (1908), el cual, formado por un plano doblado a la mitad representaba los edificios en tres dimensiones al abrirlo, situados sobre el trazado de la ciudad. Se considera que este fue el primer *pop-up* que adquiría su cualidad tridimensional sin necesidad de mover ninguna solapa o activar cualquier otro mecanismo.

Fig. 30. “Index Book” Andy Warhol (1967)



CREACIÓN DE UN POP-UP: AGENTES PROCESOS

En la creación de un libro *pop-up* intervienen varios agentes y procesos. Los agentes implicados serían los mismos que en un libro convencional, añadiendo el encargado del diseño de los *pop-ups*. A este último se le conoce comúnmente como **ingeniero de papel**.

Este apartado se divide en cuatro epígrafes, el primero, introduce la figura del ingeniero de papel; el segundo, menciona los avances informáticos en el campo; el tercero, describe las etapas por las que pasa un libro *pop-up* hasta su distribución; y el cuarto, expone brevemente las características de los materiales más utilizados.

INGENIERÍA DE PAPEL

La ingeniería de papel, término traducido del inglés “paper engineering”, se refiere a la aplicación de conocimientos artísticos y técnicos, con objetivo de inventar, crear, diseñar o perfeccionar los mecanismos de papel sujetos a estar presentes en un libro móvil.

El ingeniero de papel sería entonces el responsable de crear mecanismos de este material por medio de diversas técnicas como corte, pegado, doblado etc. Es la persona responsable de diseñar formalmente un *pop-up*, y no suele intervenir en el proceso de ilustración. Dado que la estructura de los *pop-ups* se basa en la combinación un conjunto de plegaduras básicas, el ingeniero deberá de conocer todas ellas y sus posibilidades.

Esta disciplina es una gran desconocida en escuelas de arte, existiendo reducidos programas de formación. Lo más común, es que los ingenieros aprendan a base de observar *pop-ups* existentes e intentar descubrir los mecanismos detrás de su funcionamiento. Existen, algunos cursos en universidades y en webs de tutoriales. Por otra parte, a lo largo de la historia, se han publicado manuales indicando paso por paso cómo crear un *pop-up* específico, sin ahondar en los mecanismos que hacen que estos adquieran su tridimensionalidad característica. No es hasta la publicación de libros como “**The Elements of pop-up**” [26] o “**The pop-up Book**” [27]

en los años noventa que se hacen los primeros intentos de describir gráficamente el funcionamiento de esta suerte de maquetas. Aun así, los métodos para la creación de *pop-ups* siguen siendo principalmente manuales, dados los pequeños avances en el campo de la informática.

SOFTWARES PARA LA CREACIÓN DE MECANISMOS

Según se ha observado en las distintas webs y redes sociales de ingenieros de papel, estos no hacen uso de programas informáticos a la hora de diseñar *pop-ups*, ya que las posibilidades de estos son bastante limitadas. De todos modos, se considera interesante dejar constancia de los programas existentes y de los avances en este campo, ya que es de esperar que en un futuro se desarrolle una herramienta lo suficientemente potente como para cambiar el método de diseño.

Actualmente equipos de diversas universidades trabajan en la comprensión de las reglas matemáticas detrás de los *pop-ups*, siendo interesante su potencial uso en técnicas de nano y micro fabricación [22]. Se han llegado a establecer algoritmos sobre el funcionamiento de los *pop-ups* más simples, usualmente en entornos ideales y disminuyendo el número de variables tenidas en cuenta. Todo ello, con el objetivo de crear un programa tipo CAD que pueda, a partir de un 3D crear un desarrollo en formato *pop-up*, como ya existe para *pop-ups* simples, origamis y recortables [34] [40].

Pop-up card designer pro* y *Pop-Up Card Studio

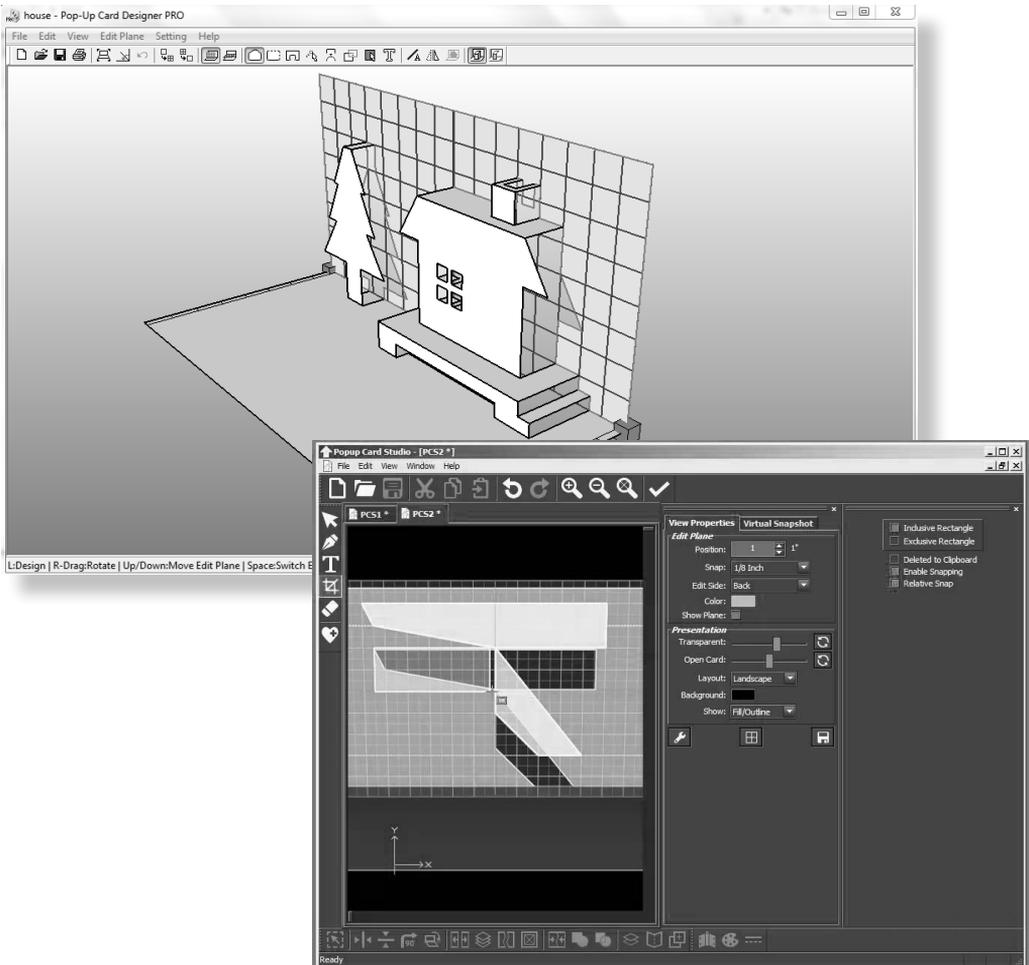
Estos dos softwares permiten la creación de tarjetas *pop-up* de una pieza con despliegue completo del *pop-up* cuando la tarjeta se abre a 90°. Son utilizados principalmente por diseñadores de tarjetas o postales de tipo *pop-up*. Admiten la creación de un tipo muy reducido de *pop-ups*, ya que el programa solo puede calcular mecanismos que cumplan las siguientes características:

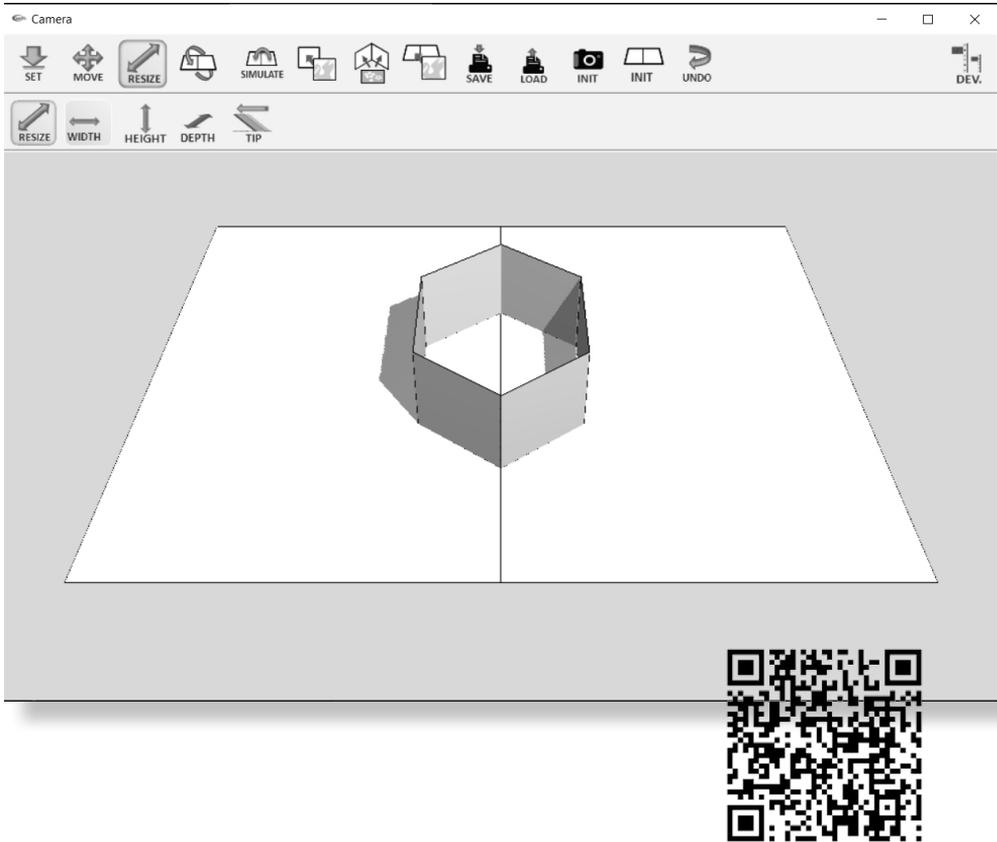
1. *Pop-ups* en los que el plano contenedor y los planos contenidos son el mismo, es decir se parte de un único plano con cortes ortogonales al eje de plegadura.

2. Todas las líneas de plegadura del *pop-up* son, por tanto, paralelas al eje de plegadura del plano contenedor, y consiguientemente todos los cortes son ortogonales al eje.
3. El plano contenedor muestra el *pop-up* al abatirse en un ángulo de 90° .

La diferencia entre los programas reside en su aspecto y presentación, ya que ambos presentan características muy similares. *Pop-up Card Designer Pro* es un programa de la empresa japonesa *Tama Software Ltd.* Y presenta un aspecto menos cuidado. *Pop-Up Card Studio*, desarrollado por *Make The Cut, LLC.*, tiene una interfaz más cuidada y de aspecto profesional. A diferencia del anterior, permite la exportación de archivos en .svg, .pdf y .3ds.

La creación de estas herramientas fue posible gracias a las investigaciones en gráficas computacionales de Mitani y Suzuki [04, 10]. En ellas desarrollan los algoritmos que resuelven la construcción de polígonos generales y poliedros de aristas paralelas al eje de giro [8, 12].





Pop-up Card 1.0.1 [9, 38]

Este software fue creado como parte del proyecto de investigación “An interactive design system for pop-up cards with a physical simulation” del departamento NPAL (Non-numerical Processing Algorithms Laboratory) de la Universidad de Tsukuba (Japón), siendo subvencionado por el Programa para el Desarrollo de Soluciones Arquitectónicas TIC.

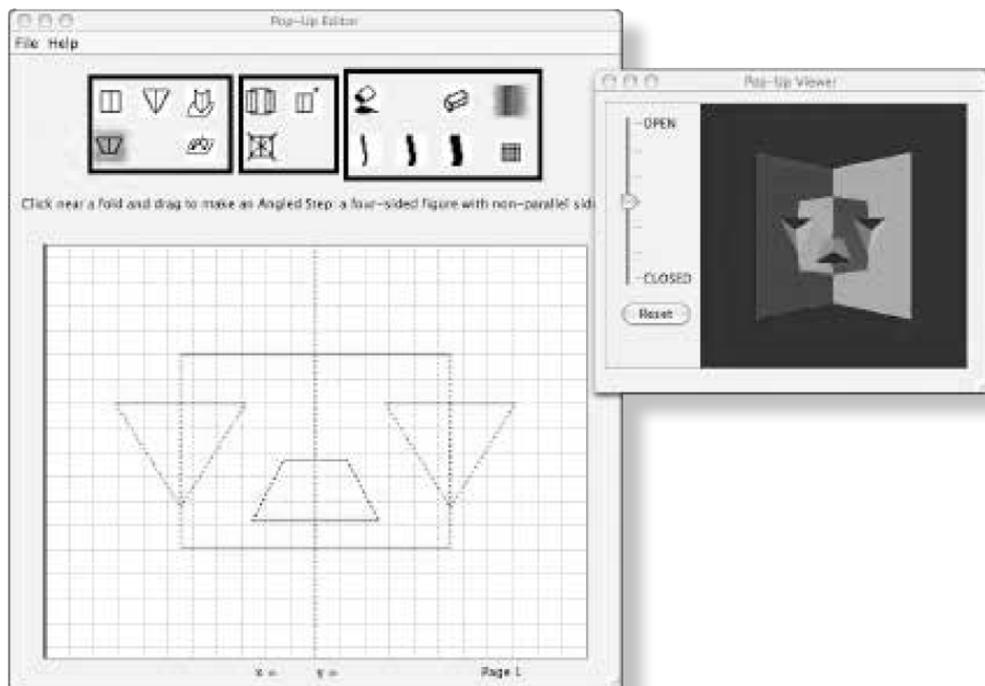
A diferencia de los anteriores permite crear *pop-ups* mucho más complejos, con apertura del plano base a 180° y con ejes de plegadura en diversas direcciones. El programa posibilita combinar distintas plegaduras presentes en su biblioteca y editarlas, facilitando la creación de *pop-ups* relativamente complejos. También simula el plegado, apertura y cierre del *pop-up* detectando colisiones y salientes. Todo esto mediante una interfaz muy intuitiva con gráficos de buena calidad.

Actualmente el programa es de uso libre y se puede descargar en la web de la universidad de Tsukuba [18]

Pop-up Workshop [20]

Este software fue desarrollado por Susan Lee Hendrix como parte de su Doctorado en Ciencias de la Informática por la Universidad de Nebraska. Hendrix se especializa en Ciencias Cognitivas enfocadas al desarrollo de herramientas informáticas de uso escolar. Este ejemplo es una de ellas, ayudando a niños a desarrollar el razonamiento espacial y matemático.

El programa es similar a los dos primeros, teniendo las mismas limitaciones, pero su interfaz está enfocada a un uso infantil.



PROCESO DE CREACIÓN DE UN POP-UP [35]

Con este apartado se pretende dar una visión global del proceso de producción de un libro *pop-up*, describiendo las distintas etapas y las funciones de los agentes implicados en cada una de ellas.

El proceso puede variar dependiendo de la metodología de trabajo de los ingenieros, pero generalmente se siguen los siguientes pasos de forma ordenada, existiendo variaciones dependiendo del proyecto o creador.

Manuscrito

El primer elemento a completar es el manuscrito de la historia a relatar en el libro. El manuscrito será corregido por el editor y una vez se apruebe se enviará a los ingenieros de papel e ilustradores. Este proceso es de duración variable dependiendo del proyecto, desde un mes a un año.

Story board

Se bocetan las ilustraciones que irán en cada página, creando un *storyboard* del conjunto del libro. En esta etapa suelen trabajar en conjunto el ingeniero de papel con el ilustrador, retroalimentándose (figs. 31 y 32).

Lista de *pop-ups* y primeros bocetos

Una vez aprobado el borrador del texto y el *storyboard* se crea una lista de los *pop-ups* a incluir en el libro, en dicha lista se plasman las primeras ideas de lo que podrían llegar a ser los *pop-ups* finales, bocetándolos y pensando en los mecanismos que podría haber detrás de estos para lograr que funcionen (fig. 33).

Prototipos

Una vez la lista ha sido completada comienza el proceso de ingeniería de papel propiamente dicho. En esta etapa se hacen las primeras pruebas y maquetas conforme a las ideas de la lista. Los prototipos se van perfeccionando hasta que se da con un *pop-up* que funcione formalmente.

Tissue tracings o Diseño de tejido

Tradicionalmente, se despegaban todas las piezas usadas en las maquetas y en un papel translúcido se dibujaba su silueta creando así unas plantillas a modo de patrón. Hoy en día, se suelen vectorizar directamente las plantillas con programas como AutoCAD o Illustrator.

White dummy

El patrón se transfiere a cartulina blanca y se crea una primera maqueta finalista, sin incluir texto ni ilustraciones (fig. 34). En caso de incluirlos, será en forma de bocetos a lápiz para que así el editor pueda visualizar fácilmente el aspecto final del libro. Este *white dummy* se envía a la editorial para su aprobación, y será la maqueta que posteriormente se envíe al impresor para que este vea como se dobla y monta el libro de cara a la manipulación y el ensamblado. Esta maqueta es, por tanto, un ejemplar único que se realiza especialmente para mostrar el trabajo a la editorial, y que esta haga las correcciones oportunas, atendiendo al presupuesto de la imprenta.

El proceso del *white dummy* suele ser bastante largo, ya que las editoriales son propensas a efectuar bastantes correcciones, tanto formales como inducidas por el costo de fabricación. En esta etapa se definen la longitud de las lengüetas, qué pun-



Fig. 31. Fragmento del *story board*



Fig. 32. Boceto de la ilustración



Fig. 34. *White dummy*



Fig. 35. *Finished Artwork*

tos necesitan pegamento y en que cantidad, papel a utilizar y calidades del mismo etc.

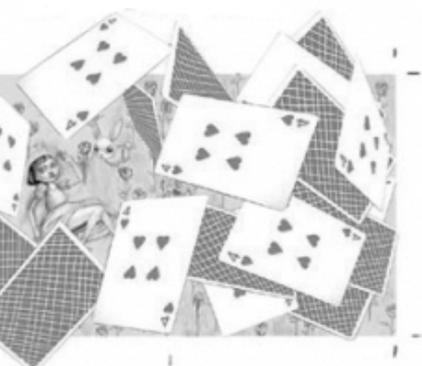
Al final de esta etapa se consigue un prototipo formal finalista, al que por lo general no se le aplicarán más cambios. También se tendrá un presupuesto detallado de los costos de la empresa de ensamblaje. Por lo tanto, los agentes que se ven envueltos serían: la imprenta, el ingeniero y la editorial. El ingeniero haciéndose cargo de la parte creativa, la imprenta de la materialización y la editorial del control de costes y diseño.

Die lines o líneas de troquel

Los patrones de los *white dummies* aprobados se vectorizan para crear las plantillas definitivas que se usaran para cortar las piezas de los *pop-ups* finales.

Finished artwork

Los ilustradores adaptarán los bocetos del *story board* a la geometría del *white dummy*, diseñando los fondos de página por una parte y los dibujos de las piezas



35. Boceto del pop-up



36. Nesting y troquelado



Fig. 37. Libro terminado

móviles por otra, generalmente coloreados por ambas caras. El ilustrador debe tener en cuenta que el resultado final será una pieza tridimensional, por lo que deberá ajustarse a los cortes y dobleces, sombras y colores dependiendo de la localización de la pieza en el espacio (fig. 35). Una vez finalizado se digitalizan las ilustraciones incluyéndolas en el archivo con las *die lines*.

Nesting

La empresa manufactura o el ingeniero organizan las piezas desplegadas de *pop-up* en pliegos del tamaño de la plancha de impresión que se vaya a utilizar. Cada pliego contendrá el mayor número de piezas posibles de tal forma que se reduzca a mínimos el desperdicio de papel (fig. 36). En esta fase se debe de tener en cuenta la dirección principal de la fibra del papel, ya que, al ser un material anisotrópico, la resistencia y durabilidad del pop-up dependerá de la dirección de los planos y dobleces en relación a la de la fibra.

Una vez se ha finalizado el proceso de *nesting* y las ilustraciones, el texto y el *white dummy* han sido aprobadas por la editorial y el autor, se envían los archivos digitalizados, el prototipo y las instrucciones detalladas de montaje a la imprenta.

Los archivos se componen de los pliegos de fondo y los “anidados”, todos ellos con texto, ilustraciones y líneas de corte en distintas capas.

Preimpresión

Una vez la imprenta ha recibido toda la documentación, será evaluada para dar un presupuesto definitivo. A raíz de este presupuesto la editorial podrá proponer cambios, normalmente referentes a la simplificación o eliminación de *pop-ups* para abaratar costes. Aprobados los cambios, se crea un prototipo final en blanco, un último *whyte dummy*. En él se testan los materiales y formas definitivos, pero aún no se incluye el entintado.

Preparación para la Impresión: Ferros u Ozálidas:

Las **ozálidas** representan uno de los pasos básicos llevados a cabo en todos los procesos de impresión editorial. Se trata de una impresión en menor calidad de los pliegos del libro, con el papel e ilustraciones que se usarán en la versión final. Esta última prueba sirve al editor para examinar el resultado final del producto impreso y verificar que las páginas estén en orden, las imágenes bien encuadradas y cortadas, que no falte ninguna fuente, y que aparezcan todos los elementos en el sitio adecuado.

En el caso de los libros *pop-up*, los ferros no sólo sirven para comprobar la idoneidad de la impresión y maquetación, sino que se utilizan para montar una última maqueta tridimensional llamada *mockup*.

El proceso para la impresión de las ozálidas o ferros sería el siguiente:

1. La imprenta produce los fotolitos a partir de los archivos digitales enviados. “Un fotolito es, en impresión *offset*, huecograbado, serigrafía o tampografía, el cliché (negativo) que reproduce la imagen o la tipografía, sobre película o soporte transparente o translúcido como puede ser el acetato o el poliéster.” [31]
2. Posteriormente, se montan los fotolitos en unos acetatos llamados **astralones** y se imprimen unas primeras pruebas, las ozálidas. Estas, son en esencia fotocopias obtenidas al montar los fotolitos del negro más los de otro color, generalmente azul o amarillo.
3. Las ozálidas se envían a la editorial plegadas y cortadas a la medida de la página, para que este pueda hacer una última revisión, como se ha mencionado anteriormente.
4. Una vez aprobadas las ozálidas, el editor las devuelve a la imprenta. El impresor insolará, es decir, reproducirá el contenido de los astralones mediante procesos fotográficos, en unas planchas sensibilizadas que después se montan en los cilindros porta-planchas de las impresoras. Al entintarse las planchas, se reproducen las imágenes en otro cilindro forrado de caucho, y éste las reproduce en el papel, el cual es presionado a la vez por otro cilindro inferior. Actualmen-

te el sistema actual de impresión es del tipo *offset*, es decir, es indirecto por lo que la plancha de impresión no toca el papel. [39]

El impresor procurará reproducir fielmente el color de las ilustraciones originales y que el negro de los textos siempre tenga la misma intensidad. Para ello se sirve de unas “tiras de control” impresas generalmente en la parte alta de la hoja, y con un densitómetro controla la cantidad de tinta que llega a las distintas caras de página.

5. Una vez terminado este proceso satisfactoriamente, la imprenta entregará los siguientes elementos a la editorial.
 - Un juego plegado y cortado a medida para que produzca el efecto de estar ya encuadernado, con o sin los *pop-ups* montados en él. [39]
 - Un juego sólo enrollado para repasar mejor toda la impresión, especialmente aquella de las caras interiores.
 - Un pliego entero de cubiertas impreso (normalmente en un pliego se imprimen varias cubiertas) para revisar si el color es el adecuado y comprobar si todas las cubiertas reproducidas en la hoja tienen las mismas tonalidades.

En escasas ocasiones se procede a hacer una prueba a color, aunque solo suele ser rentable para tiradas muy grandes, a partir de 30.000 copias.

Con la invención de los *plotters* algunas imprentas han empezado a hacer este *mookup* impreso en vez de serigrafado, aun así, no es lo recomendable ya que esto impide usar el papel y tintas definitivos.

Impresión

Una vez se ha aprobado el presupuesto final y se han hecho los cambios oportunos, se procede a la realización de los astralones definitivos y a la impresión en rotativas de *cuatricomía offset*, como cualquier libro tradicional. También se imprimen las planchas que contienen las piezas “anidadas”.

El proceso de impresión de estos libros tiene un coste bastante más elevado que el de un libro normal, por lo que las tiradas deben de ser al menos de 10.000 copias para que se cubran costes.

Troquelado

Una vez se han impreso todos los pliegos sujetos a ser troquelados, estos se someten a un proceso de corte. Existen dos métodos:

- Troquelado mecánico o tradicional: Se procede a crear un troquel personalizado para cada plancha. El troquel consiste en una tabla de madera en la que se incrustan las matrices, unas cuchillas metálicas con la forma de las piezas a

cortar. La matriz se diseña de tal forma que las piezas recortadas no se desprenden del pliego, quedando sujetas a este por algunos puntos. De esta forma no existe la posibilidad de pérdida de piezas. Con ayuda de prensas hidráulicas y usando troqueles mecánicos se pueden troquelar un gran número de pliegos al mismo tiempo, lo que disminuye el tiempo de troquelado exponencialmente, en especial en tiradas grandes.

- Cortadora láser. Con este tipo de máquina se obtienen resultados mucho más precisos, aunque el tiempo empleado y coste es muchísimo mayor. Por este motivo sólo se usan para piezas que requieran un nivel de detalle muy grande o en libros de artista, que pueden asumir un coste más alto.

Desguace

Se separan y clasifican a mano todas las piezas troqueladas de los pliegos desechando el material sobrante.

Montaje o ensamblaje

Los libros se montan completamente a mano, requiriendo de 500 a 2.000 trabajadores [07], razón por la cual hay muy pocas empresas capacitadas para la producción de *pop-ups*, y éstas se localizan en países del sur global donde la mano de obra es mucho más barata, generalmente en China. Por lo general suelen producir este tipo de libros empresas especializadas en *pop-ups*, que combinan imprenta con cadena de montaje.

En el proceso de ensamblaje, las piezas troqueladas y desguazadas pasan por una cadena de montaje en la que cada operario se hace cargo de una doblez distinta. Los capataces o ingenieros de papel que pueda tener la empresa en plantilla deciden el orden de la cadena y pasos a seguir para el montaje correcto de los *pop-ups*, teniendo como referencia el *white dummy* que se les envió.

El trabajo producido en dichas cadenas pasa por un exhaustivo control de calidad ya que cualquier error milimétrico en el plegado o pegado puede arruinar el funcionamiento del *pop-up*.

Encuadernado

Cuando se han montado todos los *pop-ups* estos se insertan en los pliegos que los contienen, para posteriormente pegarlos entre ellos y encuadernar el libro en su conjunto.

MATERIALES USADOS ACTUALMENTE

Los materiales básicos que intervienen en un *pop-up* son dos: El papel y el adhesivo. A continuación, se describen las características que deben tener estos para un correcto funcionamiento del *pop-up* y asegurar su durabilidad en el tiempo.

