



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE ARTES  
Carrera de Diseño de Interiores

“EXPERIMENTACIÓN DE POLÍMEROS  
PARA GENERAR UN SISTEMA DE PANELES TERMOFORMADOS  
EN REVESTIMIENTOS INTERIORES”

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE DISEÑADORA DE INTERIORES

Cuenca, Marzo de 2016

DIRECTOR: DIS. CARLOS JULIO PESÁNTEZ PALACIOS

AUTORA: VERÓNICA ELIZABETH GARCÍA REINO





## RESUMEN

Considerando que el diseño de ambientes en nuestra ciudad, mayoritariamente ha sido tradicionalista y que con el paso del tiempo ha ido mejorando esas facetas, es conveniente reflexionar para adaptarla a nuevos espacios confortables haciendo del diseño de ambientes algo notorio que satisfaga la visibilidad de quienes lo disfrutan enriqueciéndola y renovándola.

Actualmente, los espacios habitables se han convertido en zonas de gran importancia, es por eso que debemos pensar que al adecuar un ambiente podremos generar sensaciones siendo así el objetivo que busca el diseño interior. La experimentación con polímeros llevará a conseguir un producto de diseño para revestimientos interiores los cuales darán armonía, un estilo o una tendencia característica a los diferentes espacios.

Como consecuencia, este documento se lo puede tomar como un aporte, que ofrece soluciones para recubrimientos de paredes, que se pueden aplicar a una vivienda o a un área comercial. Para lograr esto, es muy importante tener presente la relación Diseño – Confort, lo cual nos permite conocer de mejor manera las necesidades de las personas para brindarles la estética deseada y de esta manera realzar y dar una personalidad e identidad al lugar donde habita para su mayor bienestar y eficiencia en todas sus actividades.

### **PALABRAS CLAVE:**

DISEÑO DE AMBIENTES, ESPACIO CONFORTABLE, POLÍMEROS, RECUBRIMIENTOS DE PAREDES, ESTÉTICA, PERSONALIDAD, IDENTIDAD, BIENESTAR Y CONFORT.

## ABSTRACT

Whereas the environment design in our city it has largely been traditionalist and that over time it has gone improving that facet. For this reason is convenient reflect it in order to adapt this aspects to new comfortable spaces. It makes the environment design much more noticeable for the purpose to satisfy the visibility of those who enjoy enriching and renewing.

Nowadays, the living spaces have become on pretty important areas. Therefore, you have to think about when you adequate an environment you will be able to generate good sensations that it is the main aim on interior design. The experimentation with polymers will achieve a design product to wall coverings which will give harmony, style or features to the different spaces.

Consequently, this document would be taken as a contribution which offers solutions for wall coverings. This can be applied to a home or commercial area. To achieve this, it is mandatory keeping in mind the design- comfort relationship. This will allow you knowing about the personal necessities in order to offer them wished aesthetic . Therefore, it can enhance and give a personality and identity place where somebody lives in order to get the bigges wellness and all the activities that they will try.

### **KEYWORDS:**

DESIGN ENVIRONMENTS, COMFORTABLE SPACE, POLYMERS, WALL COVERINGS, AESTHETICS, PERSONALITY, IDENTITY, WELFARE AND COMFORT.