Papel

El papel es el soporte básico de la industria gráfica, ya sea para producir libros, postales u otros elementos que puedan contener *pop-ups*. Se fabrica a partir de la celulosa extraída de fibras madereras, vegetales o sintéticas. “Esta celulosa se mezcla con carga (para darle volumen), pigmentos (para otorgarle lisura y microporosidad en alguna de sus capas) y aditivos (para modificar las características físicas del papel y que tenga un buen comportamiento en máquina). Todo ello para obtener la pasta, que puede ser mecánica (sin aditivos, como para el papel de prensa y cartoncillo por ejemplo), o química (tratada químicamente para blanquearla, como en los papeles *offset* y estucados) a partir de la cual se obtendrá el papel, ya sea en hojas o bobinas de papel continuo.” [7]

De la aplicación o no de estos aditivos resultarán papeles con características distintas (gramaje, formato, dirección y longitud de la fibra, acabado, texturizado etc.) En la fabricación de *pop-ups* se usa un tipo de papel similar al de la fabricación de envases, caracterizado por tener una fibra muy corta, lo que permite que al doblarse y desdoblarse continuamente este no se rompa fácilmente. Por lo general el papel utilizado será una cartulina estucada de 250 o 300 gr/m².

Adhesivo

Los adhesivos pueden tener distintos soportes químicos, Los principales sistemas son:

- Base de agua (líquidos),
- Los sistemas en base de disolvente (líquidos),
- Los *hot melts* (100% sólidos y que se aplican por calor)
- Los sistemas reticulados UV (aplicados con radiación ultravioleta).

En *pop-ups* el pegamento utilizado suele ser cola blanca de papel estándar, aunque dependerá de la empresa de ensamblaje.

TIPOS DE MECANISMOS DE PAPEL

Existen muchas formas de clasificación para los mecanismos de papel vinculados a libros móviles, desde la cantidad de piezas empleadas hasta el ángulo de apertura del pliego. Aun así, parece conveniente establecer una clasificación en base a el tipo de mecanismo empleando en sí, atendiendo principalmente a su cualidad bidimensional o tridimensional. Cabe mencionar que cualquiera de estos mecanismos puede ser combinado con el resto y formar parte del mismo libro móvil.

MECANISMOS BIDIMENSIONALES

Son elementos planos y normalmente de construcción sencilla, por lo general producen efectos de movimiento o transformación de la imagen. Los mecanismos suelen estar ocultos bajo el plano base, escondiendo la relación entre el elemento móvil y el accionable. Pueden necesitar de la acción del lector para ser activados, o activarse al abrir el pliego que las contiene; al contrario que en los mecanismos tridimensionales, esto no afecta a su morfología.

Solapa (*Flap*)

Es la forma más simple de mecanismo, y como ya se ha visto, también fue la primera en aparecer. Consiste en una pieza plana de papel fijada a la página base por uno de sus extremos, que, al elevarse desvela una ilustración, *pop-up* o texto.

Tipos de solapas:

- Apertura en cascada o *waterfall*: Al tirar de una lengüeta, pasar página o mediante otra acción, varias solapas se levantan secuencialmente.
- Solapa de borde de página o *gatefold*: El borde de un pliego se dobla sobre sí mismo por lo que al desdoblarse aumenta el tamaño de la página.
- Imagen combinada, *pêle-mêles*, *mix-and-match* o *turn-up*: Conjunto de solapas contiguas que permiten, dependiendo de cual se levante, crear distintas ilustraciones a partir de la combinación de las distintas solapas.

Lengüeta (*pull-tab*)

Es un mecanismo usado ampliamente para activar otros mecanismos o generar movimiento. En ocasiones las lengüetas pueden ir ocultas y estar unidas a la página opuesta del pliego, de tal forma que al abrirlo se acciona el mecanismo al que están unidas. Las lengüetas pueden causar movimientos directos, por ejemplo, al tirar de la lengüeta hacia la derecha el objeto al que está unido se mueve hacia la derecha. También, los mecanismos pueden ser más elaborados, compuestos de un sistema de articulaciones, poleas o palancas, que generan todo tipo de movimientos.

Ruleta (*volvelle o revolving picture*)

Disco de papel que se fija a la página puntualmente en su centro mediante un elemento que permite la rotación de la pieza entorno al mismo. Dicho elemento puede estar formado por un remache, una pieza lineal, como un hilo, o un pivote de papel. Un pivote es un mecanismo de giro formado por un disco de papel ubicado bajo la página base. A este disco se le hacen cuatro incisiones localizadas en dos diámetros perpendiculares, dejando el centro sin troquelar. Dos de las cuatro pestañas resultantes atravesarán la página base a través de un orificio ejecutado con anterioridad y se pegarán a la ruleta, las dos pestañas restantes se dejan libres permitiendo el giro.

Troquel (*die-cut o cut-out*)

Perforaciones en la página con una forma determinada que dejan ver algunos elementos de la página siguiente. Mediante la superposición de planos troquelados se puede crear una ilusión de tridimensionalidad.

Imágenes Disolventes

Es un tipo de mecanismo que, accionado por una ruleta o una lengüeta, causa que una imagen oculta sustituya a la visible anteriormente. Este efecto se consigue al tener la imagen superior una serie de incisiones por las que sobresale y se superpone la imagen oculta al accionar el mecanismo.

MECANISMOS TRIDIMENSIONALES

Son los mecanismos que adquieren una tercera dimensión sobre la superficie de la página, ya sea de forma automática (*pop-up*) o por mediación y manipulación del lector (*accionables*).

Automáticos o *Pop-Ups*

“Figura o ilustración que cuando se activa, se eleva automáticamente y en tres dimensiones por encima del nivel de la página. Puede tener mayor o menor grado de complejidad, pudiendo ser observados desde todos los ángulos o puntos de vista, y crea estructuras volumétricas que se pliegan sobre sí mismas al cerrar el libro. La

apertura de la página produce la energía necesaria (energía cinética) para que esta estructura tridimensional autoeréctil se despliegue, volviendo a su condición plana al cerrarla. Estos mecanismos se construyen de 1 pieza o con añadidos de papel u otros materiales, pegados y plegados mediante dobleces paralelos entre sí o en ángulo, y ensamblados también de forma paralela o en ángulo respecto al lomo del libro o a la línea central de la página base.” [7]

De Una Pieza

Es el tipo de *pop-up* más básico, en él las figuras tridimensionales están formadas a partir de cortes y plegados de una sola pieza de papel, de tal forma que no se añade ni pega ningún plano accesorio al pliego base. Los cortes son normalmente perpendiculares al eje de plegadura principal, obteniéndose pliegues paralelos u oblicuos a éste dependiendo de la longitud de los mismos. Estos *pop-ups* están pensados para observarse cuando el pliego está abierto a 90°, ya que a 180° el mecanismo quedaría plano. Por esta razón, no suelen ser usados en libros, y en caso de serlo será bajo solapas en vez de estar vinculados al plano base.

Multipiezas

Son los *pop-ups* más utilizados en libros y se componen de diversas piezas añadidas al plano base. Por lo general se diseñan para observarse cuando el plano base está abierto a 180°, aunque también existen ejemplos a 90°. Los primeros, están formados por ciertas figuras básicas a las que se van añadiendo otras piezas de papel para así aumentar su complejidad. En cambio, los de apertura de 90° siguen el mismo sistema que los de una pieza, pero añadiendo más planos y consiguientemente incrementando su complejidad. En la parte II del trabajo se describen detalladamente las figuras básicas de mayor importancia.

Accionables

Son elementos que adquieren su tridimensionalidad característica mediante la acción del observador, que deberá de intervenir para accionarlos y de nuevo para desactivarlos. Existen accionables de todo tipo, desde elementos plegados sobre si mismos, que deben de ser desplegados por el lector, hasta construcciones tridimensionales que el observador puede montar y desmontar.

PARTE II

Esta segunda parte del trabajo consta de un análisis gráfico de los distintos *pop-ups* básicos, es decir, aquellos que al combinarse o modificarse mínimamente, pueden formar cualquier *pop-up*, independientemente de su complejidad formal.

Se comienza identificando estos tipos básicos, tomando como referencia las plegaduras básicas contempladas en el libro “The Elements of Pop-up” de D. A. Carter y J. Diaz, añadiendo algunas que dichos autores no contemplan. Tras la identificación de las plegaduras base se procede a la creación de una ficha por plegadura, conteniendo cada una de ellas: un análisis gráfico del movimiento de la figura en distintos grados de apertura del plano, una breve descripción en texto, y el dibujo de las piezas necesarias para su montaje.

Las fichas se dividen en tres grupos:

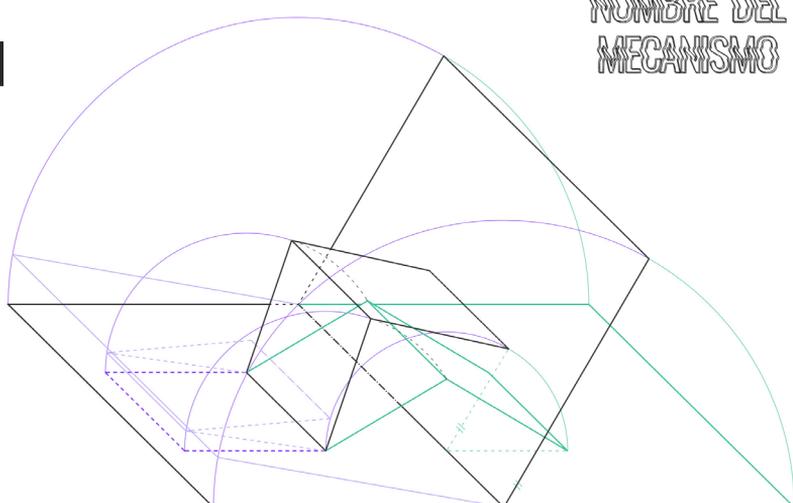
- Las dos primeras describen *pop-ups* que requieren de un giro del plano base a 90° para poder ser observados.
- Las seis siguientes, analizan los *pop-ups* cuya doblez principal es paralela y que requieren de un giro del plano base a 180° para poder ser observados.
- Las cinco últimas, analizan los *pop-ups* que requieren de un giro del plano base a 180° para poder ser observados, y cuya doblez principal es oblicua con respecto al eje de giro.

El objetivo principal de esta segunda parte es comprender el funcionamiento formal y geométrico de las distintas plegaduras analizadas, comprendiendo las transformaciones geométricas que experimentan los planos que los conforman. De esta forma, y una vez entendido su funcionamiento, se podría construir cualquier *pop-up* a través de su combinación o modificación.

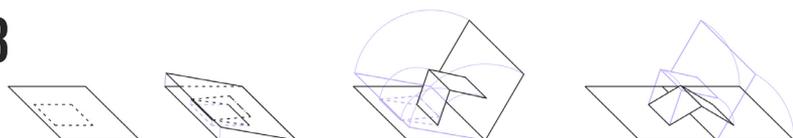
En la página siguiente se muestra un desglose de estas fichas, con objetivo de comprender y facilitar su lectura.

LECTURA DE LAS FICHAS

1



3



4

Este tipo de *pop-up* más básico, en él las figuras tridimensionales están formadas a partir de cortes y plegados de una sola pieza de papel, de tal forma que no se añade ni pega ningún plano accesorio al pliego base. Los cortes pueden ser perpendiculares al eje de plegadura o en ángulo, obteniendo resultados distintos.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

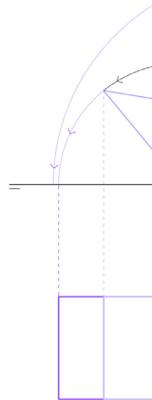
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

Paralelas al plano y oblicuas al eje

2



5



NOMBRE DEL MECANISMO

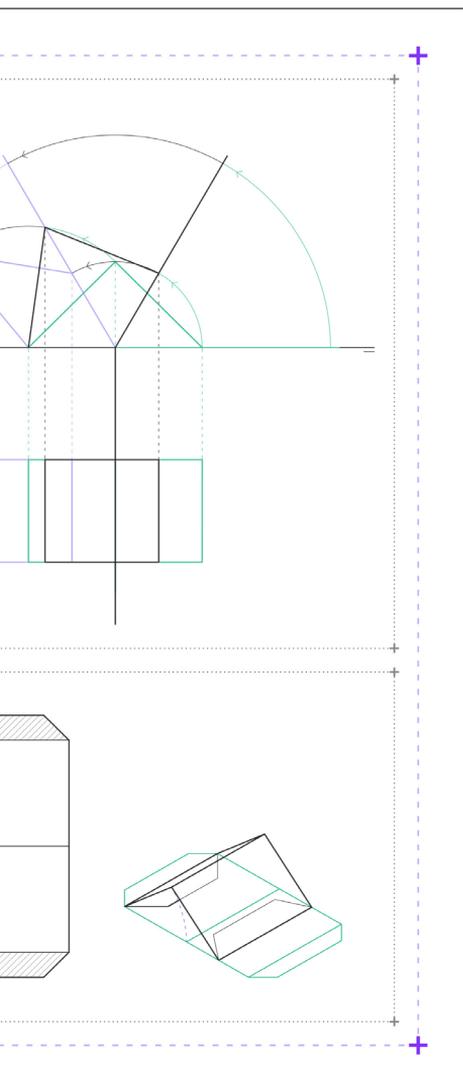
3 Serie de cuatro axonometrías, que a modo de fotogramas, describen el recorrido que efectúan los distintos elementos del *pop-up* en cuestión. Simplifica y sirve como apoyo a la *figura 1*. En violeta se representa el “fotograma” anterior y en negro el actual.

4 Breve explicación y descripción del mecanismo de forma escrita.

5 Descripción gráfica del proceso de ensamblaje del *pop-up* y plantilla de las piezas necesarias para construirlo

Leyenda pl

- Línea
- Línea
- - - Línea
- ▨ Apl
- ▨ Apl
- ▨ Apl



Plantillas figura 5

- Línea de corte
- Línea de plegado en montaña
- Línea de plegado en valle
- Línea de pegamento por ambas caras
- Línea de pegamento por el anverso
- Línea de pegamento por el reverso

1 Análisis gráfico de las transformaciones que experimentan los planos que conforman el *pop-up*, mediante la proyección axonométrica del mecanismo a tratar.

El *pop-up* se representa en cuatro estados:

Estado accionado abierto a 180° o 90° .

Transición 1 abierto a 120° o 60°

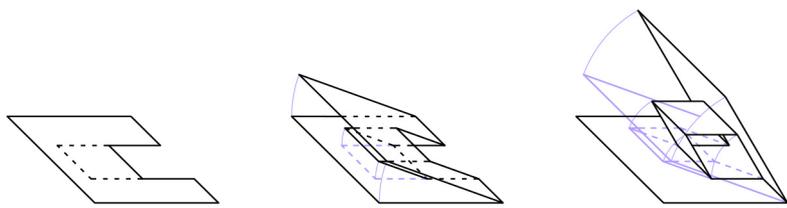
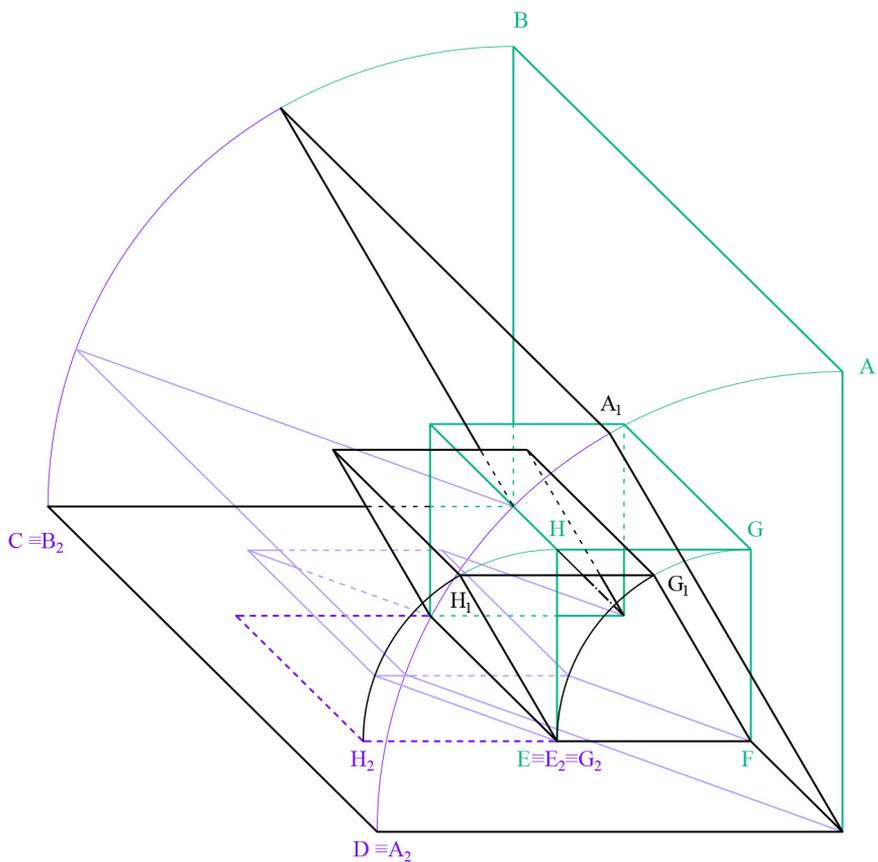
Transición 2 prácticamente cerrado, siendo el ángulo entre los dos planos bases igual o menor de 30° .

Estado en reposo los planos base forman un ángulo de 0° , es decir son coincidentes.

El estado de *transición 2* se representa con el objetivo de facilitar la comprensión de las transformaciones espaciales que experimenta el *pop-up*, es por ello, que no se nombran sus puntos, y en los mecanismos más complejos se simplifica el dibujo, para no entorpecer la lectura.

2 Análisis geométrico, en este caso haciendo uso de la proyección diédrica. Al igual que en el *dibujo 1* se representa al *pop-up* en los cuatro estados descritos anteriormente.

Leyenda figuras 1 y 2		
	Estado accionado	Color
	Transición 1	
	Transición 2	
	Estado de reposo	
	Arista vista	Trazado
	Arista oculta	
	Línea auxiliar	
	Línea de proyección	
	Eje de plegadura oculto	



Es el tipo de *pop-up* más básico, en él las figuras tridimensionales están formadas a partir de cortes y plegados de una sola pieza de papel, de tal forma que no se añade ni pega ningún plano accesorio al pliego base. Los cortes pueden ser perpendiculares al eje de plegadura o en ángulo, obteniendo resultados distintos.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

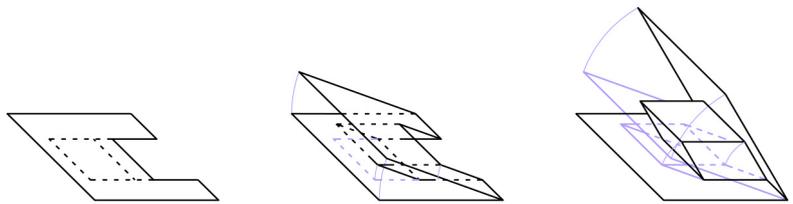
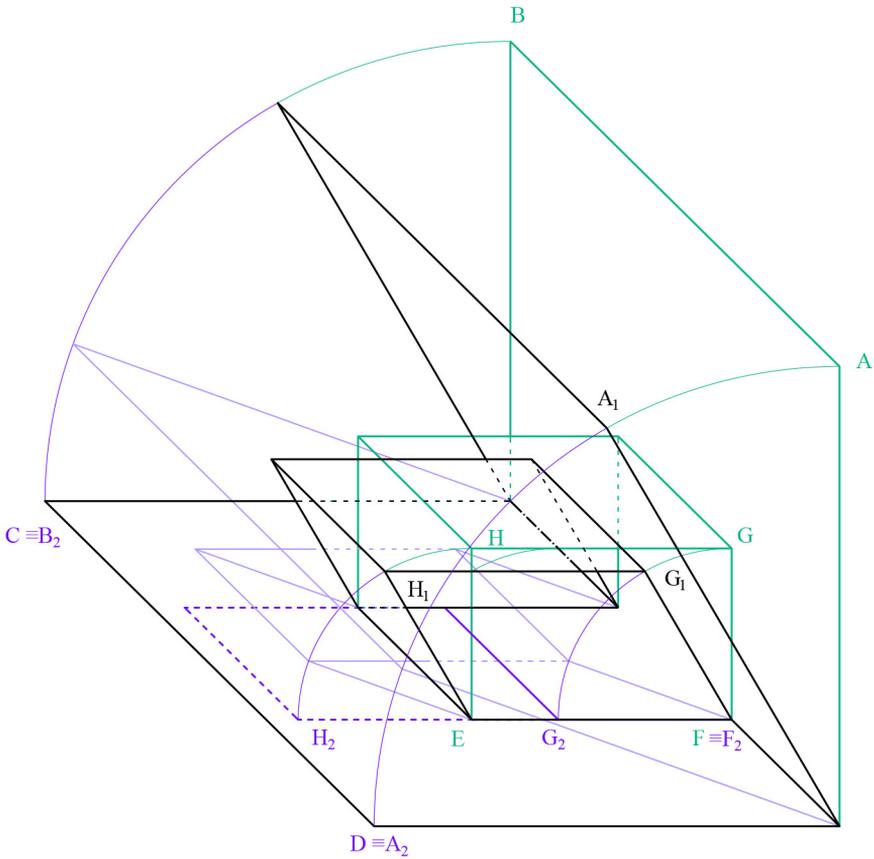
nº de planos

nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

Paralelas al plano y oblicuas al eje



Deriva de la modificación de la plegadura anterior "tienda simétrica 90°", ampliando uno de los planos que conforman el *pop-up*. Modificando esta plegadura, se consiguen planos a distintas profundidades y alturas, que combinándolos permiten la creación de diversos diseños. Se puede crear con una sola pieza de papel o pegando la pieza sobre la matriz.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

n° de planos

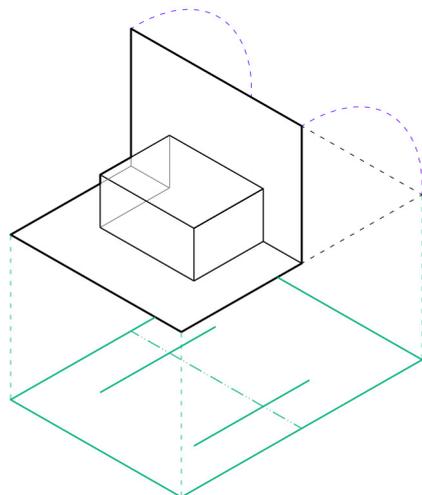
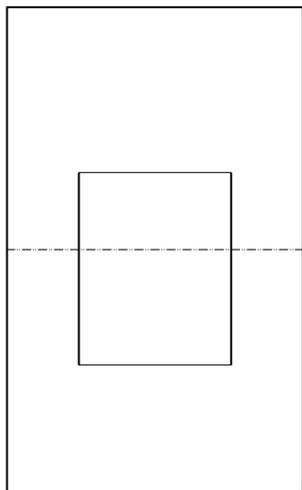
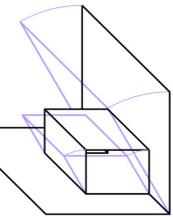
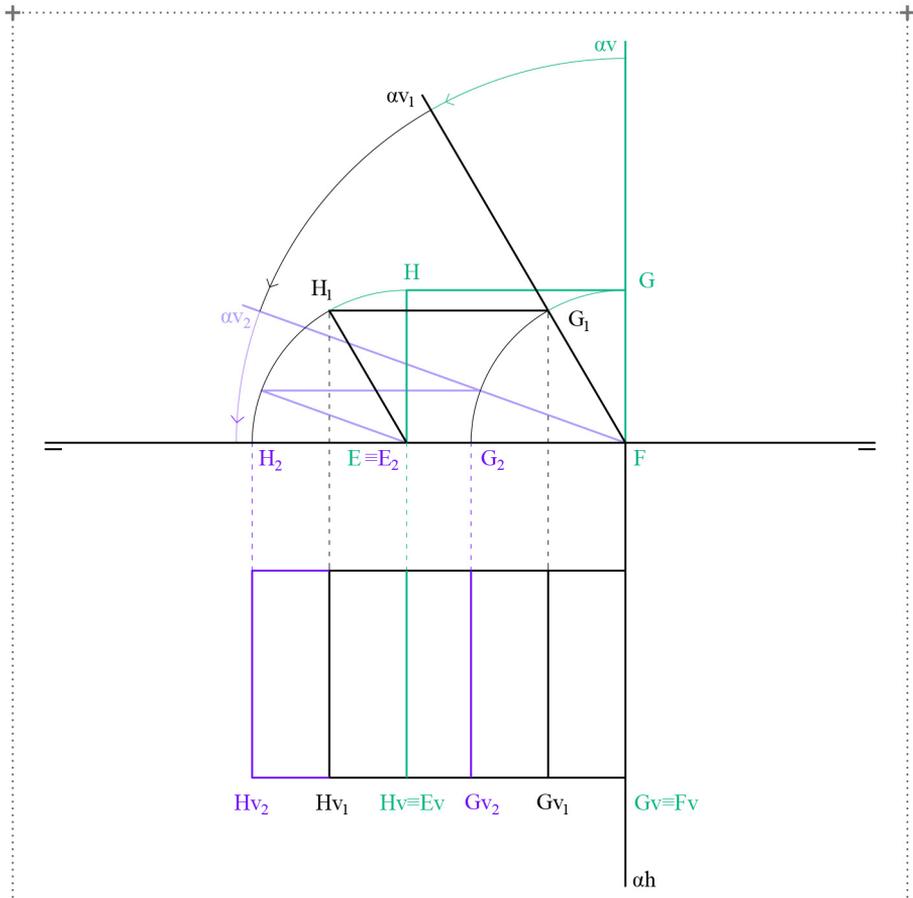
n° de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

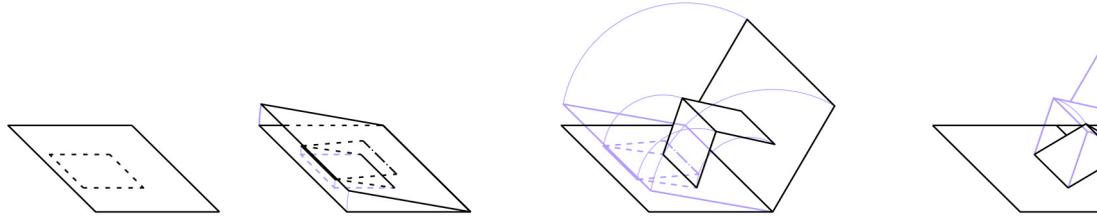
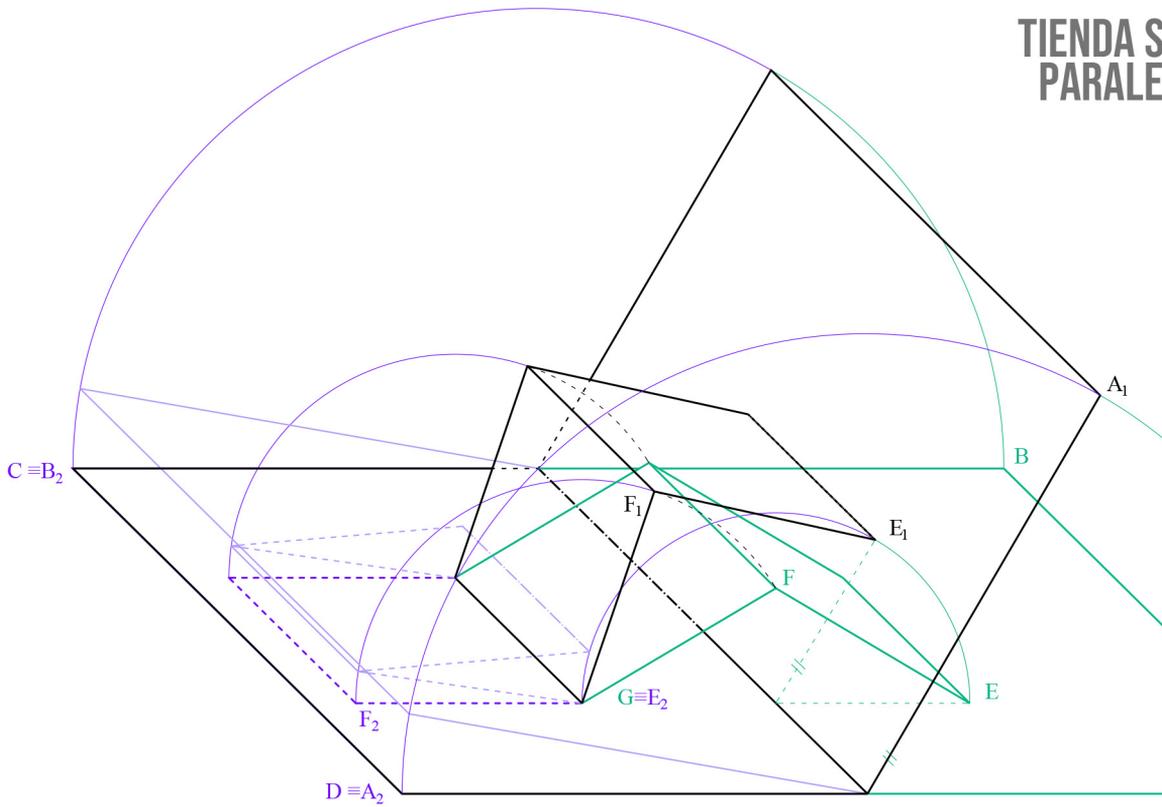
Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 02
SIMÉTRICA
0°



Paralela

- 2
- 3
- 3
- 0
- 0



Esta figura constituye el tipo más básico de *pop-up* a 180°. Se compone de un plano rectangular plegado a la mitad, de forma que se crea una suerte de tienda. Por lo general, la pestaña contenida en el plano base izquierdo, se insertará en el plano base a través de un troquelado para impedir que se despegue.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

n° de planos

n° de dobleces

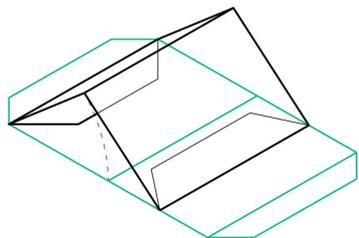
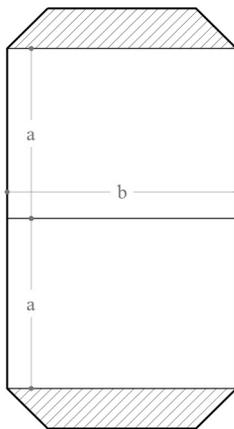
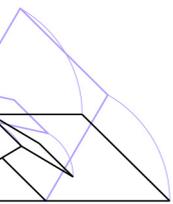
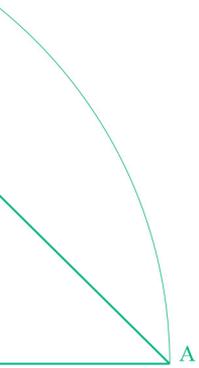
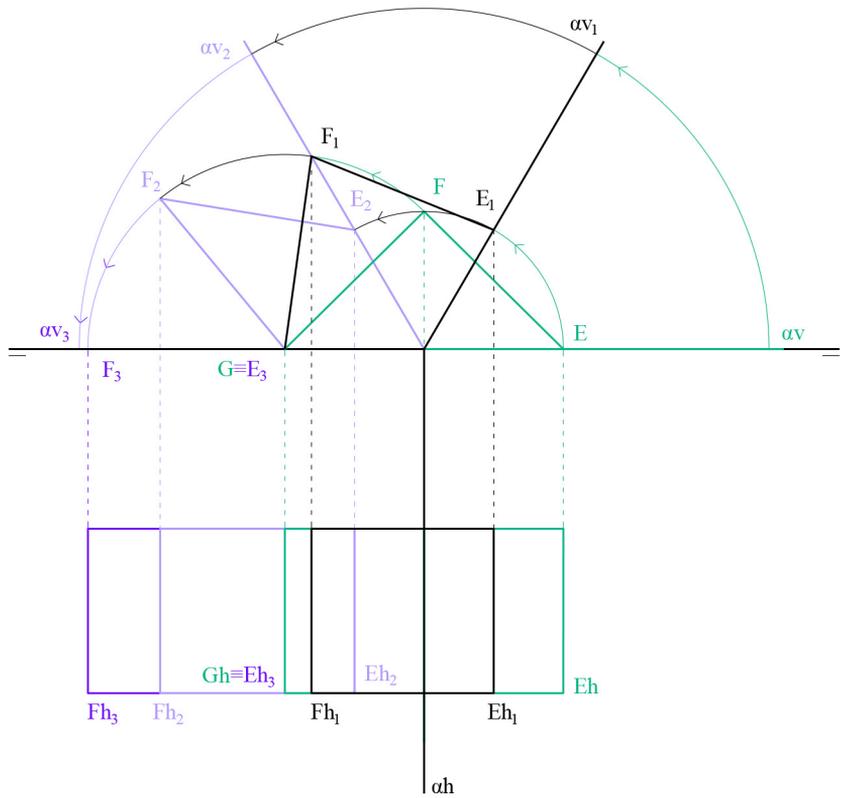
Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 03

IMÉTRICA LA 180°



Paralela

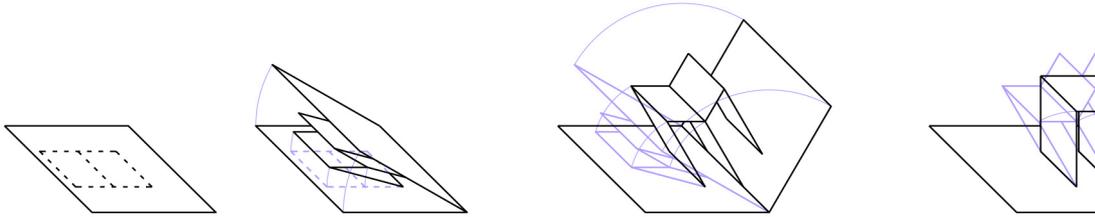
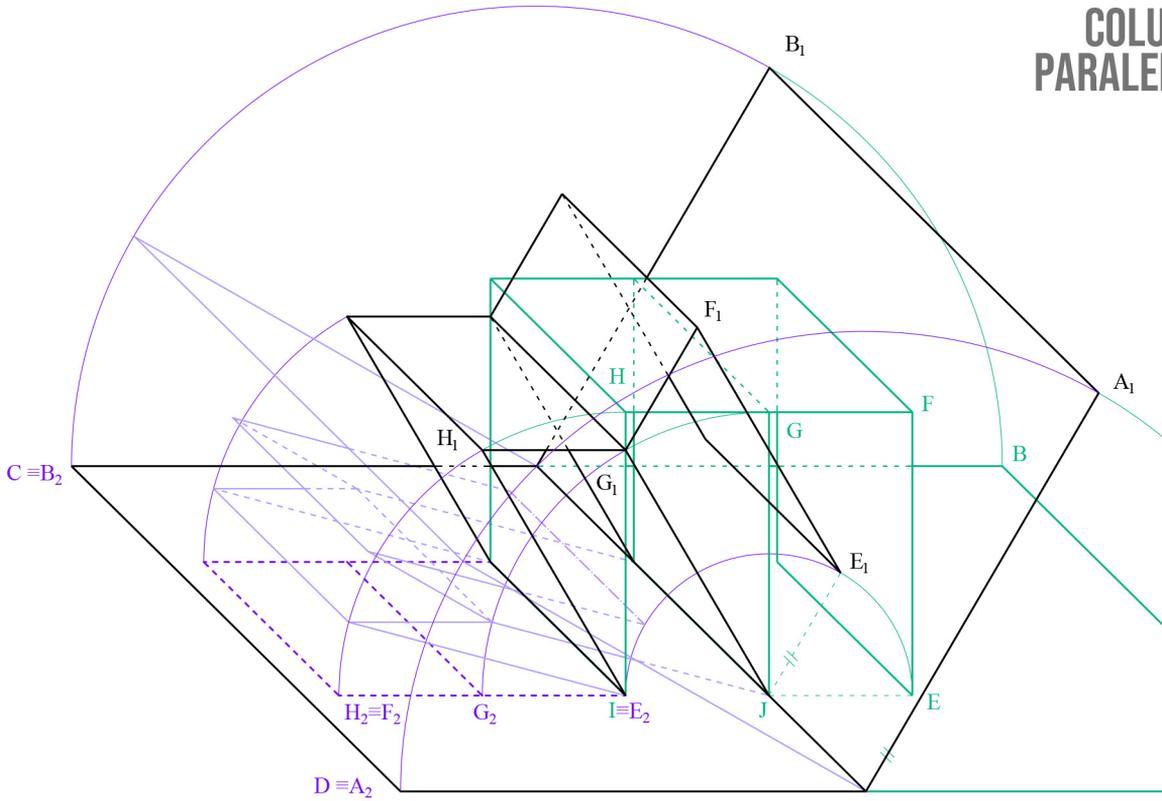
2

3

3

0

0



Esta pieza es base para los pop-ups por capas flotantes, en ellos funciona como apoyo de otros planos, permitiendo la creación de planos paralelos al base y separados de este una altura (b). Se basa en el concepto de tubo, una forma de añadir rigidez al *pop-up* sin añadir nuevos materiales (consultar glosario).

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

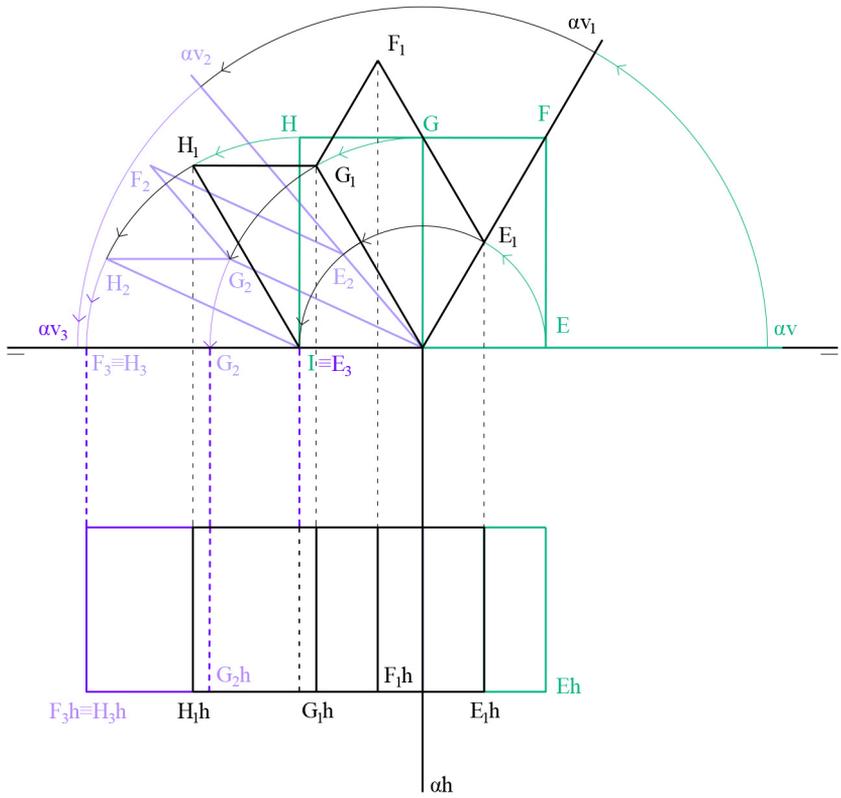
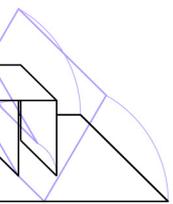
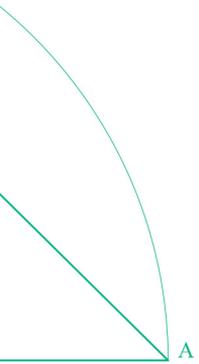
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

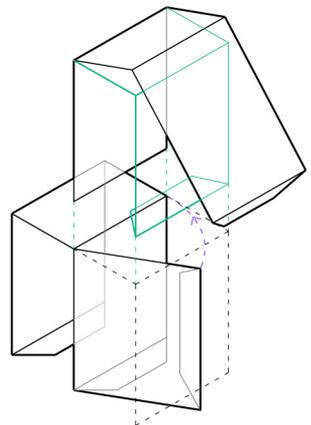
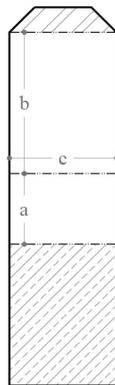
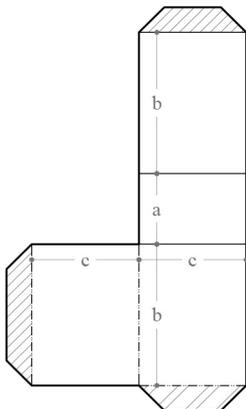
Paralelas al plano y oblicuas al eje

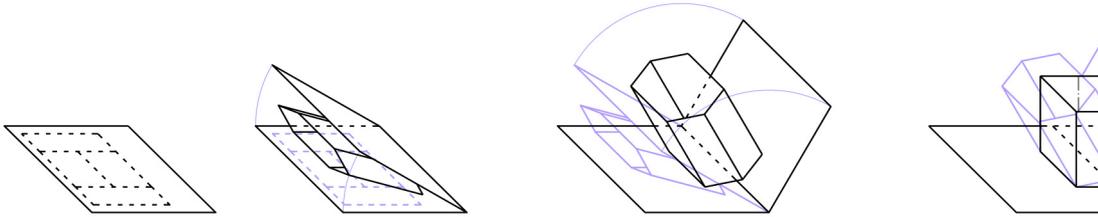
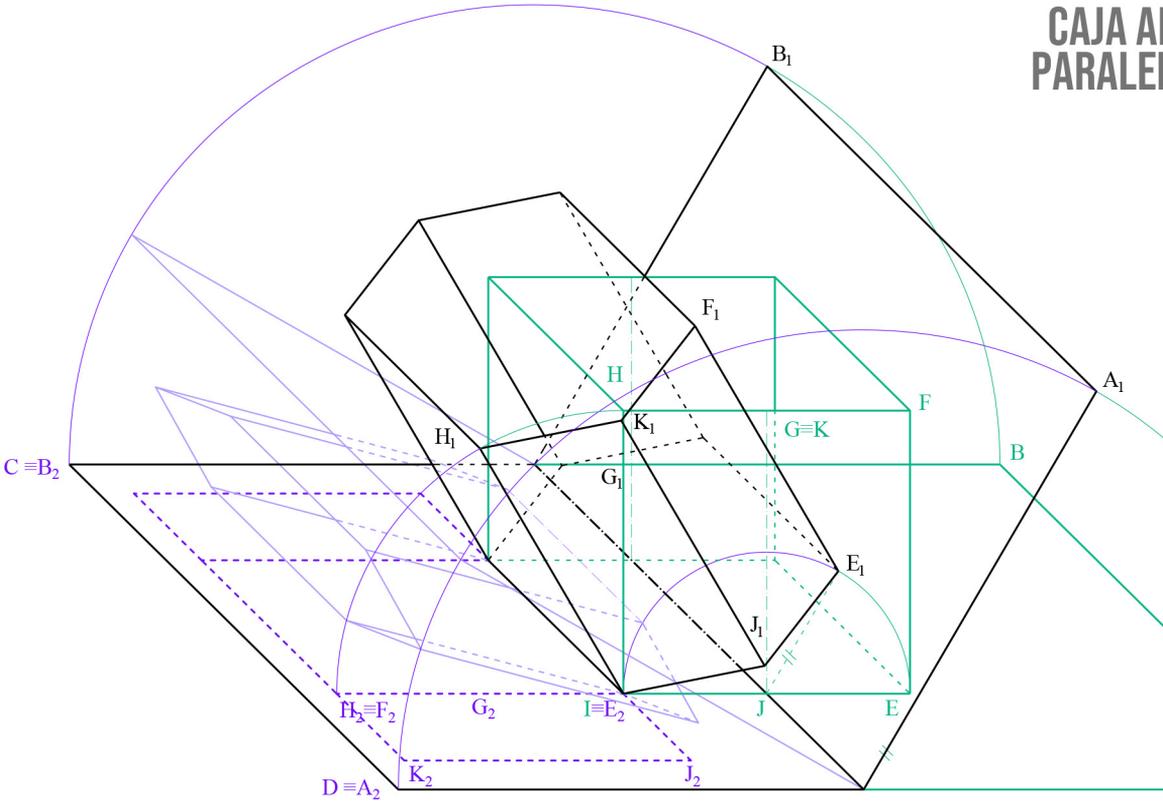
a 04
 IMNA
 LA 180°



Paralela

- 5
- 6
- 6
- 0
- 0





Este *pop-up* permite crear una caja abierta, y de él se derivan otros *pop-ups* como pueden ser los prismas con distintas bases, o los prismas con tapa. Los dobleces K-J se pueden hacer en valle o montaña, es decir pueden plegarse hacia dentro o hacia afuera (en esta ficha se representan hacia afuera).

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

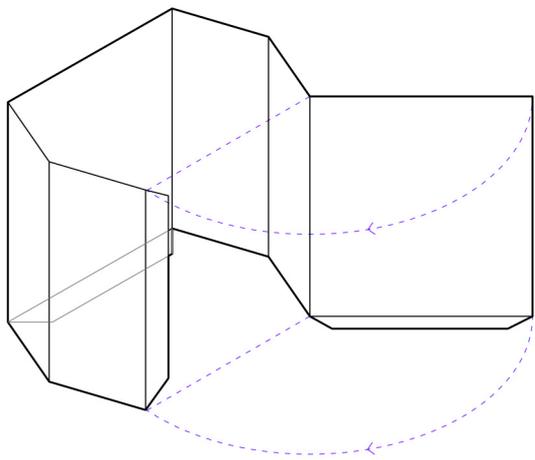
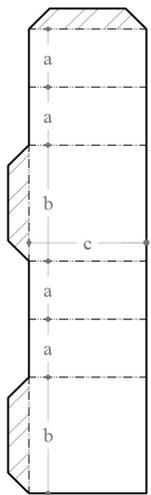
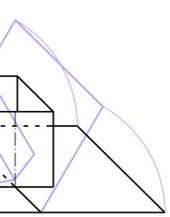
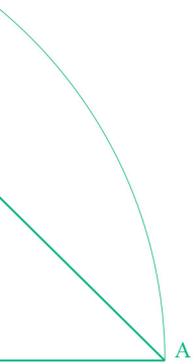
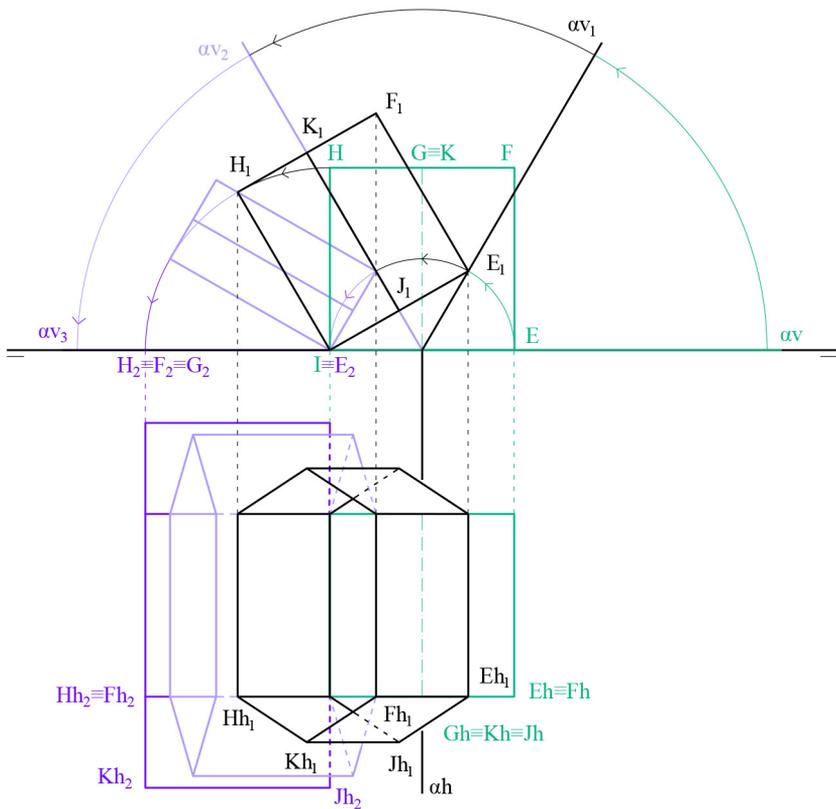
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

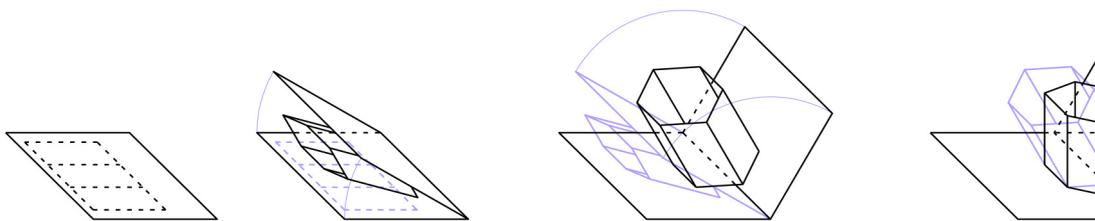
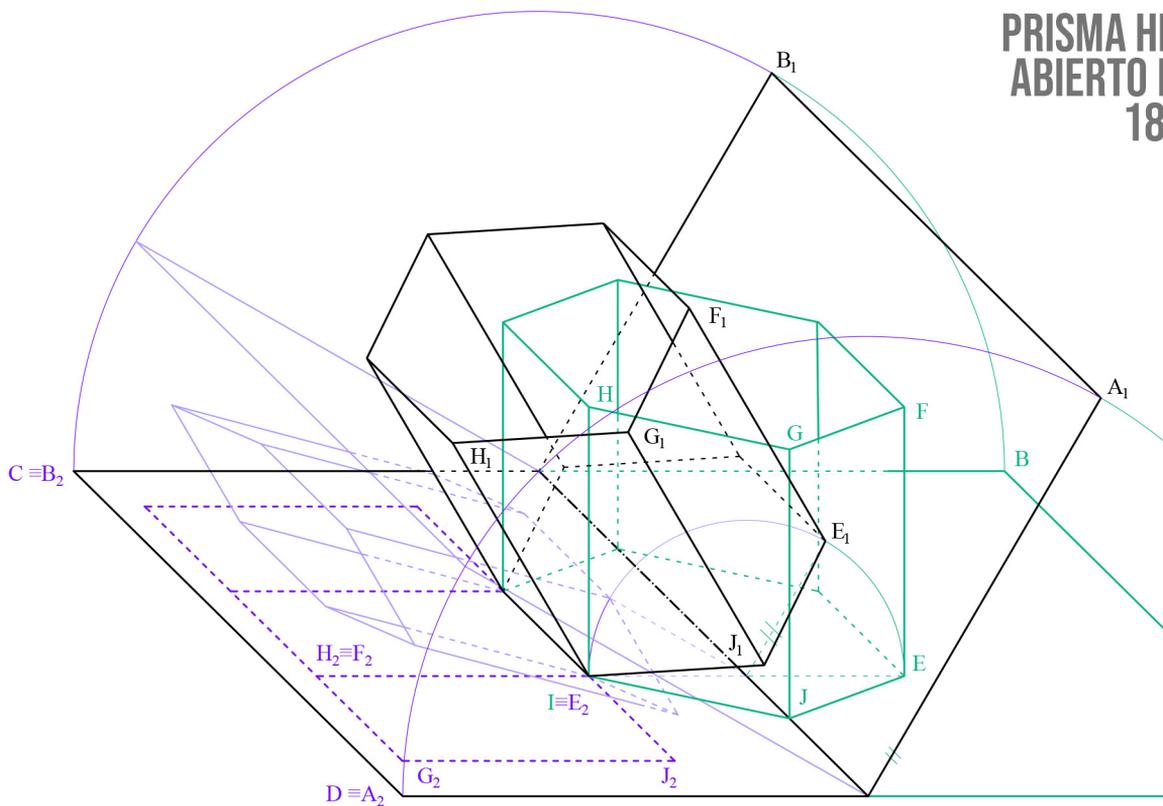
Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 05
BIERTA
LA 180°



Paralela

- 9
- 8
- 6
- 2
- 0



Este *pop-up* deriva de la caja abierta paralela (consultar ficha anterior). Funciona de la misma manera, formando en este caso, un prisma regular de base hexagonal. Siguiendo los principios representados en esta ficha y la anterior, se podría diseñar cualquier prisma de base regular.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

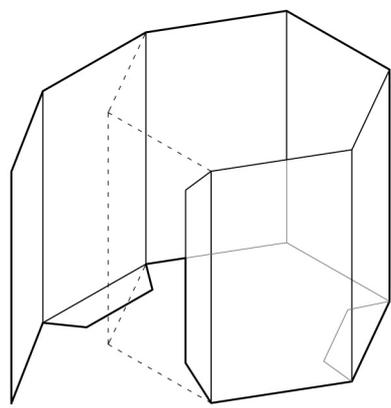
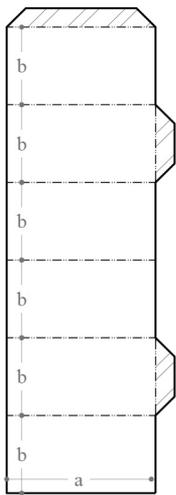
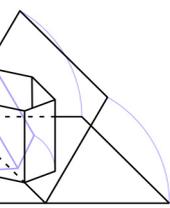
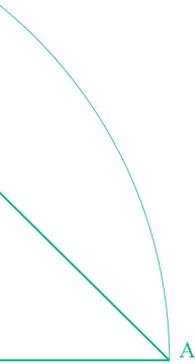
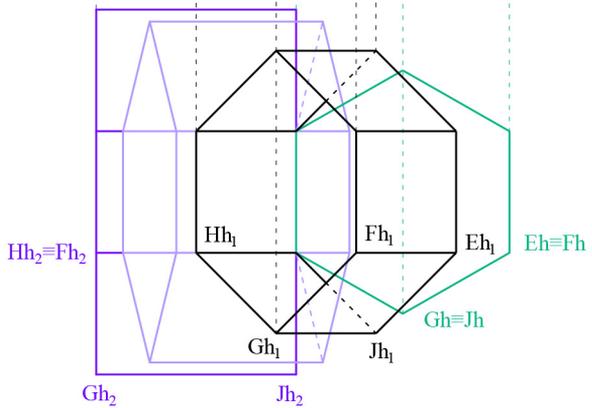
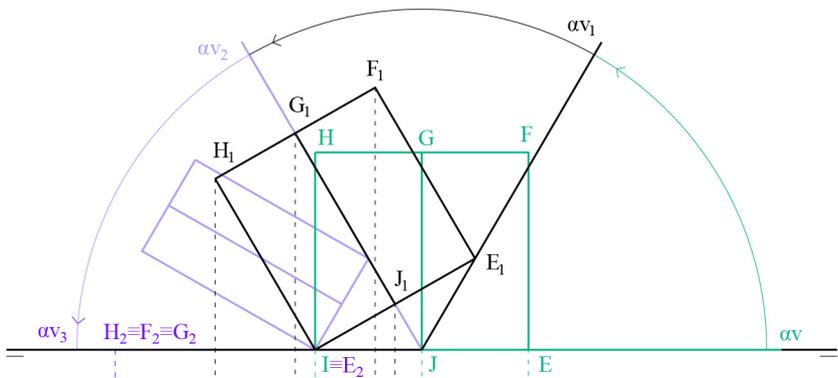
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