# ÍNDICE

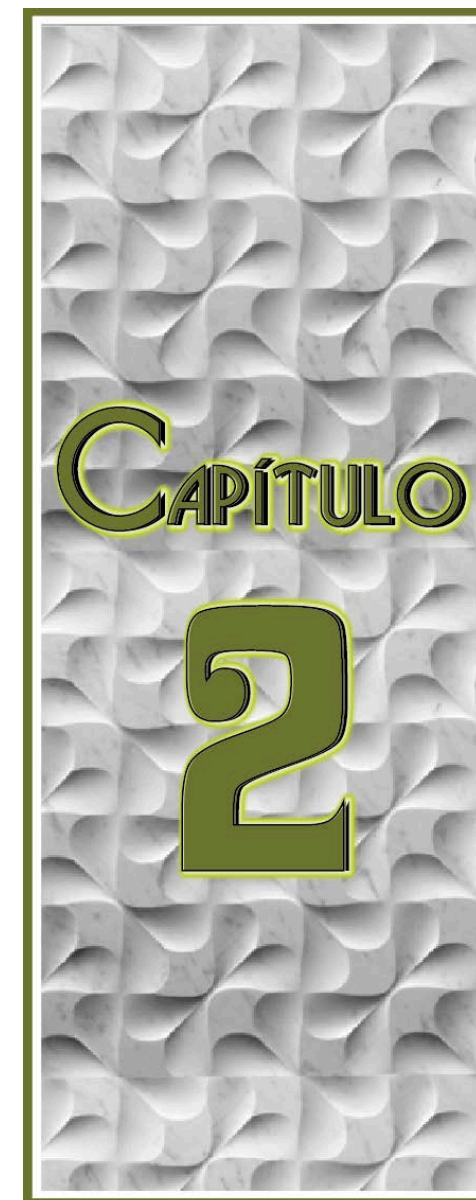
Introducción	17
Objetivos	19
<b>CAPÍTULO 1: EL TERMOFORMADO Y SUS MECANISMOS</b>	21
<b>1.1 Historia referente a la invención del termoformado</b>	23
1.1.1 Productos fabricados por termoformado	23
- Industria del empaque	24
- Señalización y anuncios	24
- Artículos para el hogar	25
- Industria médica	25
- Agricultura y horticultura	26
- Construcción y vivienda	26
- Equipaje	27
- Equipo fotográfico	28
<b>1.2 Preámbulo del termoformado</b>	29
1.2.1 Concepto de termoformado	29
1.2.2 Pasos del proceso de termoformado	31
- Sujeción de la lámina	31
- Calentamiento de la lámina	32
- Formado	34
- Métodos de conformado	34
- Enfriamiento	38
- Corte	38
<b>1.3 Máquinas de Termoformado</b>	39
1.3.1 Métodos de termoformado	40
- Termoformadora alimentada por lámina	40
- Termoformadora alimentada por rollo	40
- Termoformado al vacío	41
- Termoformado a presión	41
- Termoformado mecánico	42
1.3.2 Modelos de termoformadoras	42
- Series desktop	42
- Compactas hacia el suelo	44
- Formatos grandes	45
- Alto rendimiento	46
<b>1.4 Conclusión</b>	46

# ÍNDICE

## MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 2: MATERIALES TERMODEFORMABLES Y SUS PROPIEDADES 47

<b>2.1 Conceptos generales de los materiales termodeformables</b>	49
2.1.1 Reseña histórica de los materiales plásticos	49
2.1.2 Características de los plásticos	50
<b>2.2 Clasificación de materiales termodeformables</b>	51
2.2.1 Elastómeros	51
2.2.2 Termoestables	52
2.2.3 Termoplásticos	52
<b>2.3 Análisis de materiales termodeformables y sus propiedades</b>	53
2.3.1 Termoplásticos	53
2.3.2 Duroplásticos	54
<b>2.4 Materiales termodeformables</b>	55
2.4.1 HDPE	55
2.4.2 LDPE	56
2.4.3 Estireno	56
2.4.4 HIPS	57
2.4.5 ABS	57
2.4.6 Policarbonato	58
2.4.7 UHMWPE	58
2.4.8 TPO	59
2.4.9 EVA	60
2.4.10 Acrílico	60
2.4.11 PVC	61