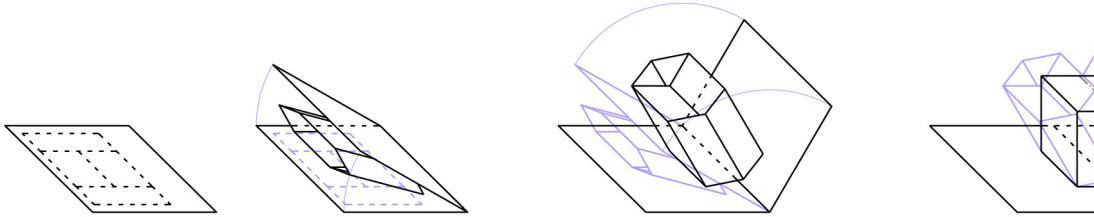
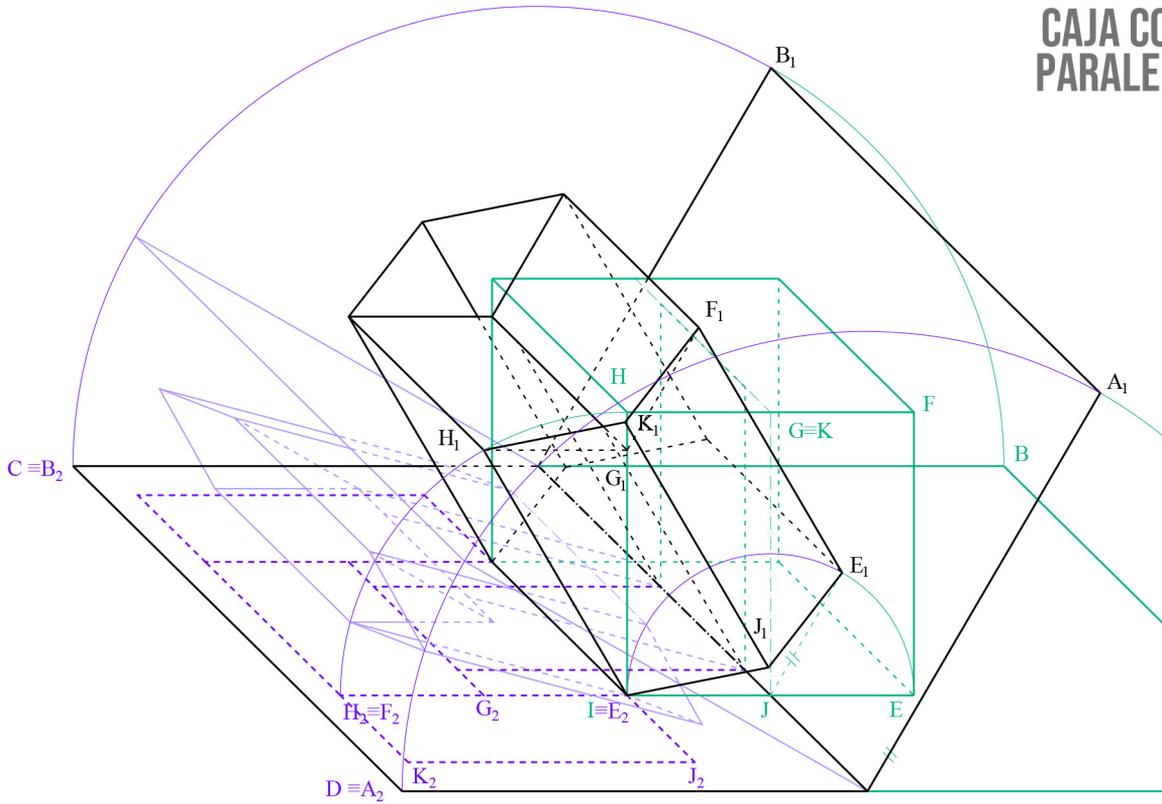
Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 06
 HEXAGONAL
 PARALELO
 0°



Paralela

6
8
2
6
0



Este *pop-up* deriva de la caja abierta paralela (consultar fichas anteriores). Partiendo del *pop-up* "caja abierta paralela" se le añade una tapa. Dicha tapa añade estabilidad a la construcción, al limitar el movimiento de los planos que la componen. Creando así un *pop-up* rígido que se puede usar como base de otros.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

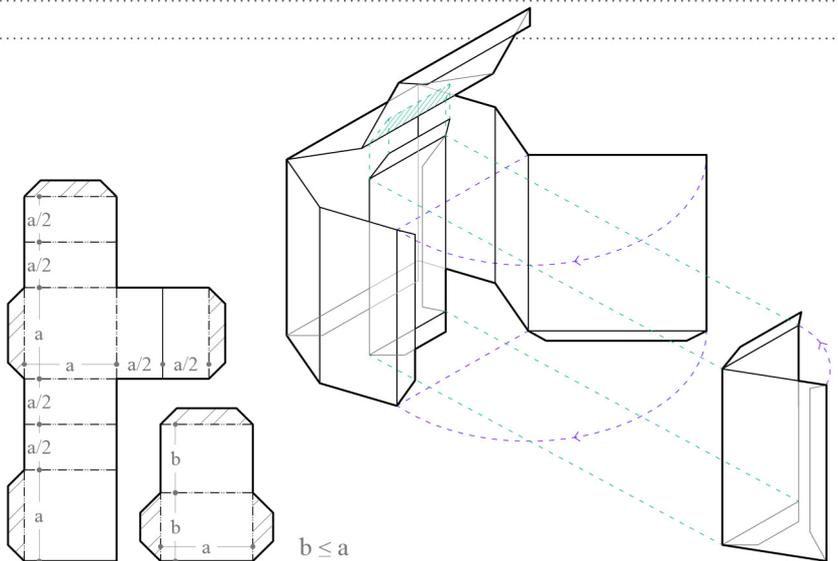
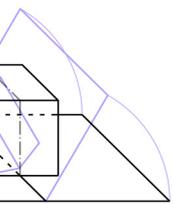
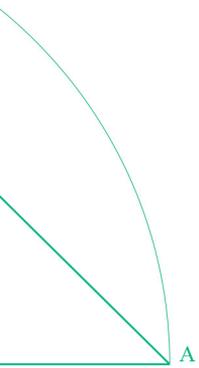
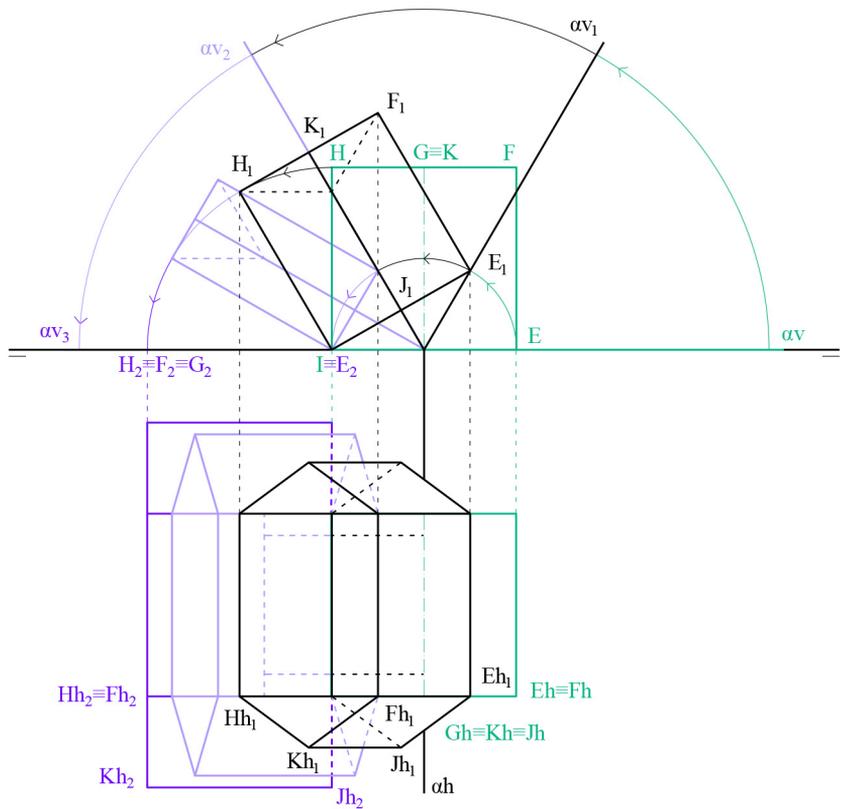
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 07
ON TAPA
LA 180°



Paralela

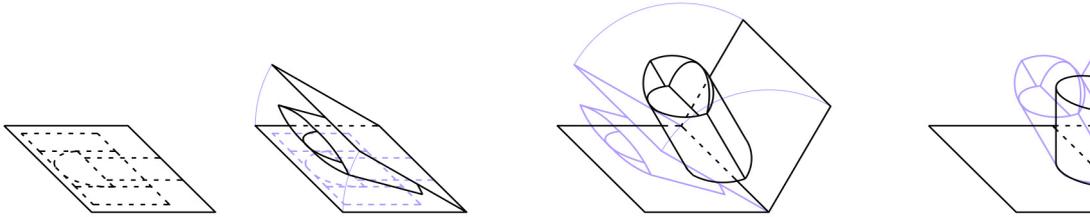
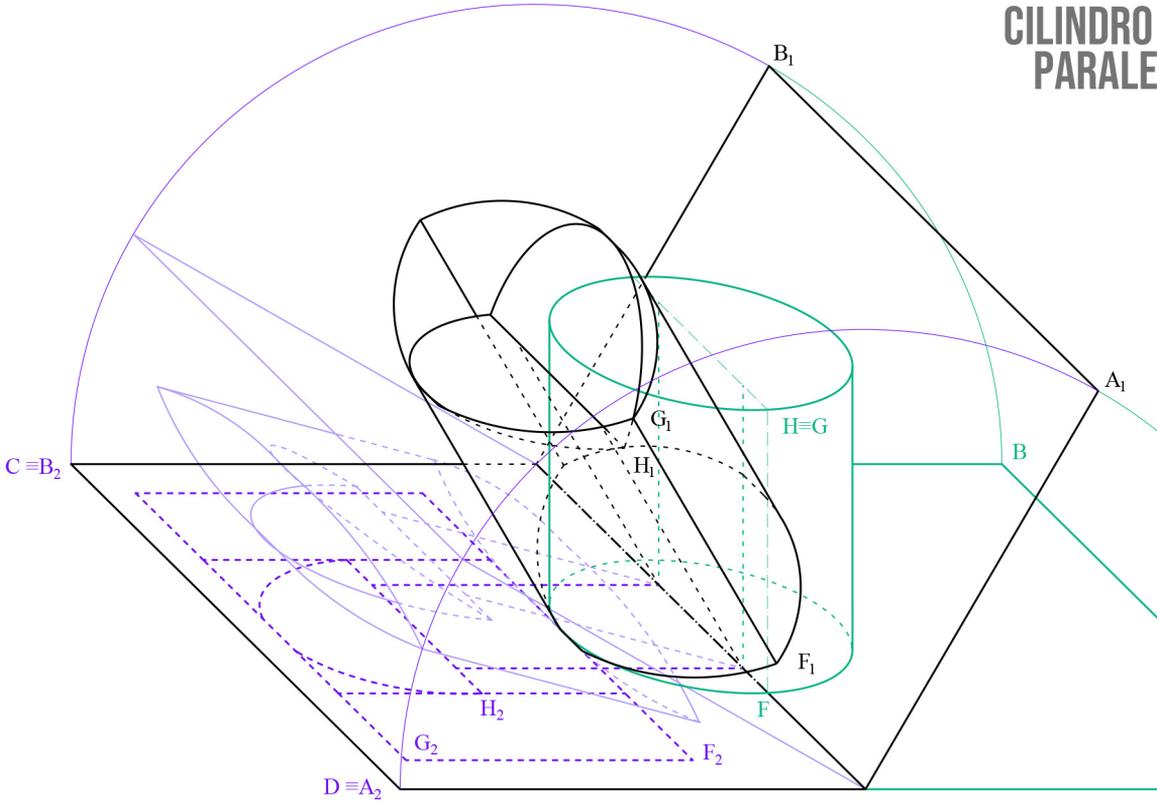
8

11

5

6

0



Este *pop-up* funciona de la misma manera que el "cubo paralelo", y al igual que éste podría diseñarse también sin tapa. Otros *pop-ups* prismáticos pueden ser tapados con la misma técnica, añadiendo un tubo que conecte el eje de plegadura de la tapa con el del plano base. La tapa, a su vez, debe de estar unida al tronco del prisma por dos puntos (doblecés).

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

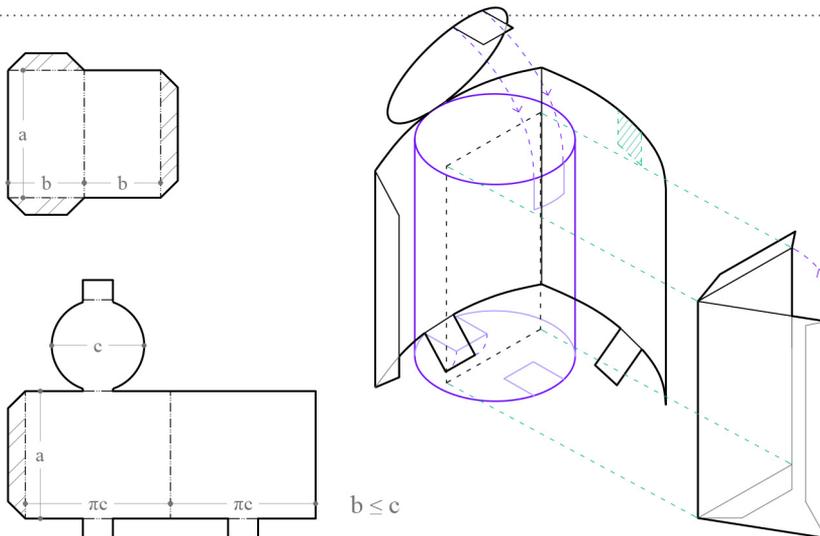
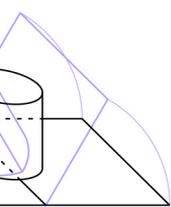
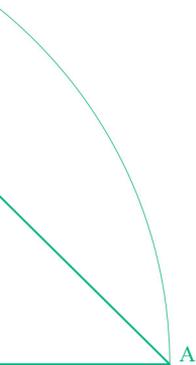
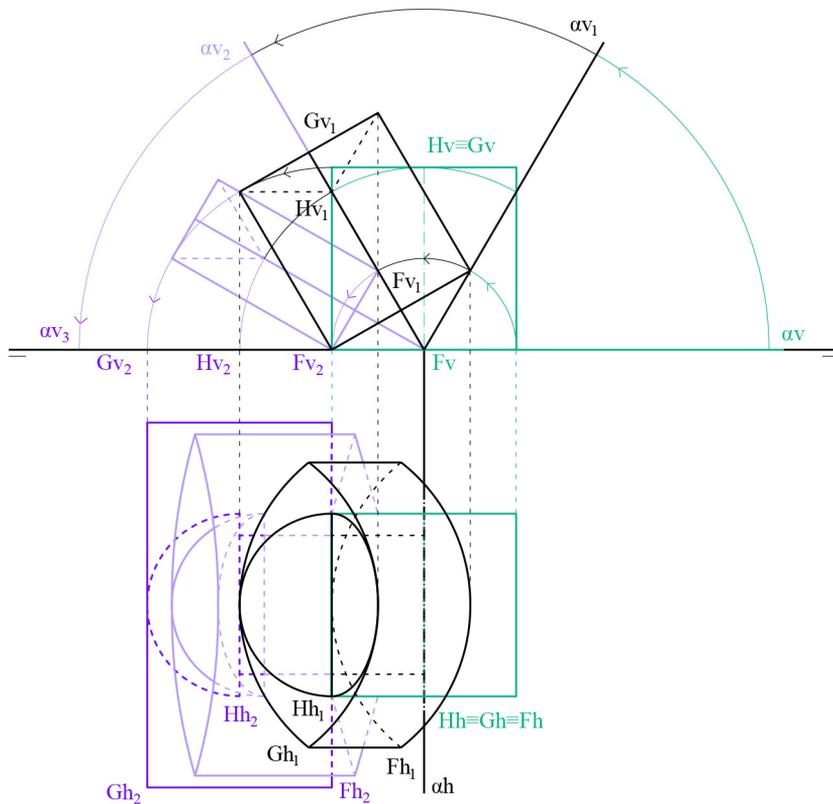
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

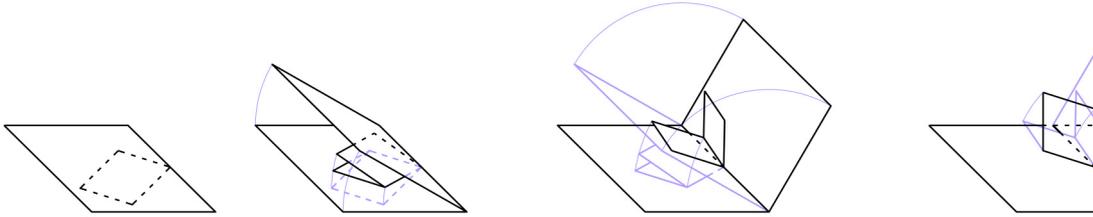
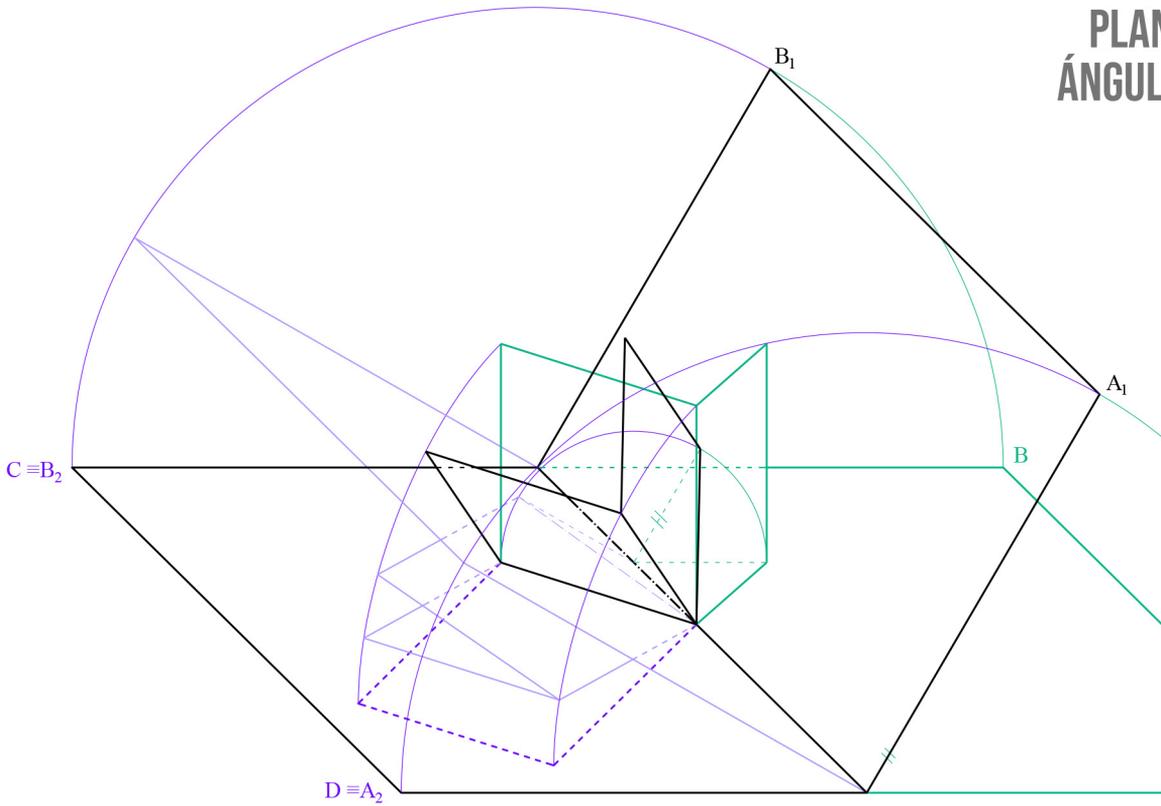
Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 08
 CON TAPA
 LO 180°



Paralela

- 4
- 7
- 5
- 2
- 0



Esta figura constituye el tipo más básico de *pop-up* con doblez en ángulo. Está formado por un plano doblado a la mitad y unido al plano base de tal forma que los dobleces están en ángulo con el lomo interior. Cuanto más cercano sea este ángulo a 90° más abierto quedará al abrirse.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

n° de planos

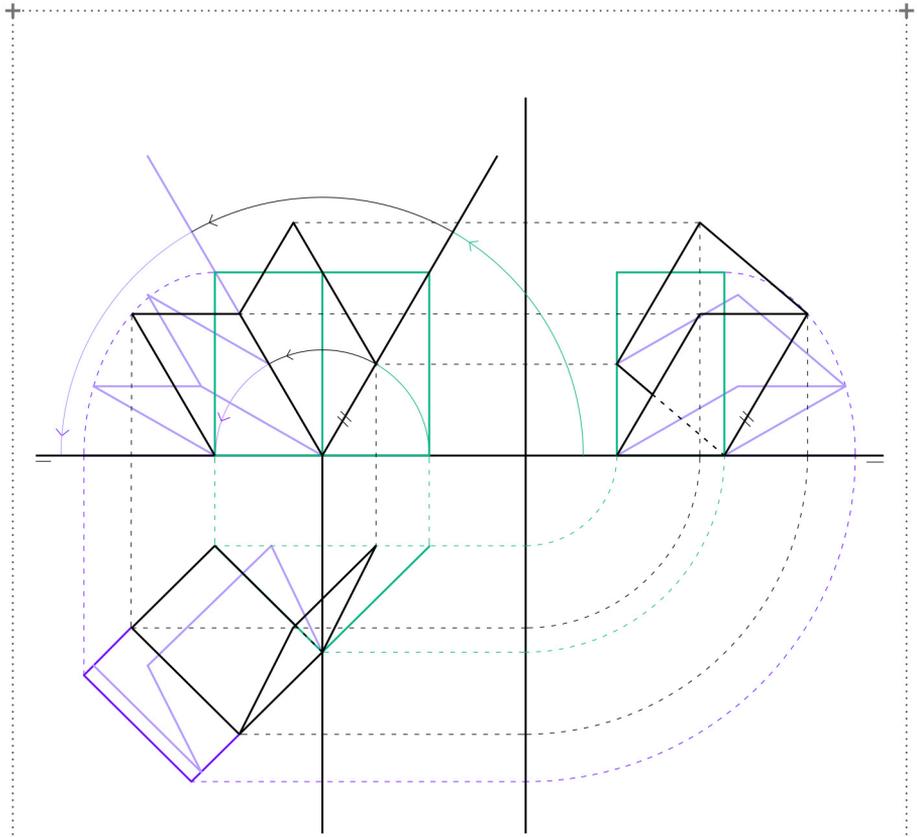
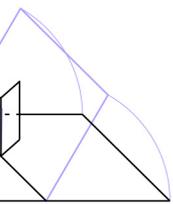
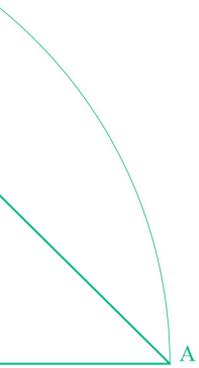
n° de dobleces

Paralelas al eje

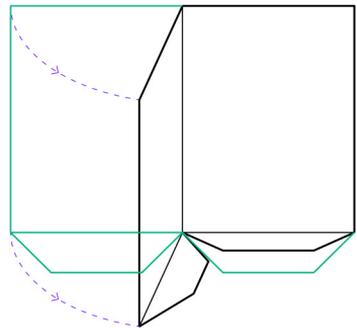
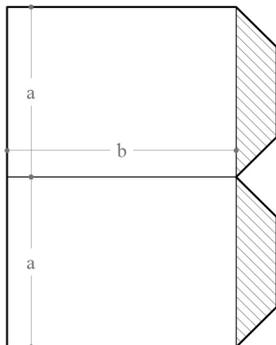
Perpendiculares al plano

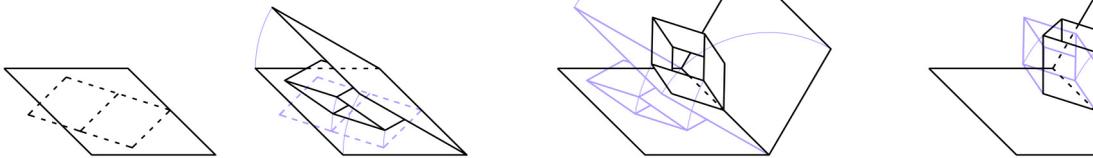
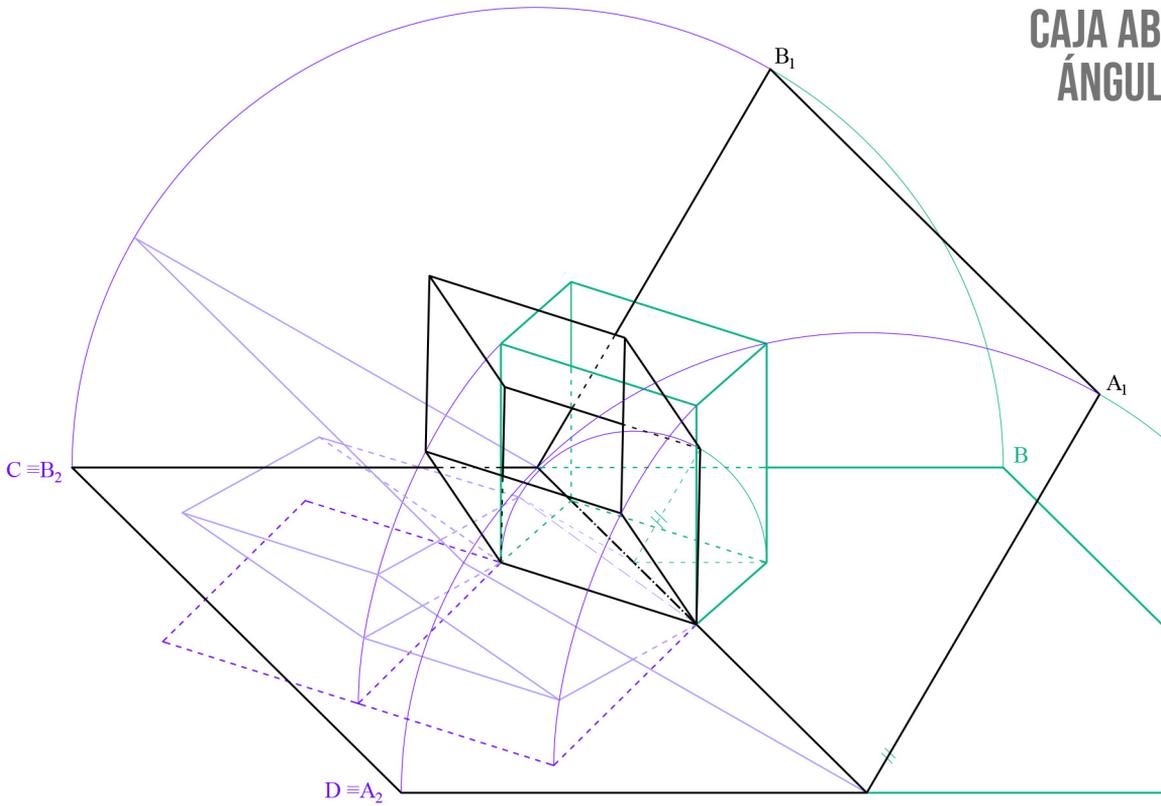
Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 10
 NO EN
 O 180°



- Oblicua
- 2
 - 3
 - 0
 - 1
 - 2





Esta figura está unida a la página en un ángulo de 45° , de esta forma se crea un prisma de base cuadrada abierto. Si se modifica éste ángulo, resultará un prisma de base rectangular. La diagonal de la base coincidirá con el lomo interior (eje de plegadura).

Dirección de la doblez principal respecto del eje

n° de planos

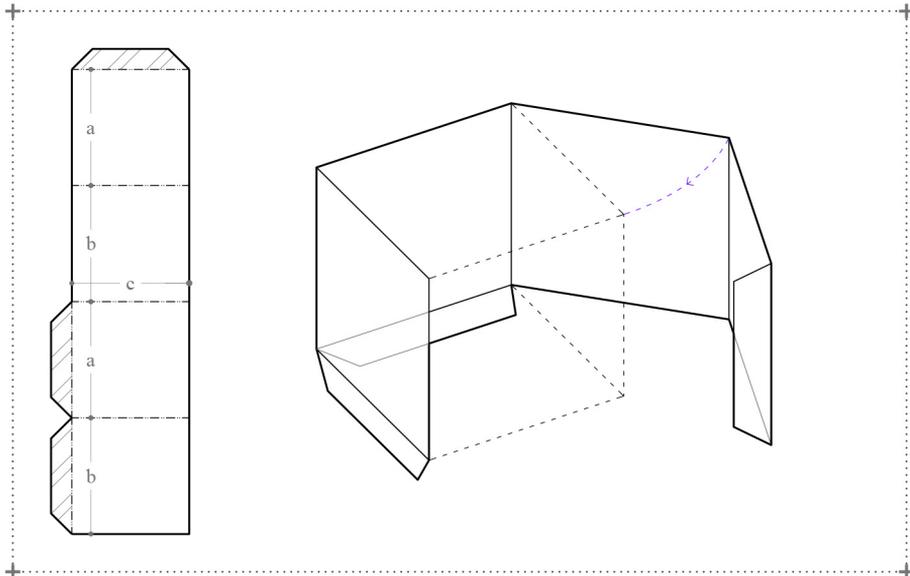
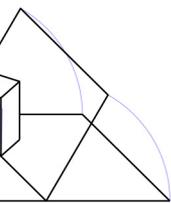
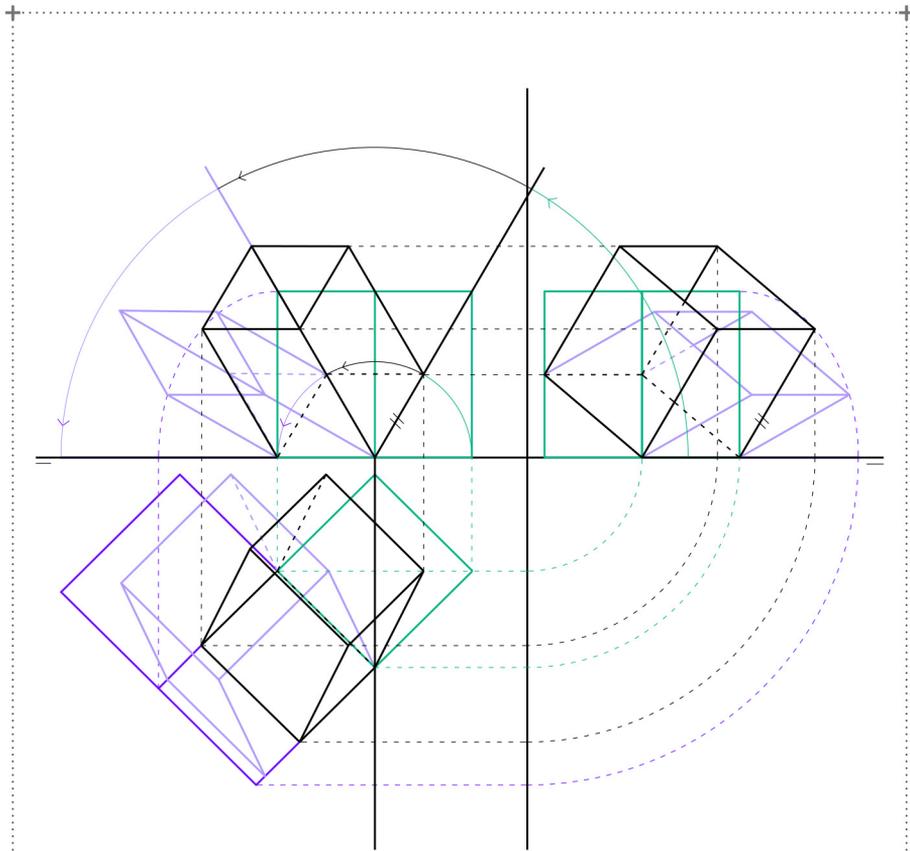
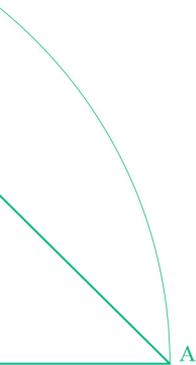
n° de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

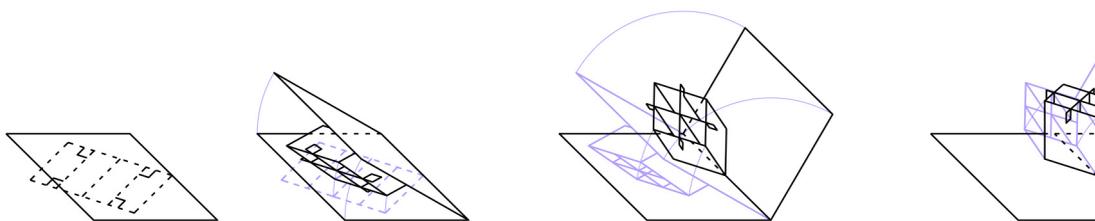
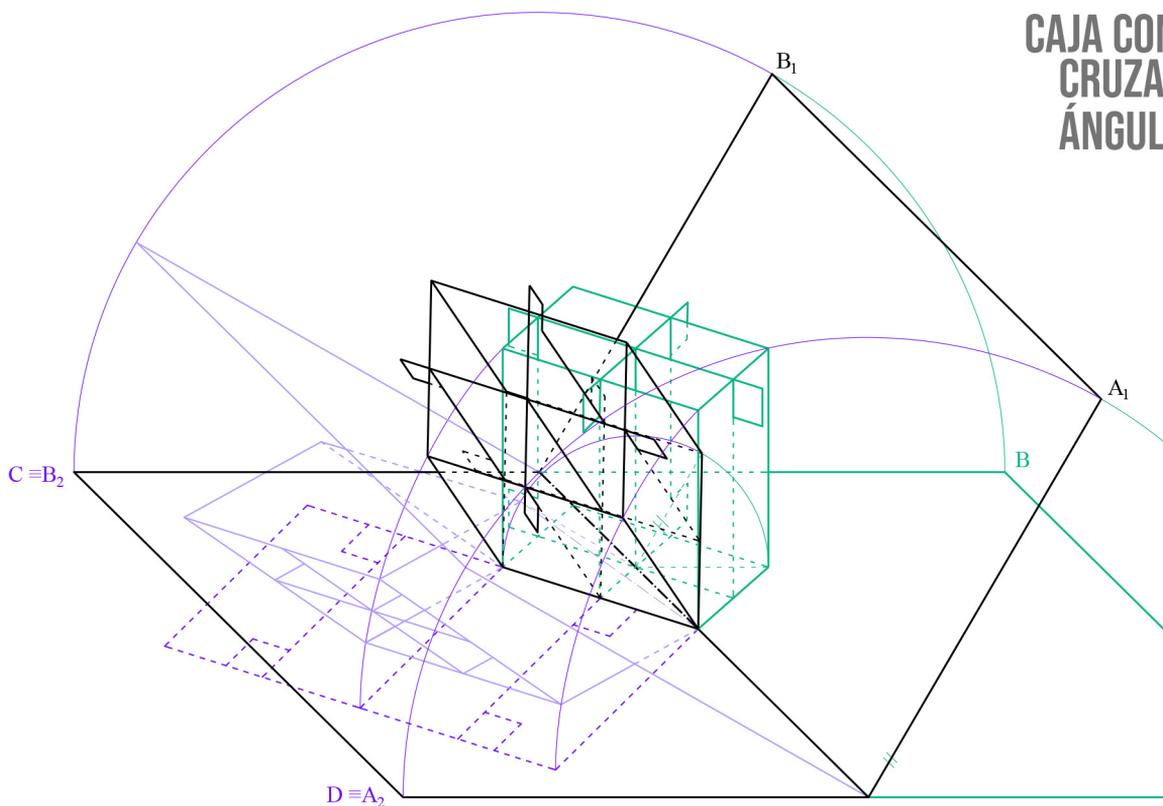
Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 11
 IERTA EN
 O 180°



Oblicua

- 2
- 6
- 0
- 4
- 2



La "caja en ángulo" se puede rigidizar añadiendo dos planos intersecados que funcionarán como arriostramiento. A partir de esta construcción, y a base de añadir más planos intersecados, se pueden crear *pop-ups* de complejidad alta. Es de las estructuras base más usadas en los *pop-ups* arquitectónicos.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

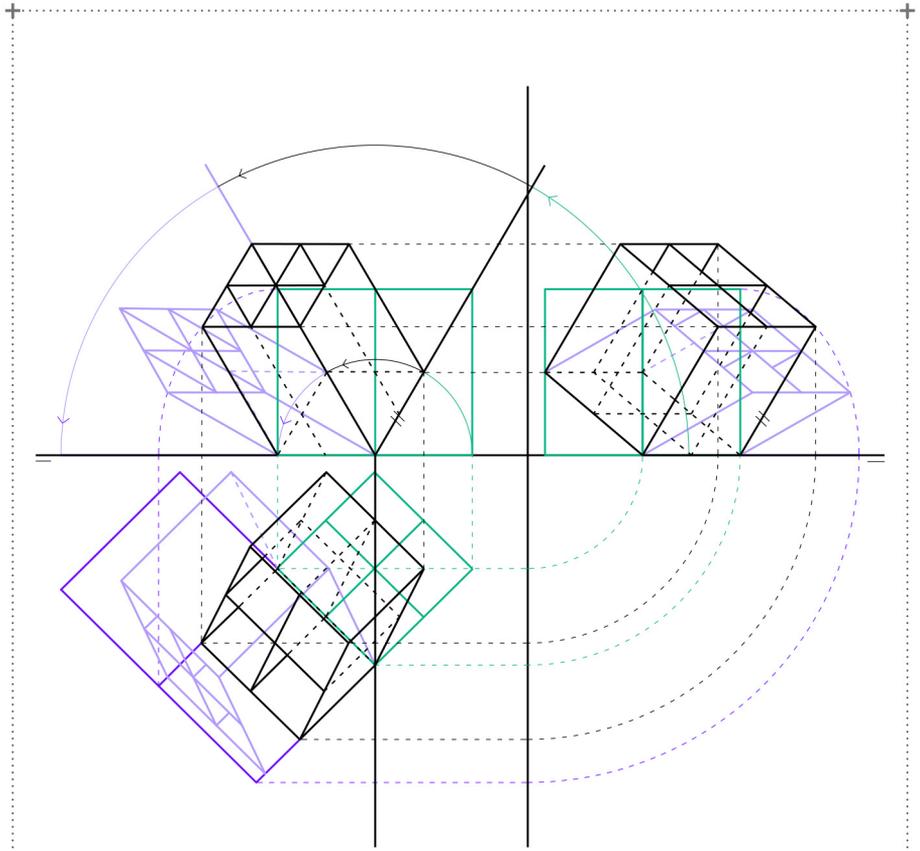
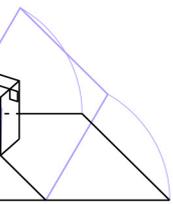
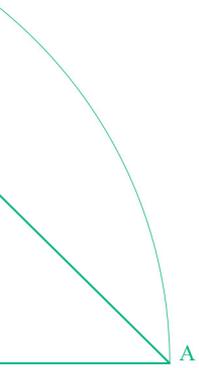
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

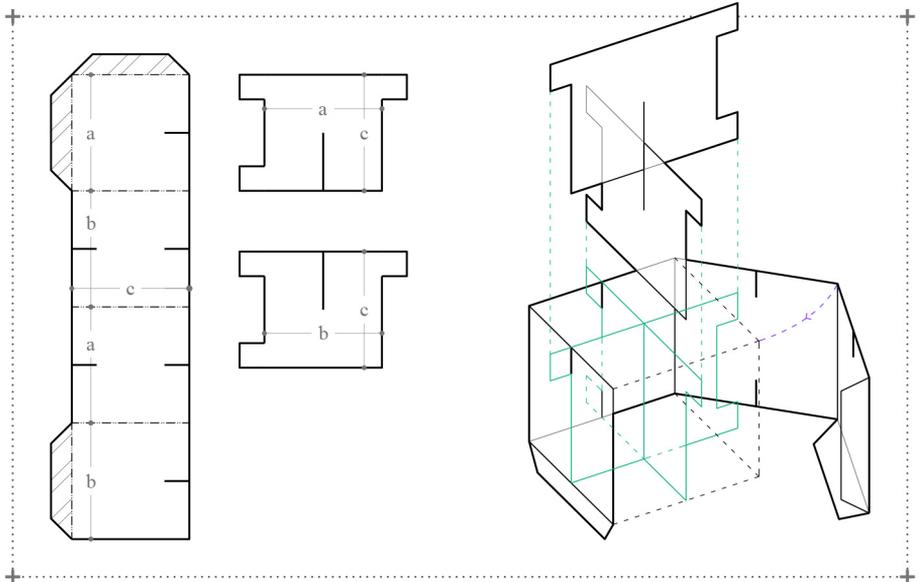
Paralelas al plano y oblicuas al eje

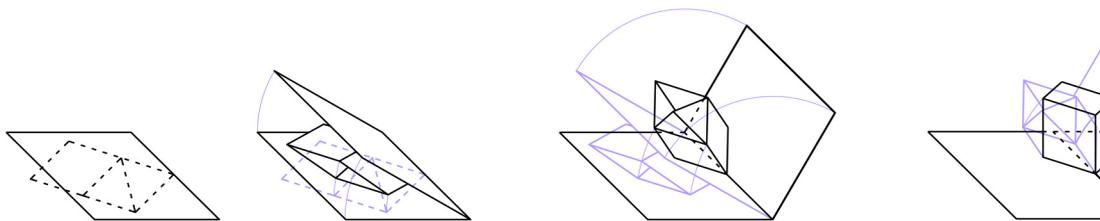
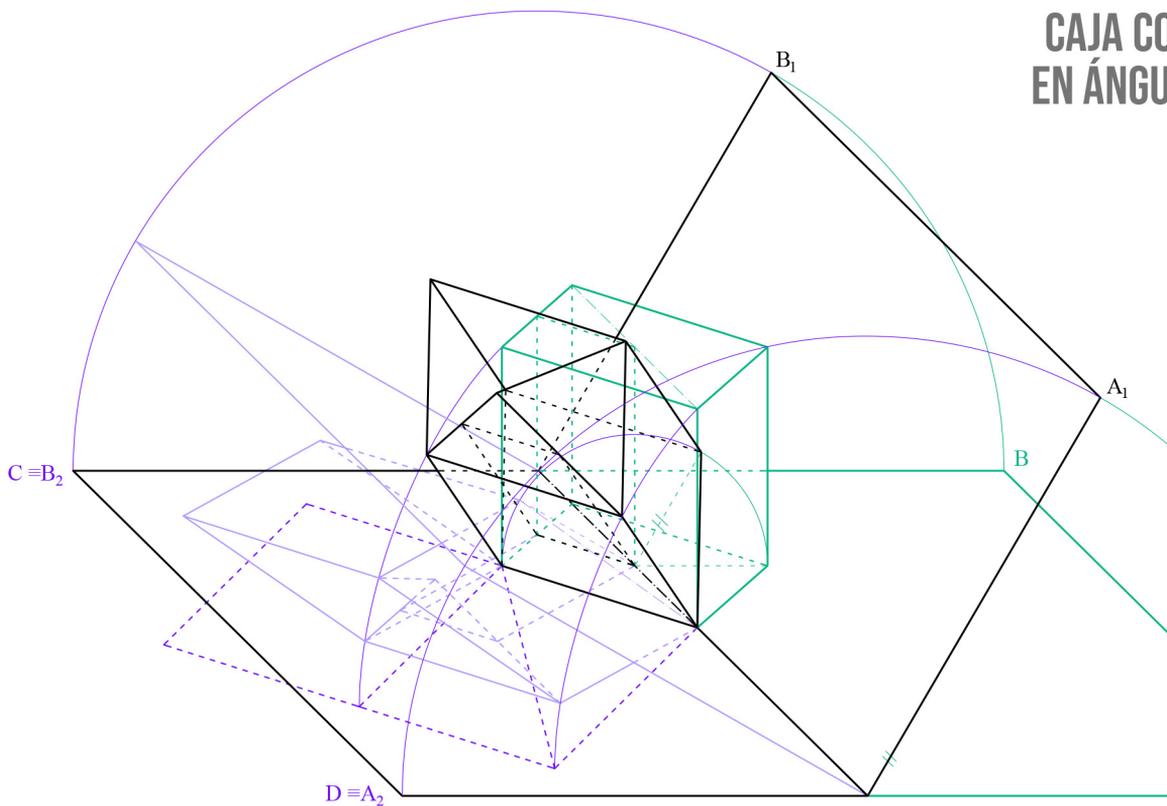
a 12
 N PLANOS
 DOS EN
 O 180°



Oblicua

6
6
0
4
2





A partir de la estructura "caja en ángulo" se puede, al igual que en la "caja abierta paralela", añadir una tapa. El mecanismo, detrás de esta tapa se basa en el concepto de tubo, siendo éste oblicuo al eje de plegadura y paralelo a una de las caras del cubo. Con este mismo mecanismo se pueden crear distintos prismas con tapa.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

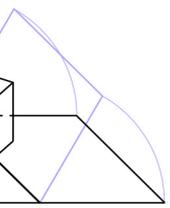
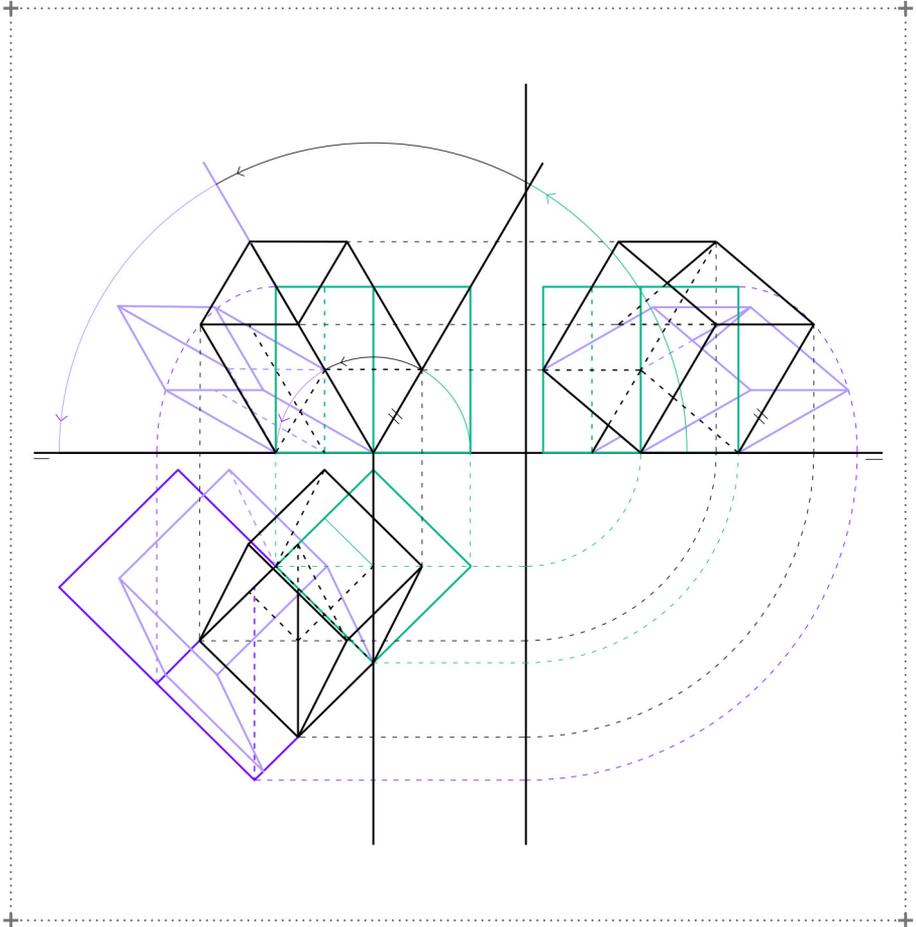
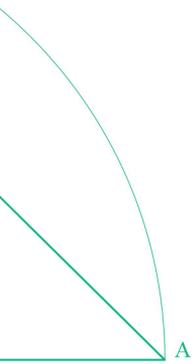
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 13
 ON TAPA
 LO 180°



Oblicua

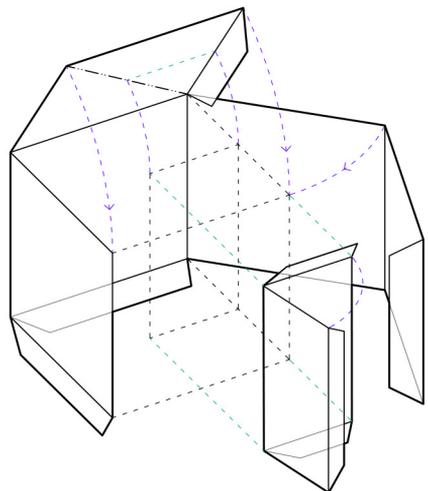
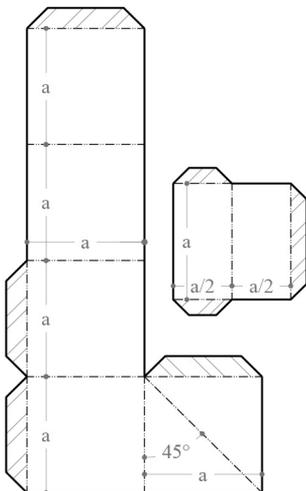
6

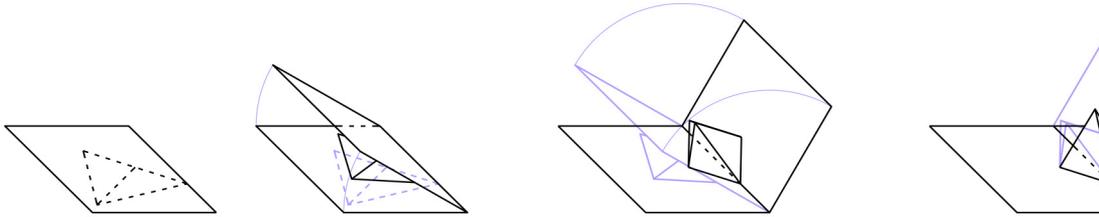
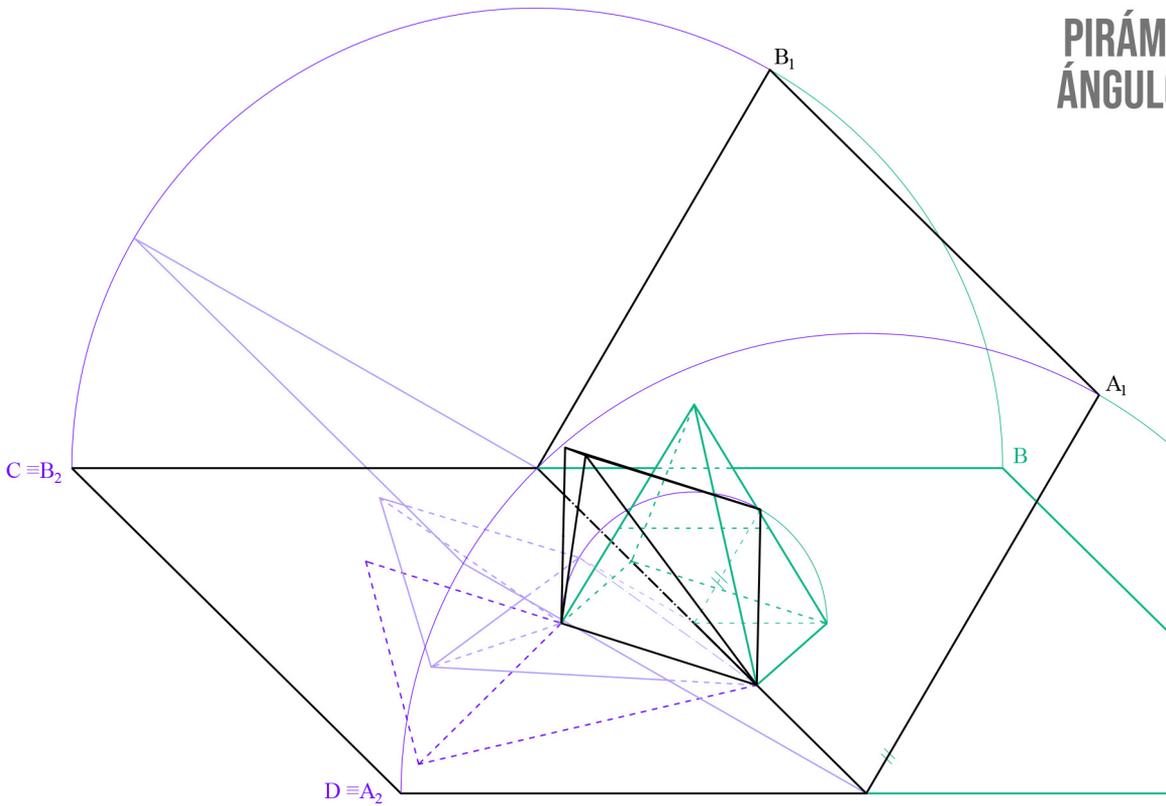
9

1

4

4





Este pop-up sigue los mismos principios que la "caja en ángulo", pero en este caso los lados están formados por triángulos. Las uniones a la página base formarán un ángulo de 45° con el eje de plegadura, y si forman otro ángulo la diagonal de la base de la pirámide deberá coincidir con el eje.