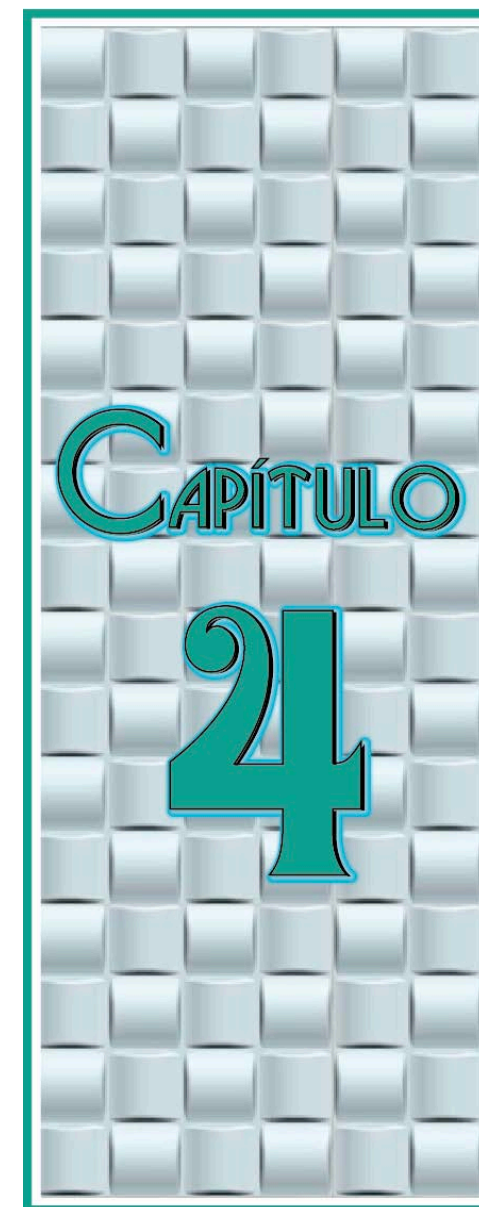


# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 3: REFERENCIAS, PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN Y EXPERIMENTACIÓN CON POLÍMEROS</b>	<b>63</b>
<b>3.1 Referentes de diseñadores que han utilizado el termoformado.</b>	<b>65</b>
3.1.1 Silla Peacock (Pavo Real)	65
3.1.2 Banco termoformado del diseñador belga Xavier Lust	66
3.1.3 Sleepbox diseñado por Gaspar Lohner	66
3.1.4 Diseño de bañeras termoformadas de Manuel Dreesmann	67
3.1.5 Hemp Chair diseño de Werner Aisslinger	68
<b>3.2 Moldes para termoformado</b>	<b>70</b>
3.2.1 Principales características de los moldes	71
3.2.2 Recomendaciones para moldes de termoformado	77
<b>3.3 Experimentaciones con polímeros</b>	<b>78</b>
3.3.1 Experimentación con lámina de PVC de 2 mm en molde realizado de cartón rígido con masilla plástica mustang.	78
3.3.2 Experimentación con lámina de Acrílico de 2 mm en molde realizado de cartón rígido con masilla plástica mustang.	80
<b>3.4 Proceso de construcción de la termoformadora</b>	<b>81</b>
3.4.1 Construcción de la caja al vacío	81
3.4.2 Construcción de la caja de las niquelinas	82
3.4.3 Ensamblaje y armado de la termoformadora	82
3.4.4 Resultado del panel realizado en la máquina de termoformado	83

<b>CAPÍTULO 4: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PANELE MEDIANTE TERMOFORMADO.</b>	85
<b>4.1 Proceso de diseños de paneles para el termoformado de polímeros</b>	87
4.1.1 Diseño de panel Art Deco.	87
4.1.2 Diseño de panel Art Nouveau.	92
4.1.3 Diseño de panel Minimalista.	95
4.1.4 Diseño de panel Pop Art.	98
4.1.5 Ficha técnica de la construcción de moldes para los paneles	101
4.1.6 Moldes machos y hembras para generar paneles termoformados	102
<b>4.2 Prototipo, mampostería y acabado de paneles.</b>	103
4.2.1 Definición de prototipo	103
4.2.2 Instalación de paneles	104
4.2.3 Experimentación de acabados para los paneles termoformados	107
<b>4.3 Representación gráfica de la aplicación de los paneles dentro de espacios: Corporativo y Residencial.</b>	110
4.3.1 Alternativas para la disposición de los paneles sobre una superficie	111
4.3.2 Diseños para la aplicación de paneles.	112
4.3.3 Panel diseño Art Deco.	113
4.3.4 Panel diseño Art Nouveau	119
4.3.5 Panel diseño Minimalista	125
4.3.6 Panel diseño Pop Art	131
<b>4.4 Aplicación de paneles en espacios: corporativo y residencial</b>	137
4.4.1 Aplicación de panel Art Deco	137
4.4.2 Aplicación de panel Art Nouveau	140
4.4.3 Aplicación de panel Minimalista	143
4.4.4 Aplicación de panel Pop Art	146
<b>4.5 Cuadro de costos</b>	149
<b>Conclusión</b>	151
<b>Anexos</b>	153
<b>Referencias bibliográficas</b>	160