Dirección de la doblez principal respecto del eje

nº de planos

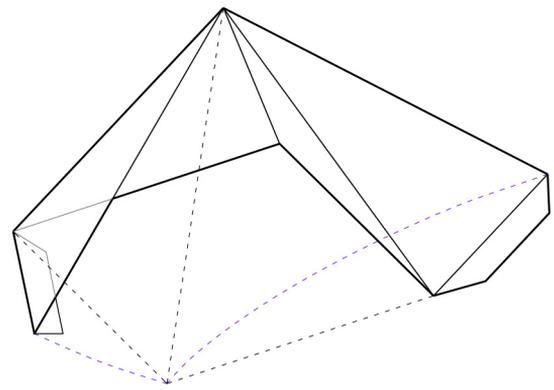
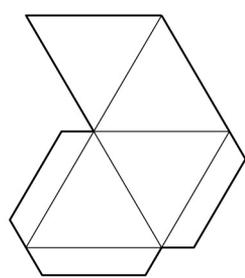
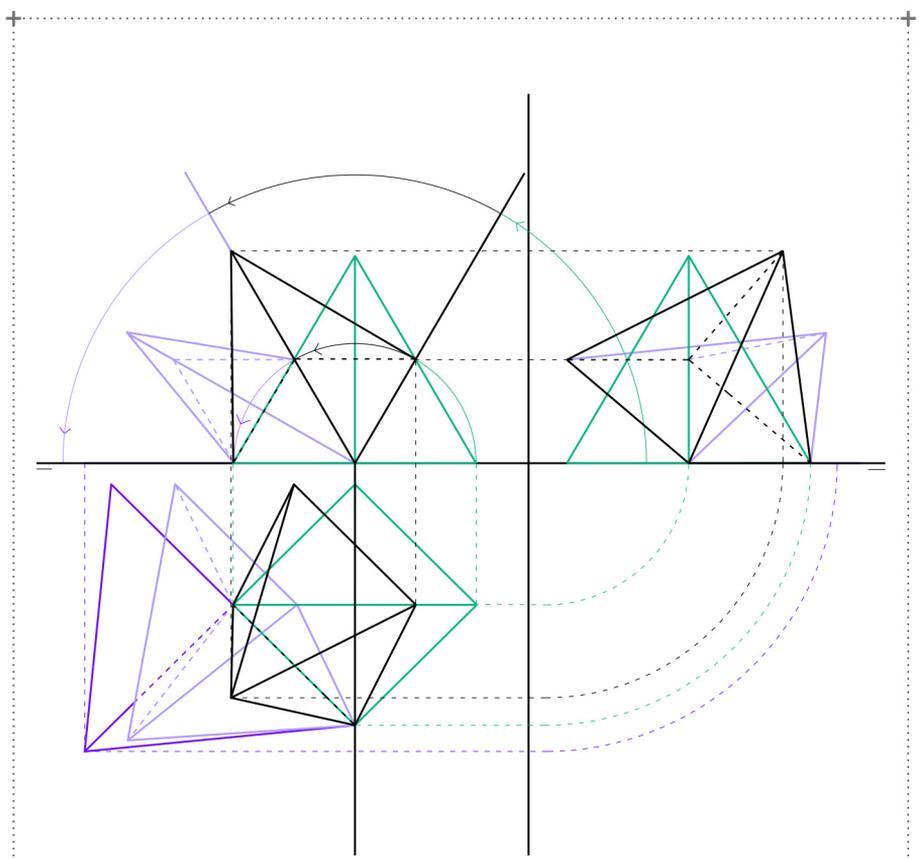
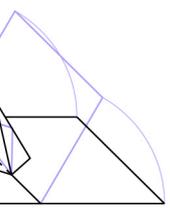
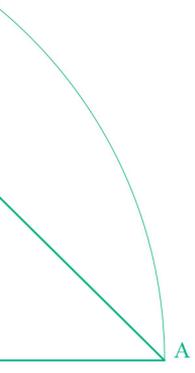
nº de dobleces

Paralelas al eje

Perpendiculares al plano

Paralelas al plano y oblicuas al eje

a 14
 IDE EN
 O 180°



Oblicua

- 4
- 6
- 0
- 0
- 2

PARTE III

La tercera parte del TFG es esencialmente práctica, se concibe como el broche final del trabajo, haciendo uso de los conocimientos obtenidos a través del análisis realizado en la parte dos, materializándose en tres *pop-ups* arquitectónicos.

Se decide realizar tres maquetas, correspondiendo cada una a uno de los tres tipos de *pop-up* multipieza:

- Abiertos a 90°
- Abiertos a 180° con doblez paralela
- Abiertos a 180° con doblez en ángulo

Para la elección de los edificios representados se elige el tema *La casa cubo en los años 60 y 70*, ya que la pureza formal de las mismas permite la elaboración de maquetas *pop-up* fácilmente reconocibles sin la necesidad de añadir detalles como ilustraciones, al considerarse poco relevantes en el marco de esta investigación.

Se eligen por tanto, tres casas representativas con una identidad geométrica reconocible, como son la Casa Gwathmey de Charles Gwathmey, para el *pop-up* a 90°; la casa Bianchi de Mario Botta, para el de 180° con doblez paralela; y la casa Fisher de Louis Kahn, para la doblez en ángulo.

Este apartado se organiza en tres partes, una por *pop-up*. Cada una de ellas incluye:

- Una fotografía de la maqueta terminada.
- Código QR y URL a un vídeo de la misma.
- Recortable o plantilla de las piezas usadas para realizar cada uno de los *pop-ups*.
- Fotografías del proceso de realización de las maquetas.

POP-UP 90° CASA GWATHMEY

Arquitecto: Charles Gwathmey

Fecha de construcción: 1967

Localización: Long Island, Nueva York

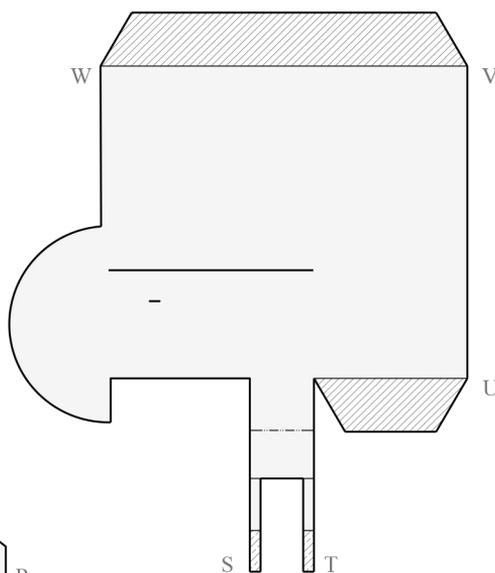
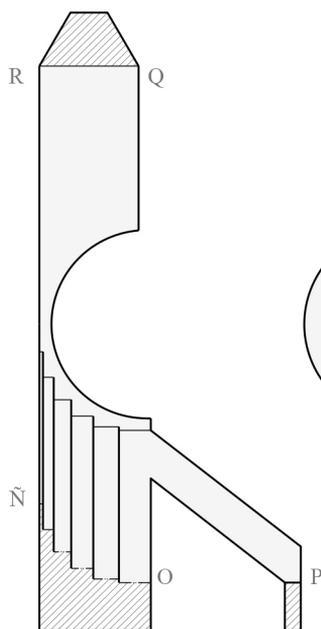
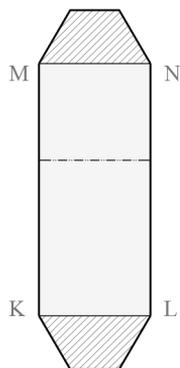
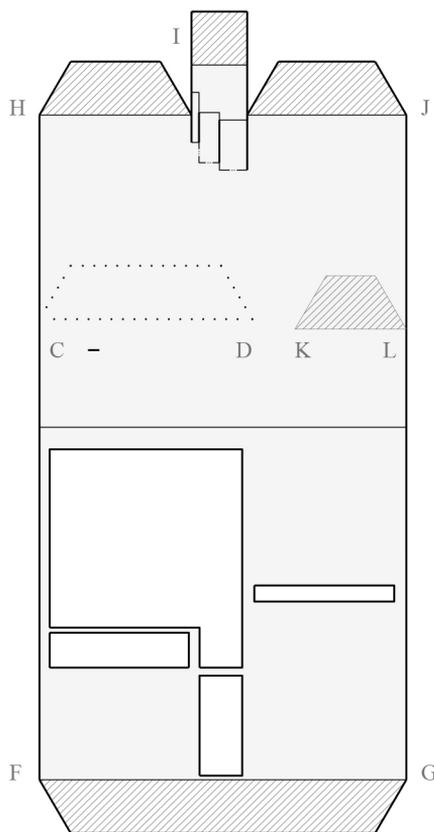
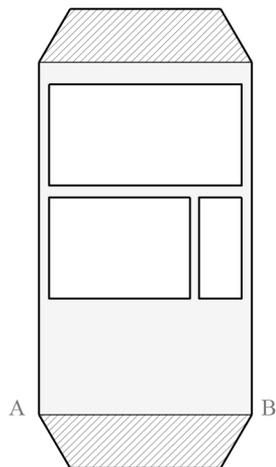
Escala del *pop-up*: 1:150

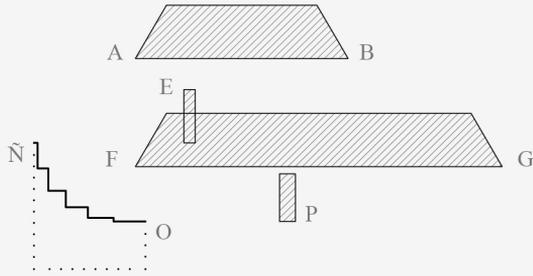
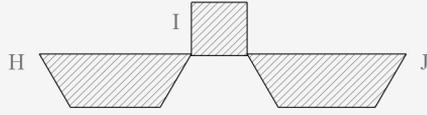


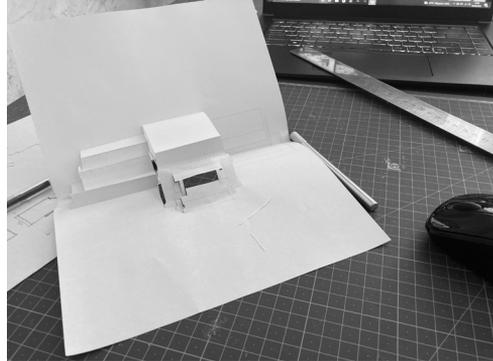
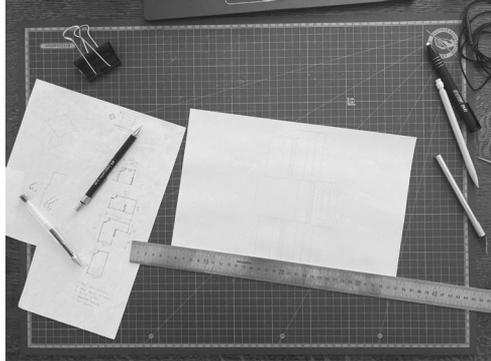


PLANTILLA

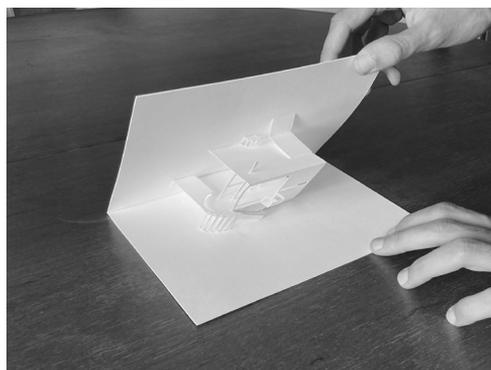
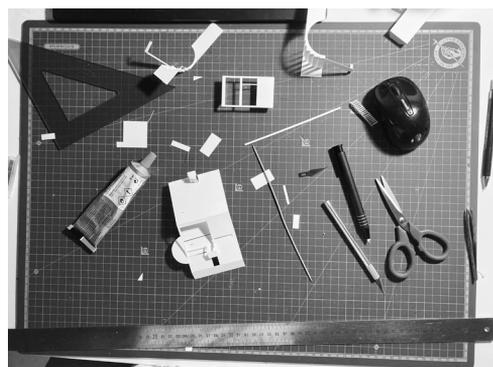
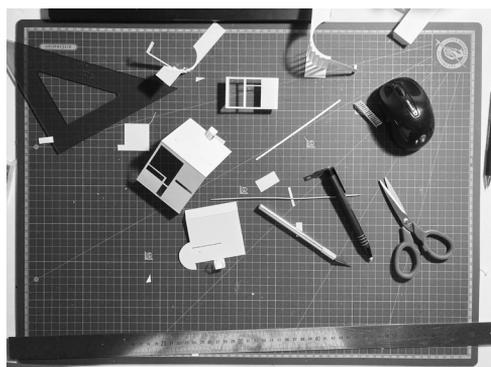
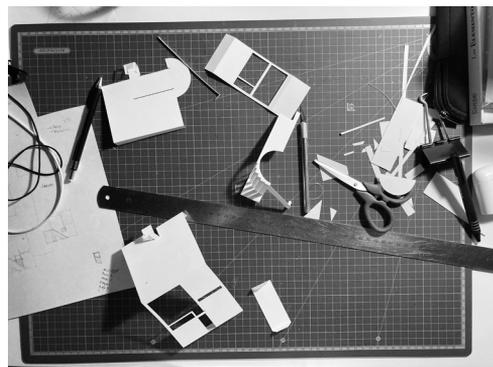
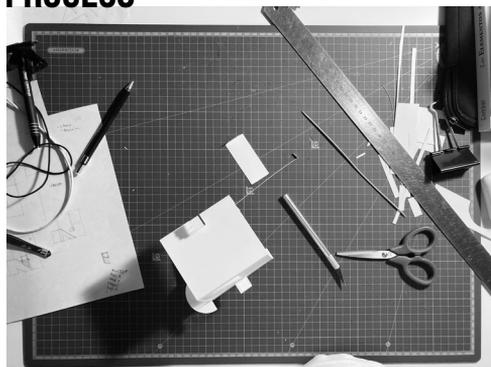
- Línea de corte
- Línea de plegado en montaña
- - - Línea de plegado en valle
-  Aplicar pegamento por ambas caras
-  Aplicar pegamento por el anverso

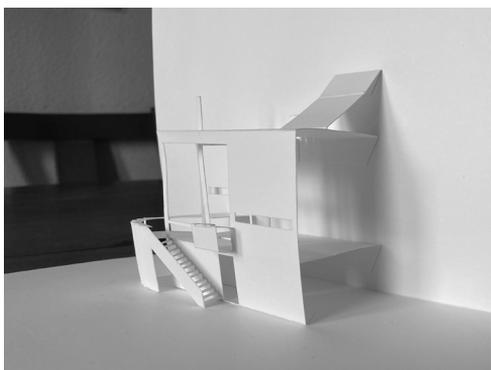
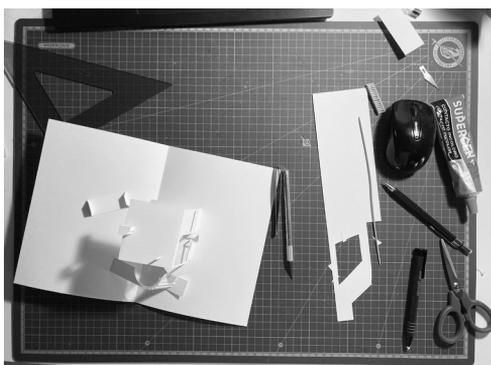
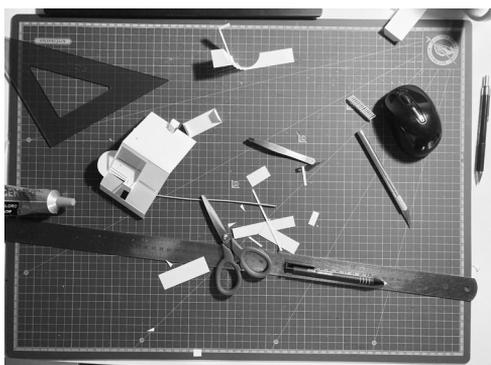
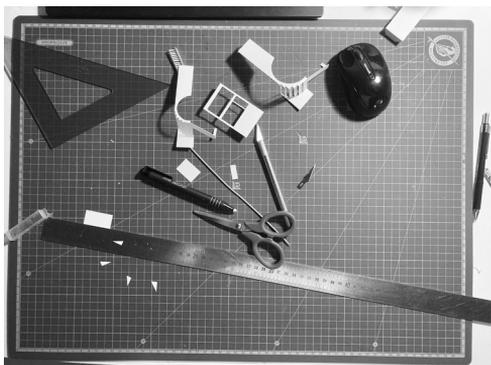
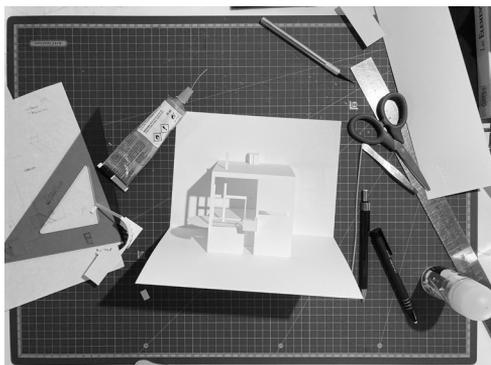






PROCESO





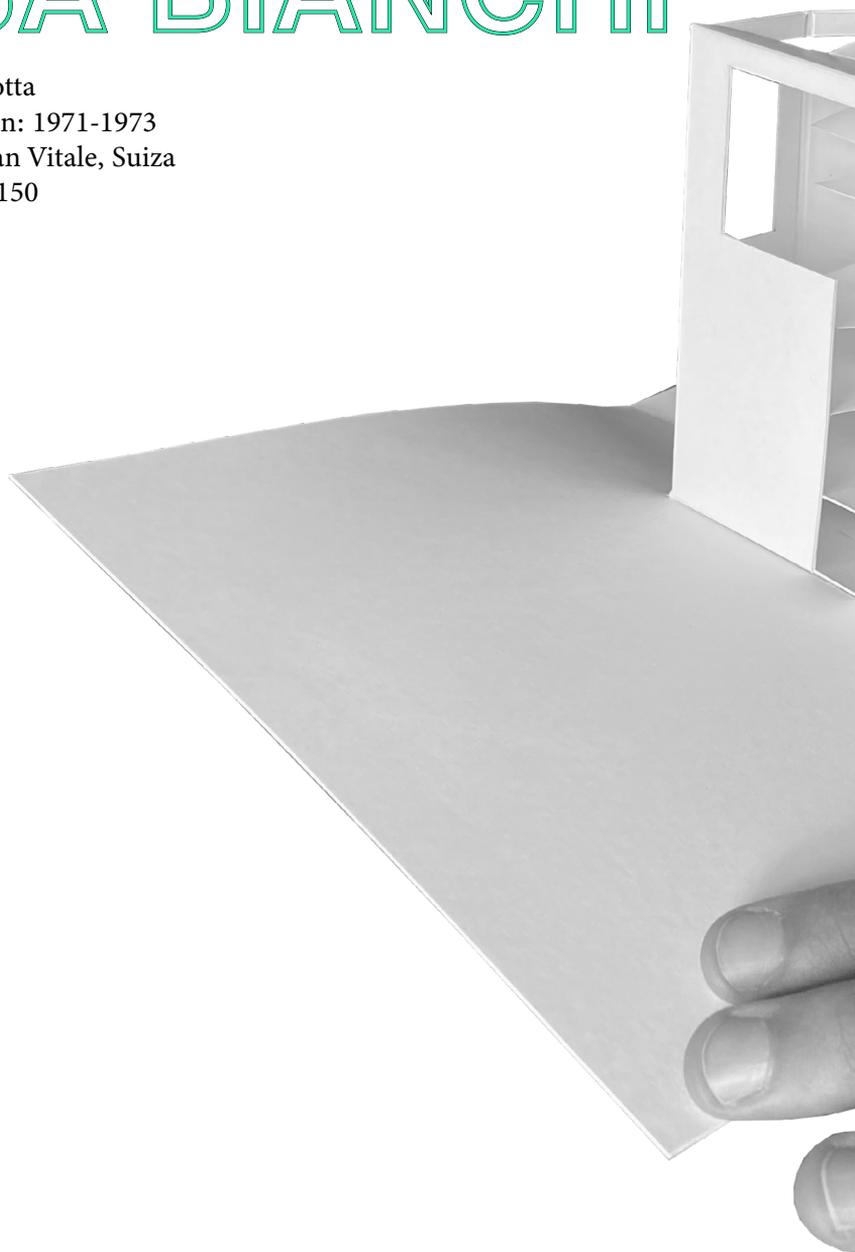
180° PARALELO CASA BIANCHI

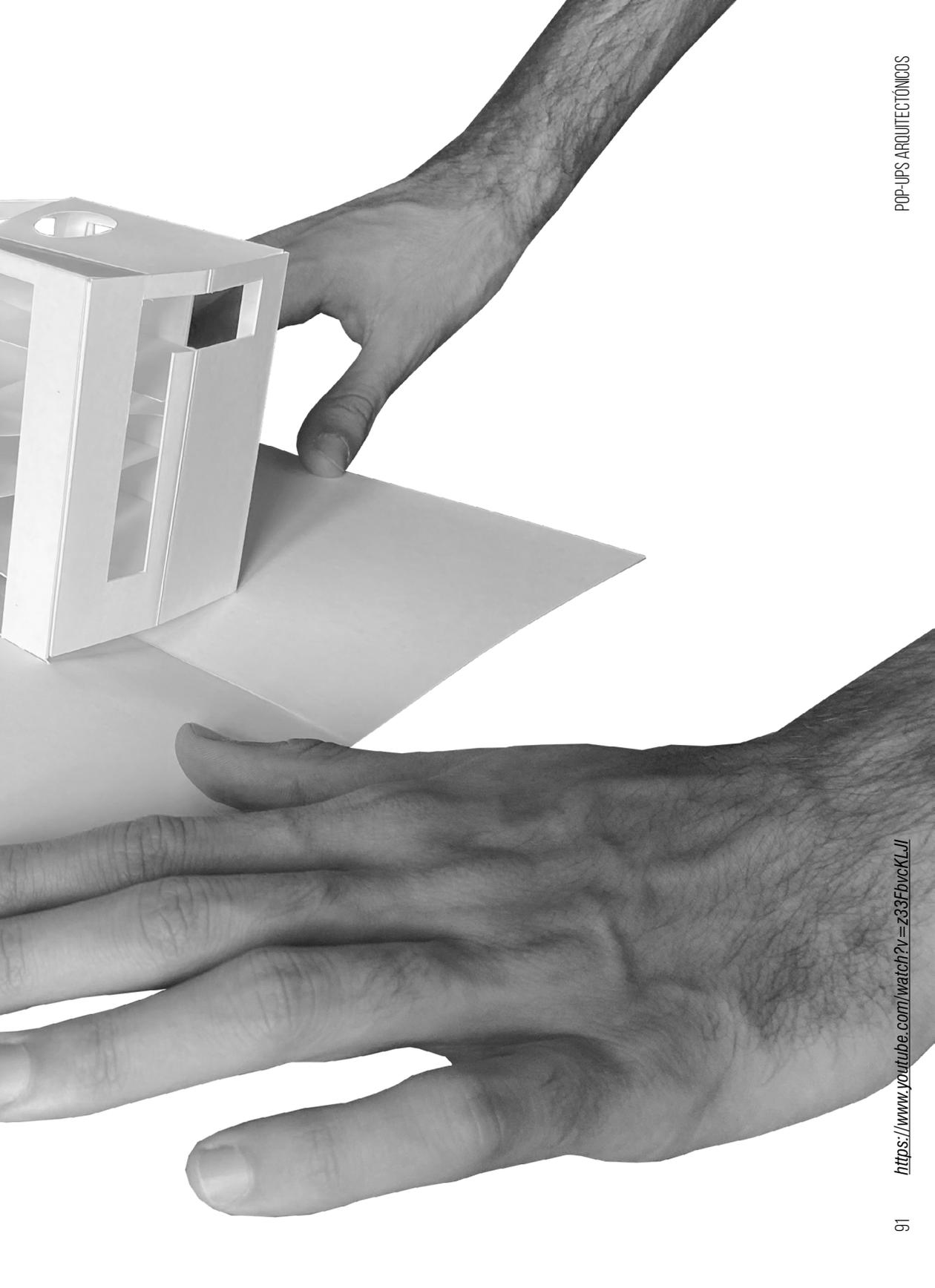
Arquitecto: Mario Botta

Fecha de construcción: 1971-1973

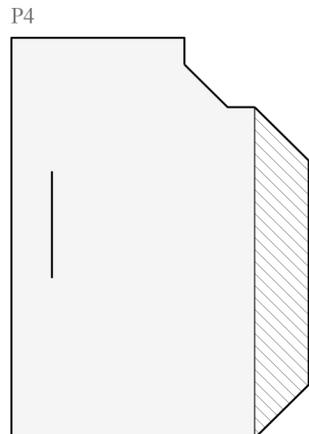
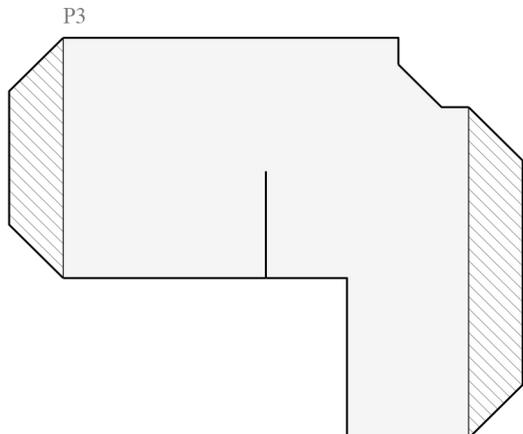
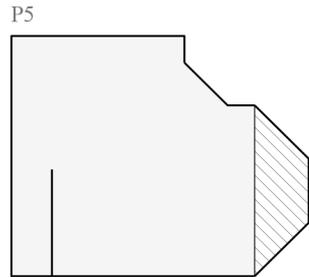
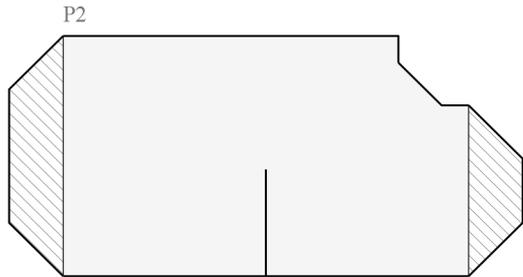
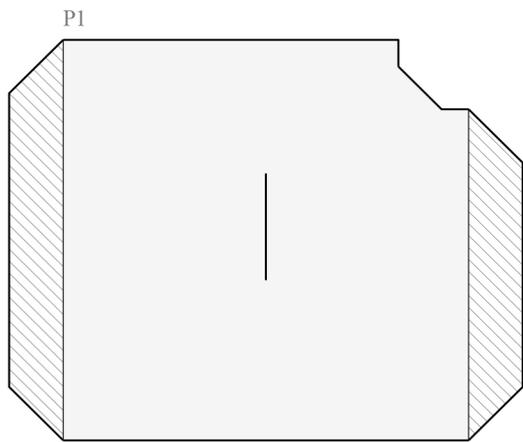
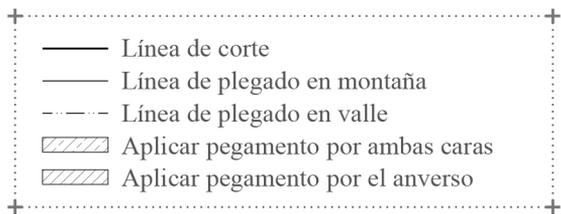
Localización: Riva San Vitale, Suiza

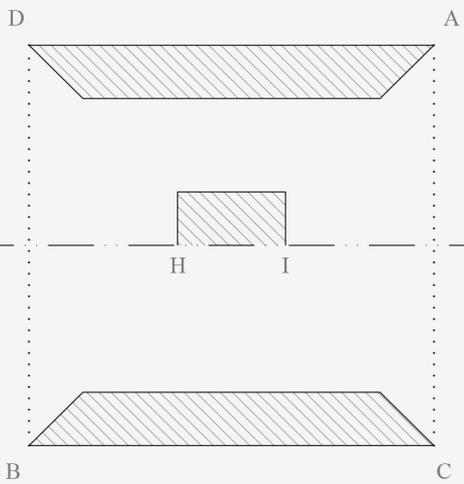
Escala del *pop-up*: 1:150

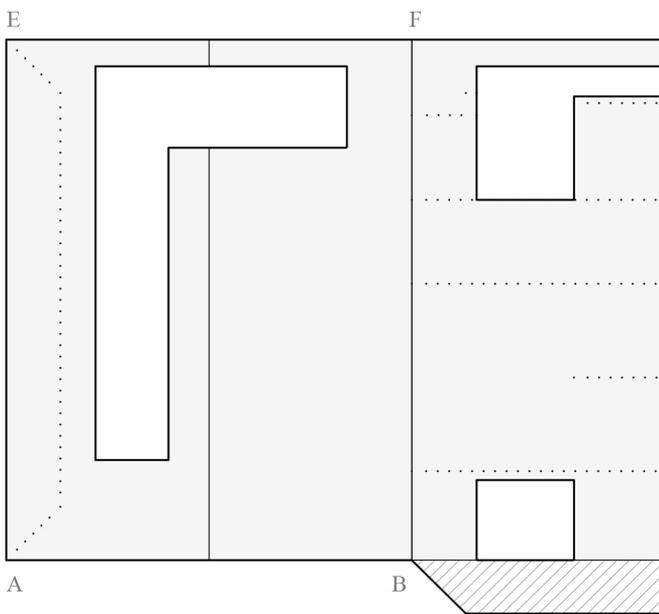
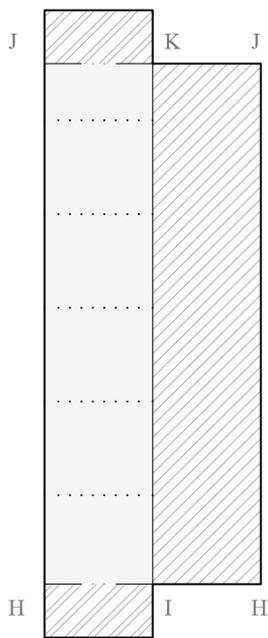


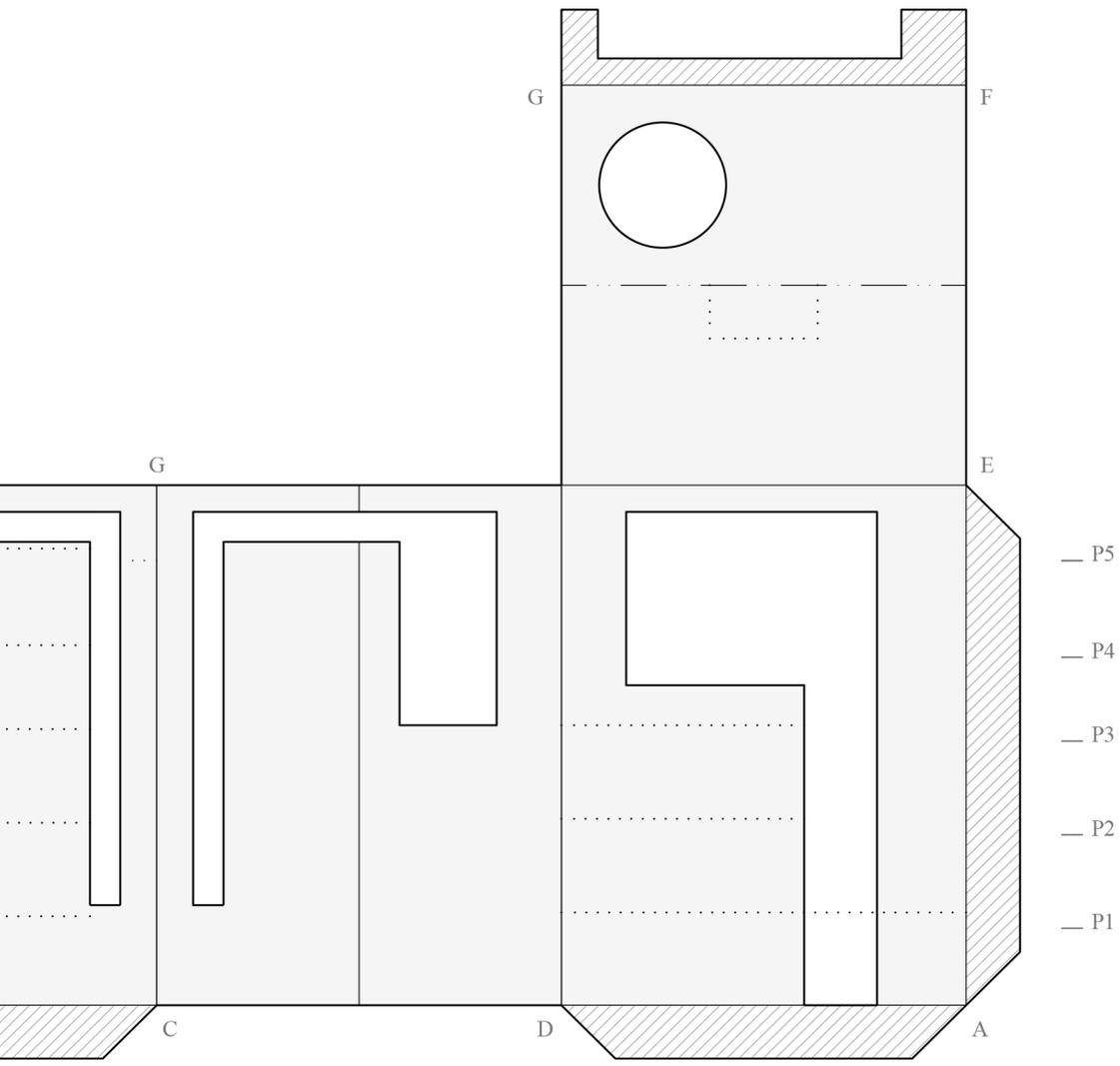


PLANTILLA



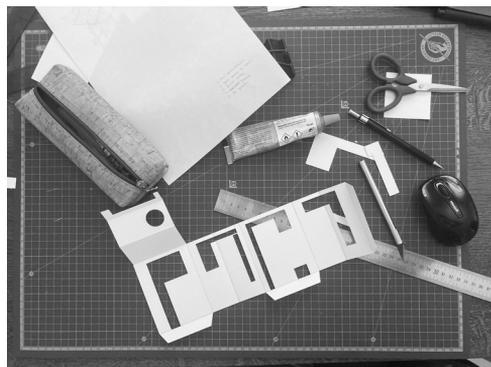
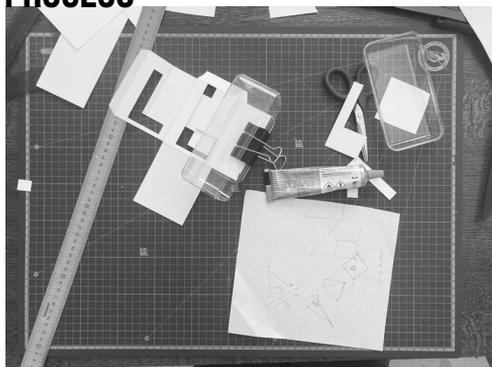


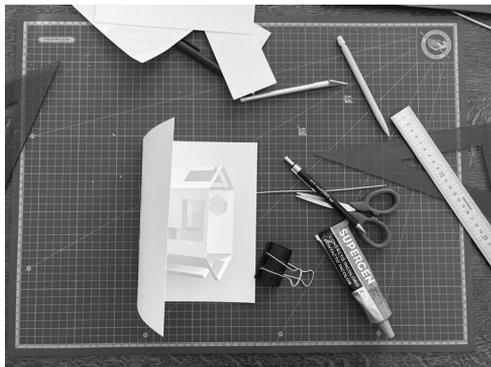
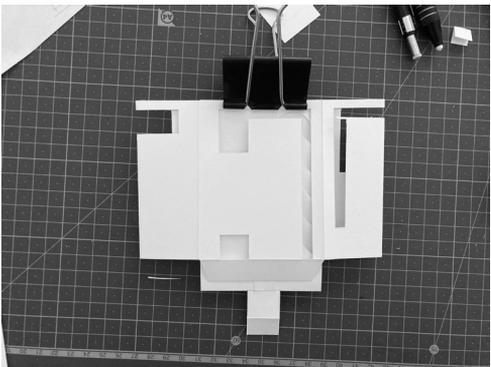
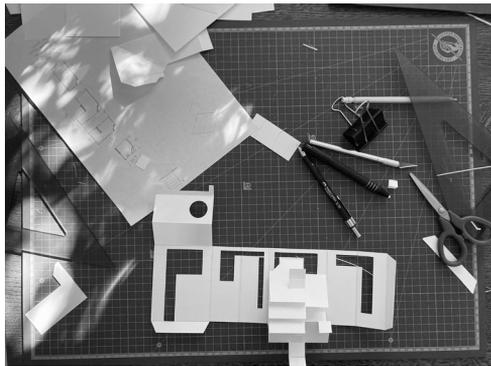
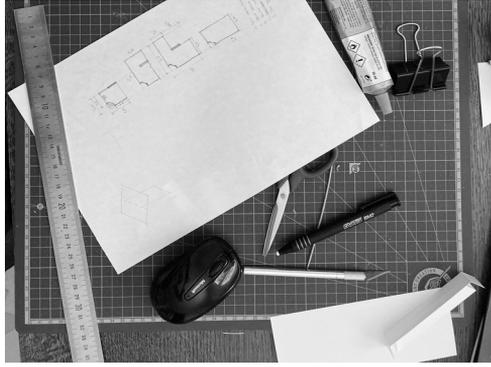
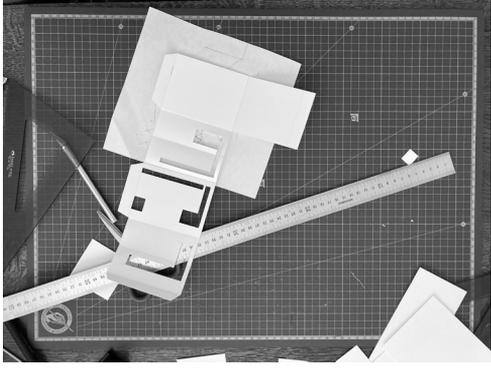
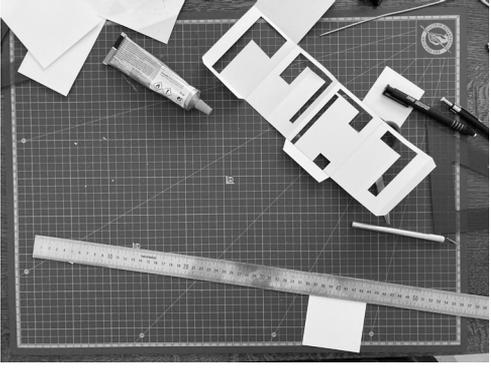






PROCESO





180° EN ÁNGULO CASA FISHER

Arquitecto: Louis Kahn

Fecha de construcción: 1960-1967

Localización: Hatboro, Pensilvania

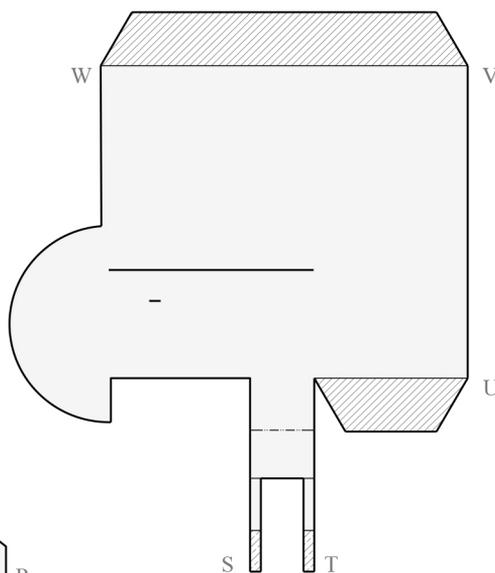
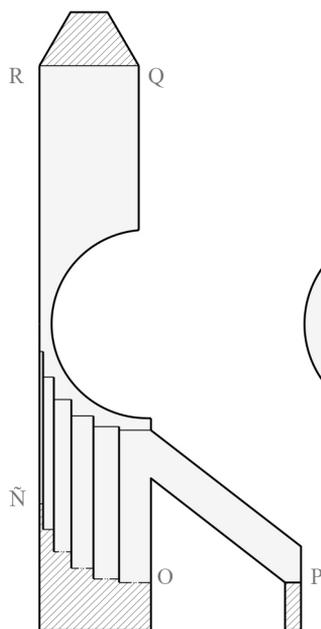
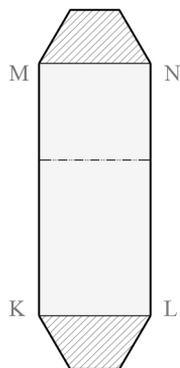
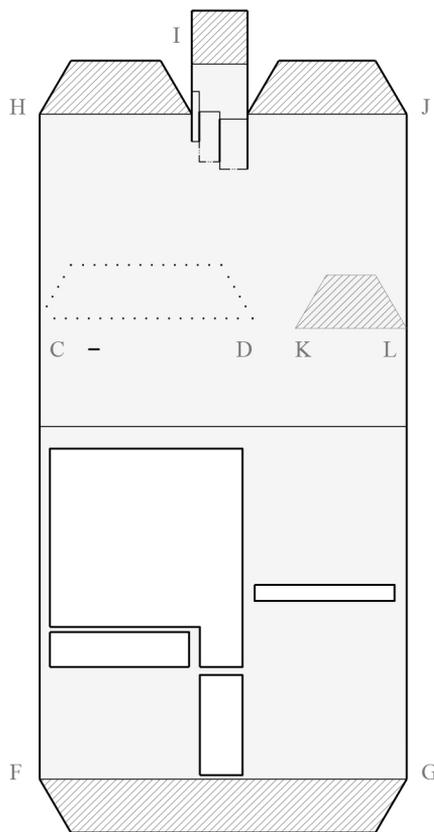
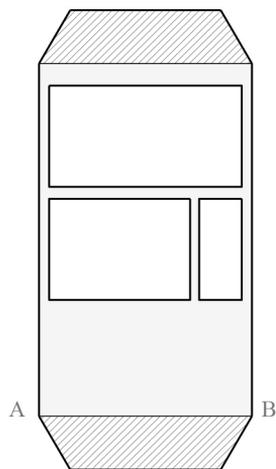
Escala del *pop-up*: 1:100

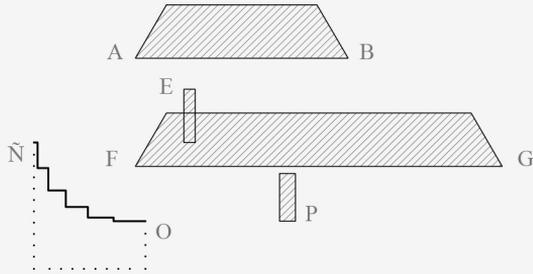
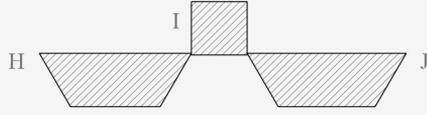


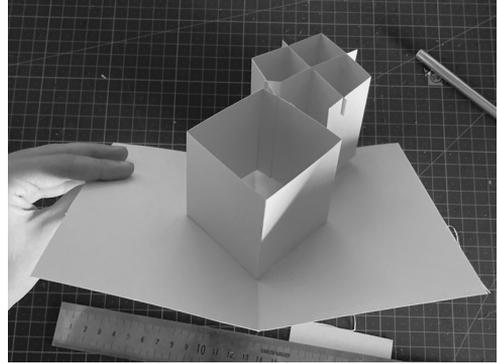
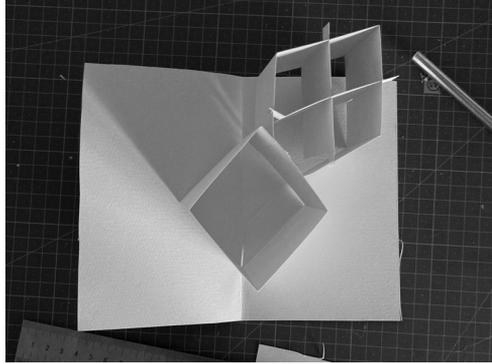


PLANTILLA

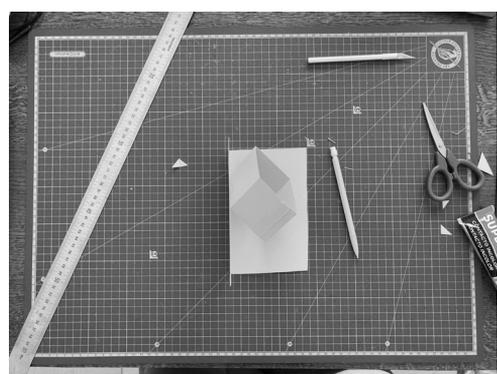
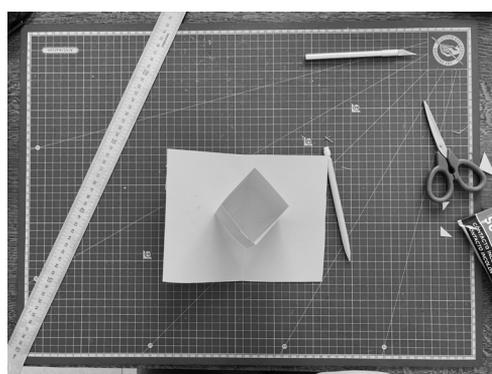
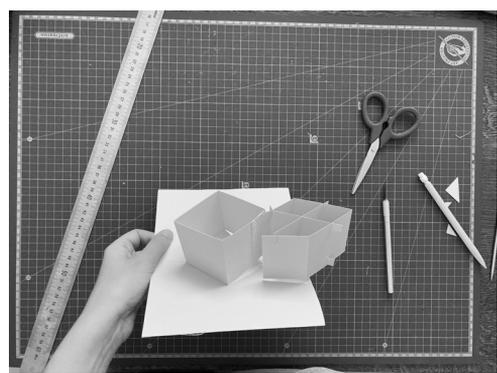
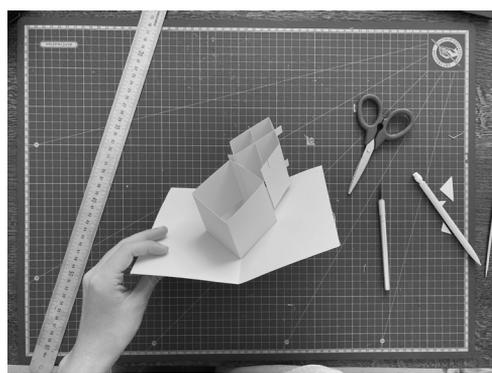
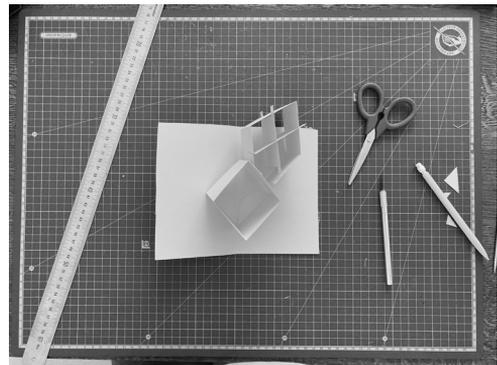
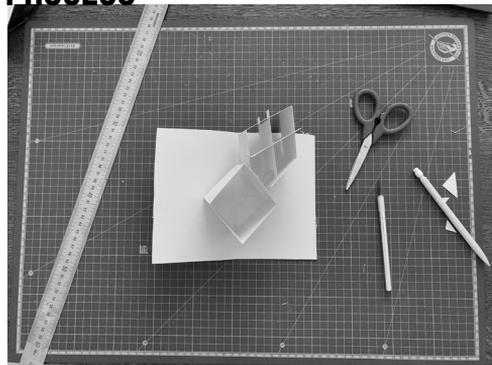
- Línea de corte
- Línea de plegado en montaña
- - - Línea de plegado en valle
-  Aplicar pegamento por ambas caras
-  Aplicar pegamento por el anverso

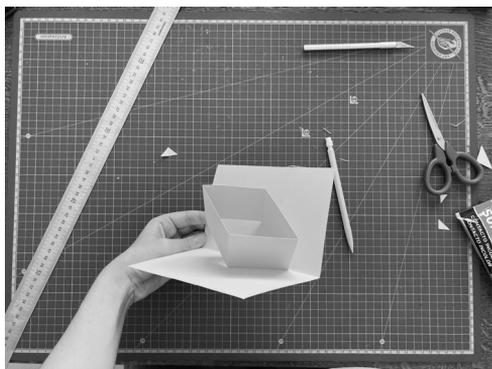
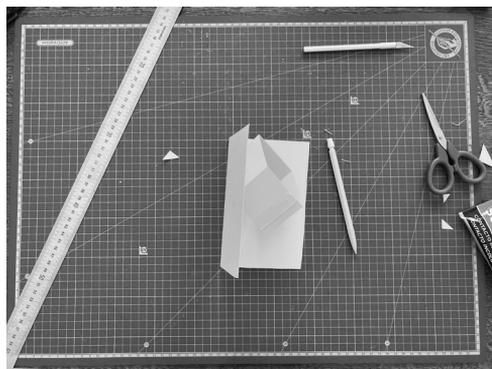
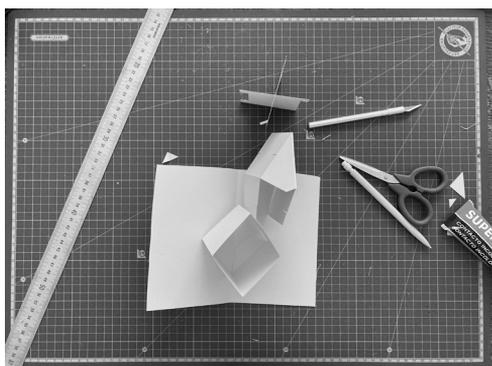
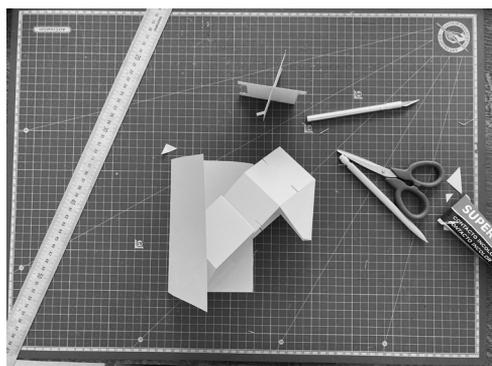
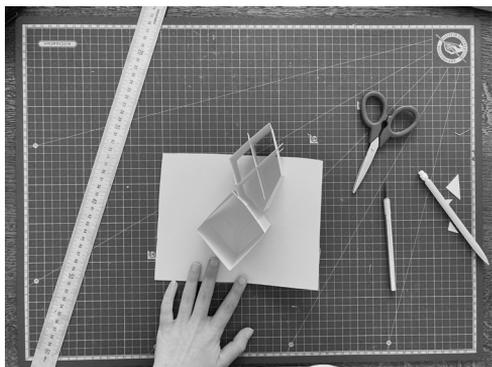
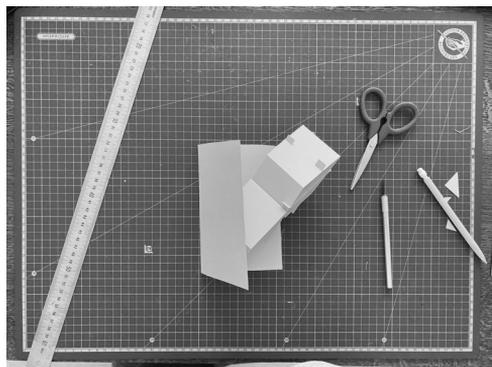
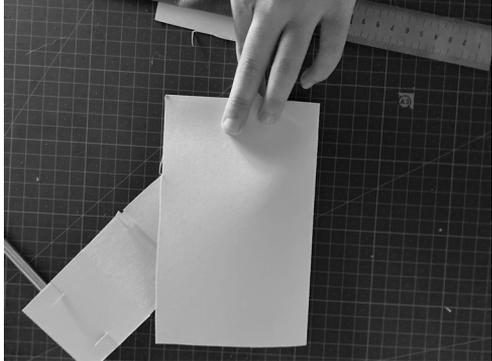


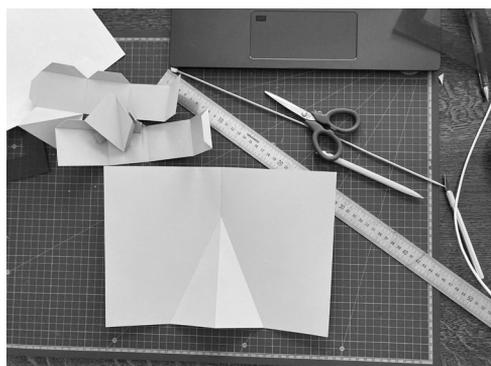
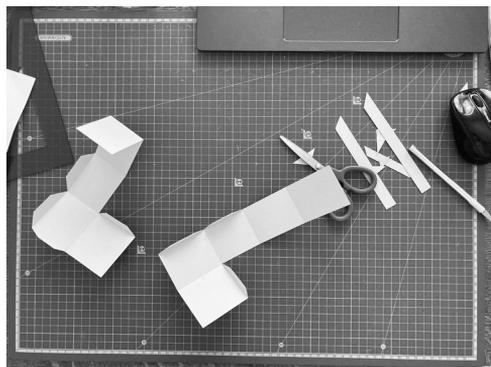
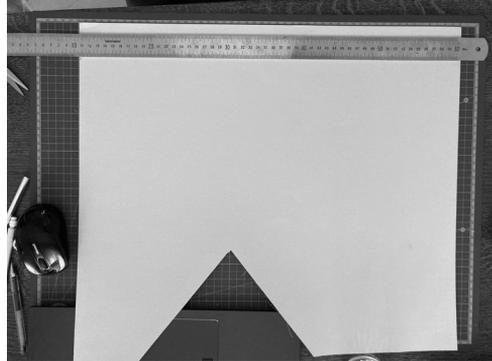


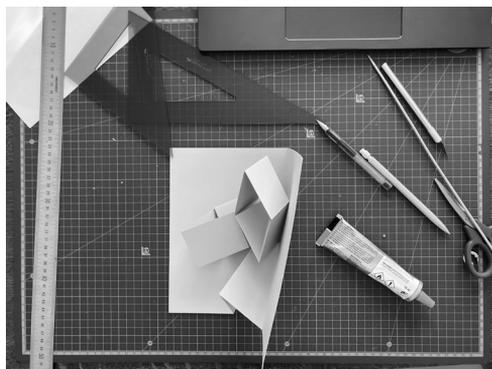
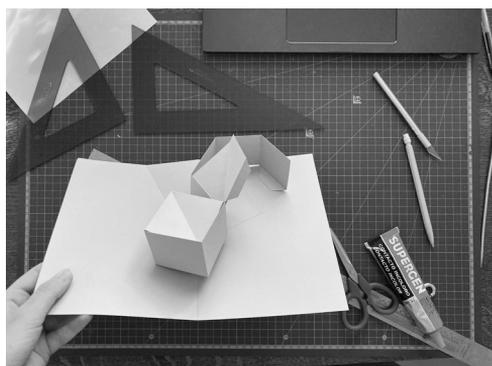
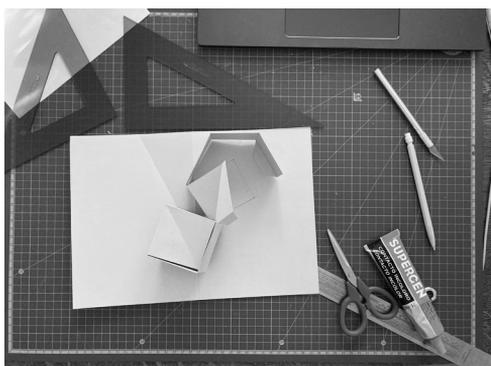
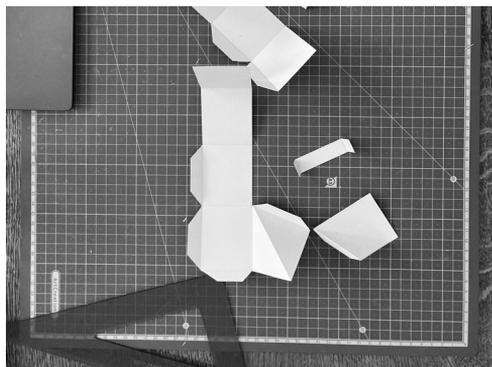
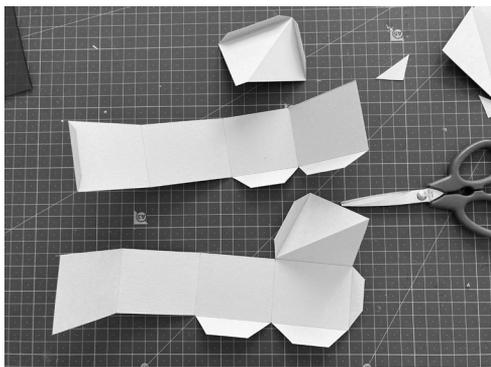
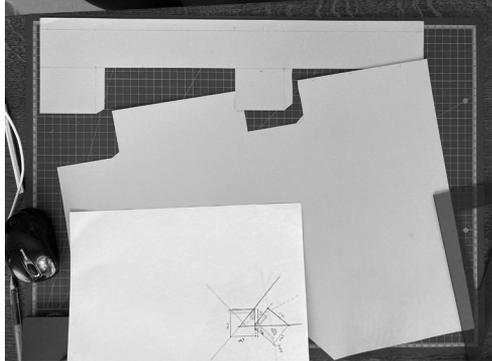
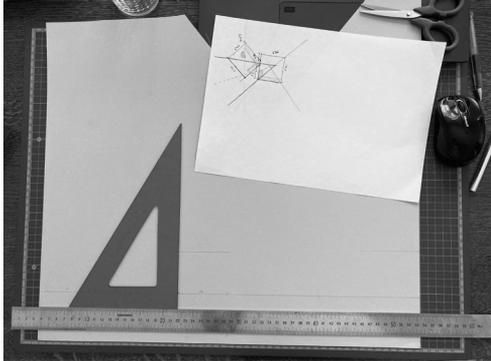


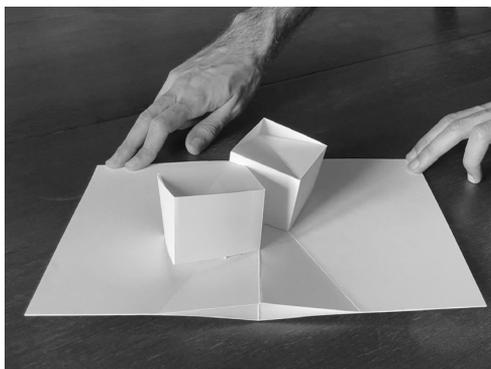
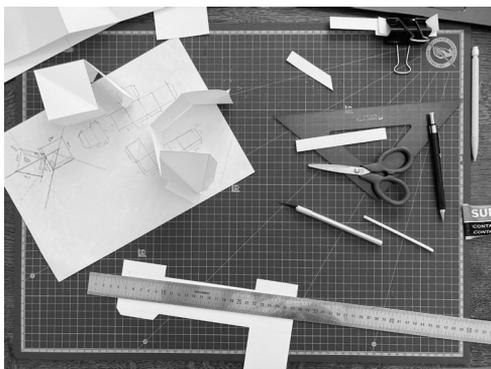
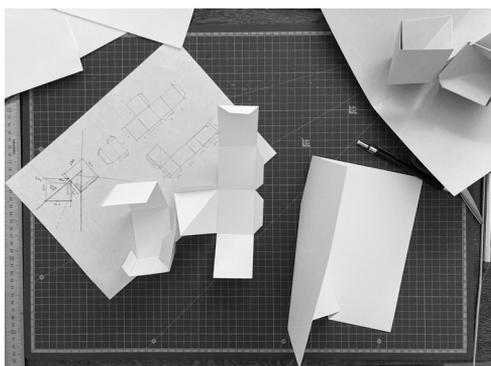
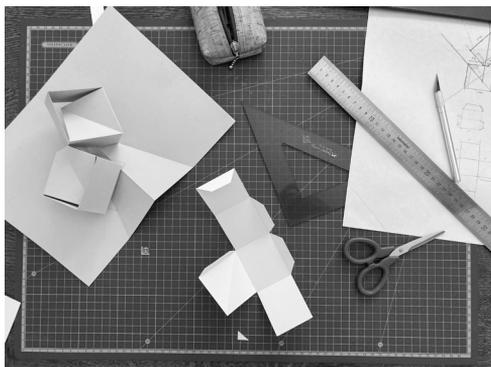
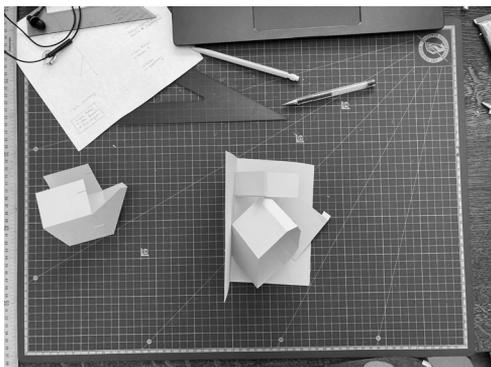
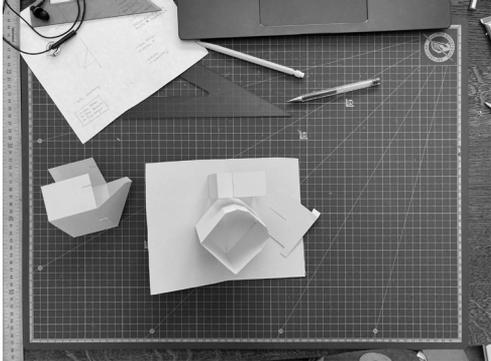
PROCESO











CONCLUSIONES

Como se intuía en la introducción de este trabajo, las cualidades geométricas espaciales del *pop-up* son de un enorme interés. Es inevitable para un arquitecto preguntarse cuáles son las reglas geométricas que rigen estos objetos, cuál es la explicación detrás de que un elemento plano adquiera espacialidad solo con voltear una hoja.

A través de este TFG se ha procurado dar respuesta a esta pregunta y proporcionar las herramientas necesarias para la comprensión del funcionamiento de estas construcciones, poniendo en valor su utilidad como técnica de representación arquitectónica. Queda patente la posibilidad de representar un edificio mediante esta técnica, que pese a no ser tan realista como un *render*, o práctica como un modelo 3D, proporciona un resultado con una espacialidad atractiva, permitiendo la creación de un objeto tangible y sorprendente.

No obstante, dada la incipiente hegemonía del medio digital como canal de creación y transmisión de documentos gráficos arquitectónicos, se entiende que los *pop-ups* caerán en desuso al igual que lo están haciendo los planos dibujados a mano o las maquetas tradicionales, sobreviviendo los *pop-ups* en libros de artista u otras áreas del mercado editorial.

A pesar de este hecho, se cree de interés conocer las propiedades geométricas de los mismos, ya sea por simple curiosidad, entrenamiento de la “visión espacial” o puesta en práctica de los mismos mediante la construcción de un *pop-up* arquitectónico.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Carol Barton *The Artist as Paper Engineer*. Revista: *The Bonefolder: an e-journal for the bookbinder and book artist*. Vol. 5, Núm. 2, Primavera 2009, pg 35 - 44.

[2] Diana Martins y Sara Reis da Silva *Tirar, descobrir e interpretar: una caracterización del libro Pull-the-tab* AILIJ (Anuario de Investigación en Literatura Infantil y Juvenil) 16, p. 141-152. ISSN 1578-6072

[3] Gianfranco Crupi, *Volvelles of knowledge. Origin and development of an instrument of scientific imagination (13th-17th centuries)*, JLIS.it 10, 2 (Mayo 2019 ISSN: 2038-1026

[4] Jun Mitani, Hiromasa Suzuki, and Hiroshi Uno. *Computer aided design for origami architecture models with voxel data structure*. Transactions of Information Processing Society of Japan, 44(5):1372–1379, 2003.

[5] Lee, Tor y Mak, *A Study on the Boundary Conditions of 90° Paper Pop-up Structures*, School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technological University. Enero 2004

[6] Lee, Tor y Soo, *Mathematical Modelling and Simulation of Pop-up books*, School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technological University. Comput. & Graphics, Vol. 20, No. 1, pp. 21-31, 1996.

[7] Marta Serrano Sánchez, directora de la tesis: M. del Carmen Hidalgo Rodríguez. *¡Pop-up! La arquitectura del libro móvil ilustrado infantil*. Facultad de Bellas Artes Universidad de Granada. Tesis Doctorales. Julio 2015.

[8] Ryuhei Uehara and Sachio Teramoto. *The complexity of a pop-up book*. In Proceedings of the 18th Annual Canadian Conference on Computational Geometry, Ontario, Canada, August 2006.

[9] Satoshi Iizuka, Yuki Endo, Jun Mitani, Yoshihiro Kanamori y Yukio Fukui. *An interactive design system for pop-up cards with a physical simulation*. Department of Computer Science, University of Tsukuba, DOI 10.1007/s00371-011-0564-0. Abril 2011

[10] Sosuke Okamura and Takeo Igarashi. *An assistant interface to design and produce a popup card*. International Journal of Creative Interfaces and Computer Graphics, 1(2):40–50, 2010.

[20] Susan Lee Hendrix, director de la tesis: Michael Eisenberg. *Popup Workshop: Computationally Enhanced Paper Engineering for Children*. Departamento de Ciencias Computacionales de la Universidad de Colorado. Tesis Doctorales 2008.

[21] Xian-Ying Li, Chao-Hui Shen, Shi-Sheng Huang, Tao Ju, and Shi-Min Hu. *Popup: Automatic paper architectures from 3D models*. ACM Transactions on Graphics, 29(4):Article 111, 2010. Proceedings of SIGGRAPH 2010.

[22] Zachary Abel, Erik D. Demaine, Martin L. Demaine, Sarah Eisenstat, Anna Lubiw, André Schulz, Diane L. Souvaine, mGiovanni Viglietta, and Andrew Winslow, *Algorithms for Designing Pop-Up Cards*, MIT Department of Mathematics, MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, David R. Cheriton School of Computer Science, Institut für Mathematische Logik und Grundlagenforschung, Department of Computer Science of Tufts University, School of Computer Science, Carleton University, 30th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS'13). Editors: Natacha Portier and Thomas Wilke; pp. 269–280, 2013.

ENTREVISTAS

[22] Clive Sayer *How I became a pop-up collector* para la web Pop-up Books, 2007.

[23] Ellen G. K. Rubin. *A history of pop-up and movable books: 700 years of paper engineering*. Conferencia, Noviembre 2010. <http://www.youtube.com/watch?v=iD-JJOaZ1myM>

[24] Vlasta Bursíková *Vojtech Kubasta - el mago oculto* para Radio Prague International, Septiembre 2017. <https://espanol.radio.cz/vojtech-kubasta-el-mago-oculto-8604539>

LIBROS

[25] Anton Radevsky, *Modern Architecture Pop-up book*, Editorial Rizzoli, Londres, 2014.

[26] D. A. Carter, J. Diaz, *The Elements of Pop-up*, Little Simon, Nueva York, 1999.

[27] P. Jackson, P. Forrester, *The Pop-Up Book*, Lorenz Books, Anness Publishing Limited, Londres, 1994.

[28] Jill Stoner, *Hacia Una Arquitectura Menor*, Bartlebooth, Madrid, 2018.

[29] Varios Autores, *Nuevos Formatos Nuevos Imaginarios*, Bartlebooth, Madrid, 2020.

- [30] Architectures of the Book <http://drc.usask.ca/projects/archbook/index.php>
Consultado el 08/08/2021
- [31] Arkiplot impresión de fotolitos <https://www.arkiplot.com/arkiplot-blog/2016/07/19/impresion-de-fotolitos/> Consultado el 06/08/2021
- [32] Manuscrito digitalizado del “Liber Floridus”, visitable en la página web de la Universidad de Ghent <https://lib.ugent.be/en/catalog/rug01:000763774?i=0&q=archive.ugent.be:018970A2-B1E8-11DF-A2E0-A70579F64438>
- [33] Página web de Andrew Barron <http://www.popyrus.com/index.html> Consultada el 24/08/2021
- [34] Robert J. Lang Origami <https://langorigami.com/article/treemaker/> consultado 21/06/2021
- [35] Robert Sabuda, preguntas frecuentes <http://www.robertsabuda.com/faq.html> consultado 05/08/2021
- [36] Tama Software. Pop-up card designer. http://www.tamasoft.co.jp/craft/popupcard_en/ http://www.tamasoft.co.jp/craft/popupcard-pro_en/ consultado 21/06/2021
- [37] The Allegro Book Colection <https://allegrobookcollection.typepad.com/allegro-bookcollection/> Consultado el 08/08/2021
- [38] Universidad de Tsukuba, investigación sobre sistemas de diseño interactivo de pop-ups, http://www.cgg.cs.tsukuba.ac.jp/~iizuka/projects/popup/popup_eng.html consultado 05/08/2021
- [39] Universitat Oberta de Catalunya módulo sobre Preimpresión, impresión y encuadernación http://cv.uoc.edu/UOC/a/moduls/90/90_227b/web/main/m5/v0.html Consultado el 06/08/2021
- [40] Wolfram Mathematica <https://www.wolfram.com/mathematica/index.html.es?footer=lang> consultado 21/06/2021

CRÉDITO DE IMÁGENES

En este apartado se recogen los créditos de imagen de todas aquellas figuras empleadas en la realización de este TFG. Muchas de ellas han sido posteriormente editadas o modificadas por el autor por motivos estéticos o divulgativos. Todas aquellas imágenes no referenciadas son de autoría propia.

Fig. 1, 2, 3 y 4. Pliegos de “Liber Floridus”. Extraído del manuscrito digitalizado, visitable en la página web de la Universidad de Ghent <https://lib.ugent.be/en/catalog/rug01:000763774?i=0&q=archive.ugent.be:018970A2-B1E8-11DF-A2E0-A70579F64438>

Fig. 5. Pliego de “Ars Magna”. Extraído de la tienda “Compremejor.org” <https://www.compremejor.es/producto/ars-magna-ramon-llull-siglo-xvi/>

Fig. 6. Fotografía de “Astronomicum Caesareum”. https://1.bp.blogspot.com/-r_fVO7Ox8IU/X5_kGZja0XI/AAAAAAAAALoE/KkoJlyeTvje5vFTw7a2by7w_4LREbV-9qQCLcBGAsYHQ/s2048/IMG_20201029_120149.jpg

Fig. 7, 8 y 9. Fotografías de “Elementos”. Obtenidos del *tweet* de Nao Casanova <https://twitter.com/NaoCasanova/status/1332658746649178112> se desconoce la fuente original de los documentos, o si son originales de la *twitera*.

Fig. 10. “Remmlin’s Catoptrum microcosmicum”. Obtenida de la colección digital de la Thomas Fisher Rare Book Library, Universidad de Toronto. <http://drc.usask.ca/projects/archbook/flaps.php#textnote5>

Fig. 11. Fotografía de “Vivae imagines partium corporis humani” Extraído del archivo web del museo Open Collection de Londres de la <https://catalogue.wellcome-library.org/>

Fig. 12. Fotografía de “Adán y Eva” obtenida de la Tesis de Marta Serrano Sánchez “¡Pop-up! La arquitectura del libro móvil ilustrado infantil” página 42

Fig. 13. Fotografía de un peep-show, obtenida del blog “Art Mirrors Art” <https://art-mirrorsart.wordpress.com/2014/10/02/raree-shows-in-couven-museum/>

Fig. 14. Fotografía de un libro túnel, obtenida de la página web del *Albert and Victoria Museun* en Londres. <https://www.vam.ac.uk/articles/paper-peepshows>

Fig. 15. Fotografía de “The History of little Fanny”, obtenida de la web de la Provincial Booksellers Fairs Association <https://www.pbfa.org/books/the-history-of-little-fanny-exemplified-in-a-series-of-figures>

Fig. 16. “Livre joujou avec figures mobiles”, obtenida de la web de Ricochet <https://www.ricochet-jeunes.org/articles/linvention-du-livre-tirettes>

Fig. 17. “Dean’s Moveable Book of Children’s Sports and Pastimes”, obtenida de la web de subastas *Bonhams*. <https://www.bonhams.com/auctions/16173/lot/437/>

Fig. 18. Dean’s New Scenic Books No. 3 “Cinderella”, obtenida de la web de subastas *Skinner*. <https://www.skinnerinc.com/auctions/2819T/lots/118>

Fig. 19. Ejemplo de “dissolving view”, obtenida de <http://emopalencia.com/desplegables/historia.htm>

Fig. 20. “Peeps into Fairy Land”, obtenida de <http://emopalencia.com/desplegables/>

historia.htm

Fig. 20. “Peeps into Fairy Land”, obtenido de <https://wonderland100.com/sales/peeps-into-fairyland-a-panorama-picture-book-of-fairy-stories>

Fig. 21. “Das Puppenhaus”, obtenido de la librería IberLibro. <https://www.iberlibro.com/Puppenhaus-POP-UP-MEGGENDORFER-Lothar-Essingen-Munich/22803310645/bd>

Fig. 22. “Daily Express Children’s Annual n°2” En la web de la librería Stella & Rose’s Books. <https://www.stellabooks.com/books/s-louis-giraud/daily-express-childrens-annual-no-2/1709199>

Fig. 23. “Daily Express Children’s Annual n°2”, obtenida de <http://emopalencia.com/desplegables/historia.htm>

Fig. 24. “Bookano Stories n°14” En la web de la librería Wadard Books. <https://www.wadardbooks.com/acatalog/info-4050.html>

Fig. 25. “Bookano Stories n°14”, obtenida de un anuncio en Etsy. <https://www.etsy.com/mx/listing/595131842/vintage-libro-emergente-bookano-stories>

Fig. 26. “Bookano Stories n°15”, obtenido en <https://www.biblio.com/book/pop-up-book-bookano-stories-no15/d/662780470>

Fig. 27. “The Pop-Up Pinocchio”, obtenido en <https://www.biblio.com/book/pop-up-book-bookano-stories-no15/d/662780470>

Fig. 28. “El Ratón Mickey en el circo”, obtenido en <https://www.biblio.com/book/pop-up-book-bookano-stories-no15/d/662780470>)

Fig. 29. “How Columbus discovered America”, obtenido en <https://www.biblio.com/book/pop-up-book-bookano-stories-no15/d/662780470>

Fig. 30. “Index Book”, obtenido en <https://www.biblio.com/book/pop-up-book-bookano-stories-no15/d/662780470>

Fig. 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37. Fotografías obtenidas de la Tesis de Marta Serrano Sánchez “¡Pop-up! La arquitectura del libro móvil ilustrado infantil” página 150

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Armadura, plano contenedor o pliego base: Plano plegado, normalmente por la mitad, que contiene el *pop-up*. Al desabativarse sobre su eje de plegadura en un ángulo determinado, usualmente 90 o 180°, el *pop-up* adquiere su característica tridimensionalidad. También puede contener otro tipo de mecanismos bidimensionales.

Astralón: Es la plancha de plástico o acetato transparente indeformable sobre la que se montan los fotolitos de las páginas siguiendo una imposición concreta hasta formar una plancha de imprenta.

Brazo giratorio: Pieza similar a un brazo, normalmente compuesta de una tira rectangular del material empleado en el *pop-up* (generalmente papel), que unida a un punto de giro utiliza el movimiento de un segundo punto para mover un tercero.

Doble / línea de plegadura: Recta que se corresponde con el eje de abatimiento de un plano del *pop-up*.

Fulcro: Punto o recta en torno al cual gira una palanca.

Guía: Tira o ranura, que dejando un canal bajo ella permite guiar un mecanismo.

Harlequinade o mix-and-match o turn-up: Documento similar a un panfleto conformado por un plano de papel plegado sobre sí mismo con solapas. Al desabativarse dichas solapas se descubren dibujos y textos de forma dinámica.

Imagen disolvente o dissolving views: Ilustración con incisiones verticales u horizontales, que entrelazada sobre otra con incisiones en la misma dirección permite la visión de la inferior o la superior al moverse en dirección contraria a la de las incisiones.

Ingeniero de papel: Denominación comúnmente utilizada para los diseñadores de *pop-ups*.

Lengüeta o pull-tab: Pestaña o tira que permite accionar el conjunto o parte de un mecanismo de papel al tirar de ella.

Leva: Pieza móvil que proporciona una rotación alejada del centro o un movimiento alterno a otra pieza.

Libro a tiras: Tipología de libro formado por tiras horizontales unidas por el

lomo, de tal forma que las páginas puedan estar formadas por distintas combinaciones de tiras.

Libro carrusel o *star book*: Libro que, al abrirse totalmente, completando un giro de 360° de tal forma que la portada y la contraportada coincidan, forma un escenario tridimensional de aspecto similar a un carrusel. Normalmente se componen de tres o cinco pliegos, cada uno de ellos con un *pop-up*.

Libro troquelado, *slot book* o *cut-out book*: Libro que incluye figuras recortables que pueden encajarse en ranuras de las distintas páginas del libro.

Libro túnel: Construcción de papel contenida en una caja o encuadrada, compuesta de una serie de planos troquelados unidos entre sí por cintas o piezas de papel doblado. La conjunción de planos troquelados y uniones crean un elemento similar a un acordeón que al extenderse genera sensación de profundidad.

Libros de artista: Ediciones limitadas de libros móviles que se comercializan en galerías de arte.

***Living pictures*:** Ilustración móvil formada mediante la combinación de mecanismos planos, de tal forma que al tirar de una lengüeta partes de la ilustración se desplazan o giran.

Lomo interior: Doblez central de la página base, coincidente con el eje de plegadura del plano contenedor del *pop-up*.

Marca de plegado: Hendidura en el papel o material del que esté compuesto el *pop-up*, creada con una cuchilla de hendido, marca un eje de plegadura y facilita el doblado.

Mecanismo: Cualquier combinación de palancas, pivotes y tiras que recibe energía de una lengüeta o una leva, ocasionando un movimiento.

***Mockup*:** Último prototipo o *whyte dummy* entregado a la editorial y sobre el que se realizarán los últimos retoques antes de la impresión y ensamblado del libro final.

***Nesting*:** Proceso en el que la empresa manufactora o el ingeniero organizan las piezas desplegadas de *pop-up* en pliegos del tamaño de la plancha de impresión que se vaya a utilizar. Cada pliego contendrá el mayor número de piezas posibles de tal forma que se reduzca a mínimos el desperdicio de papel. En la colocación de las piezas se tiene en cuenta la dirección principal de la fibra del papel, ya que al ser el papel un material anisotrópico, la resistencia y durabilidad del *pop-up* dependerá de la dirección de los planos y dobleces en relación a la de la fibra.

Oscilar: Movimiento hacia delante y hacia atrás con respecto a un eje de giro.

Ozálidas: Se trata de una impresión en menor calidad de los pliegos del libro, con el papel e ilustraciones que se usarán en la versión final. Esta última prueba sirve

al editor para examinar el resultado final del producto impreso y verificar que las páginas estén en orden, las imágenes bien encuadradas y cortadas, que no falte ninguna fuente, y que aparezcan todos los elementos en el sitio adecuado.

Palanca: Dispositivo que gira en torno a un fulcro y que se utiliza para trasladar un primer punto a un segundo, de tal forma que aplica presión en un tercero.

Peep-show: Caja de madera con una sucesión de planos troquelados paralelos en su interior, permitían crear la ilusión de tridimensionalidad al ser observados desde una mirilla.

Pêlle-mêle: Denominación en francés para el libro a tiras. Usado también en otros idiomas para referirse a un libro con tres franjas de tiras.

Pestaña alada: Pestaña que se dobla, se inserta en una ranura y finalmente se dobla para fijarse en ese lugar, evitando así el uso de pegamento.

Pestaña: Área de la estructura utilizada para unir una pieza de papel con pegamento a otra, en ocasiones, para dificultar su desprendimiento, se inserta en una ranura y se pega posteriormente.

Pieza insertada: Cualquier pieza de papel insertada en una ranura.

Pieza unida: Cualquier pieza pegada directamente a otra pieza, sin ser introducida por una ranura.

Pivote: Punto alrededor del que gira un dispositivo o una rueda.

Pop-up: Término para designar estructuras tridimensionales plegables y mecanismos hechos a partir de planos, normalmente de papel o cartulina. Consultar página 15.

Punto de giro: centro absoluto del pivote.

Punto de pegado: Punto exacto por el que se pegan las piezas de papel.

Recorrido: Movimiento que experimenta el *pop-up* desde su punto de reposo (plegado y contenido en el plano página base) hasta la apertura total de la página base, 90 o 180°, siguiendo una trayectoria específica.

Ruleta o Volvelle: discos de papel individuales o superpuestos, que amarrados en su eje central, pueden girar en torno a él.

Scenic books o teatrillos: Estos libros, inspirados en los libros túnel, conseguían crear la ilusión de profundidad mediante la superposición de tres planos troquelados que, unidos entre ellos por cintas, se elevaban a levantar una solapa que correspondía con el plano de fondo

Self erecting living models: Primer nombre usado para designar a los *pop-ups*.

Solapa: Pieza de papel provista de un doblez que permite levantarla o abrirla

Solapa de borde de página o *gate fold*: Solapa formada por la continuación y plegado del plano base sobre sí mismo.

Troquel: Bloque de madera con cuchillas de metal incrustadas para cortar piezas de papel.

Troquelado: Corte que el troquel realiza en el papel.

Tubo: Estructura formada de dos planos y tres solapas, de tal forma que al plegarse sobre sí misma y pegarse en sus dos extremos, forma una construcción hueca de grana resistencia.

***Whyte dummie*:** Primer prototipo finalista de *pop-up* fabricado con el objeto de enseñárselo al cliente. No incluye texto ni ilustraciones. En caso de incluirlos, será en forma de bocetos a lápiz para que así el cliente pueda visualizar fácilmente el aspecto final del *pop-up*.

DEL PLANO AL ESPACIO RAZONES GEOMÉTRICAS DETRÁS DEL POP-UP

Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Trabajo Fin de Grado

Convocatoria de septiembre 2021.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid.

Autor: Noelia Acebes Fernández
Tutor: Antonio Álvaro Tordesillas