# ÍNDICE







Universidad de Cuenca  
Cláusula de derechos de autor

Yo, *Verónica Elizabeth García Reino*, autora de la tesis “Experimentación de polímeros para generar un sistema de paneles termoformados en revestimientos interiores”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Diseñadora de Interiores. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, Marzo del 2016

Verónica Elizabeth García Reino

C.I: 0103779237





Universidad de Cuenca  
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, *Verónica Elizabeth García Reino*, autor/a de la tesis “Experimentación de polímeros para generar un sistema de paneles termoformados en revestimientos interiores”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora

Cuenca, Marzo del 2016.

Verónica Elizabeth García Reino

C.I: 0103779237





# AGRADECIMIENTO

Primeramente doy gracias a Dios por su infinita bondad  
y por haber estado conmigo fortaleciendo  
mi corazón e iluminando mi mente.

A mis padres y hermanos quienes a lo largo  
de toda mi vida me han apoyado y  
han motivado mi formación académica,  
depositando su confianza en cada desafío que se  
me presenta sin dudar de mi capacidad.

De todo corazón a un hombre muy especial,  
a quien amo mucho Galo Fabián Maxi Ñamagua quien  
ha sido mi soporte y apoyo para seguir adelante  
sin bajar los brazos en los momentos difíciles.

A mi director de tesis y a mis profesores a quienes les  
debo gran parte de mis conocimientos,  
finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa  
Universidad, la cual me abrió sus puertas, preparándome  
con sus conocimientos impartidos para un futuro competitivo.



# DEDICATORIA

Con todo mi cariño, esta tesis se la dedico, en primer lugar a Dios por estar conmigo en cada momento.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar, gracias por compartir mis sueños y ser parte de ellos.

También dedico este trabajo a una persona incondicional, mi enamorado y amigo, por estar a mi lado apoyándome para seguir adelante y ser parte fundamental de mi vida, gracias mi amor.

A toda mi familia, por ser parte esencial de este proceso brindándome la fuerza necesaria para el desarrollo de esta tesis.







La presente tesis es una experimentación que tiene como objetivo generar paneles termoformados a base de polímeros que sirvan para recubrimientos de ambientes interiores dándoles un carácter y distinción al espacio habitable. Como sabemos hoy en día los productos plásticos son en su mayor parte utilizados por los sectores de la industria en general. Es difícil encontrar un lugar en donde de alguna forma no se estén presentes. Debido a sus grandiosas cualidades, este material ha ido reemplazando en muchas aplicaciones a materiales antes comúnmente usados como la madera o los metales. El plástico es ideal para la producción de muchos productos como por ejemplo: empaques, tinas, tanques de agua, juguetes, moldes, partes de maquinaria, contenedores de alimentos, etc.

¿Por qué no puede ser utilizado para ambientar un espacio? En nuestro país el mercado de éstos y nuevos productos va cada día en aumento, presentándose como una buena alternativa de inversión. En la industria de la transformación del plástico podemos encontrar algunos métodos como son: de inyección, rotomoldeo, extrusión y termoformado.

# INTRODUCCIÓN

Este último método es el que he decidido investigar, por considerarse como el proceso más sencillo y económico de todos. En el termoformado se puede encontrar una extensa diversidad en maquinaria y métodos de formado, siendo las más usadas las termoformadoras alimentadas por láminas. Con la elaboración de mi proyecto de tesis se pone en práctica los conocimientos adquiridos en la Universidad a lo largo de estos cuatro años de estudio, confrontando la teoría con la práctica, diseñando y construyendo prototipos que me permita experimentar con diversos tipos de polímeros para generar paneles 3D que son recubrimientos novedosos en nuestro medio y por eso serán realizados para regirse dentro de lo que abarca el diseño en espacios aportando elementos decorativos innovadores para revestimientos elaborados a nivel local, mediante la técnica de termoformado la cual posee grandes ventajas como la utilización de pocas herramientas, costo de ingeniería baja y menos tiempo, siendo ideal para el desarrollo de prototipos y un bajo volumen de producción.





# OBJETIVOS

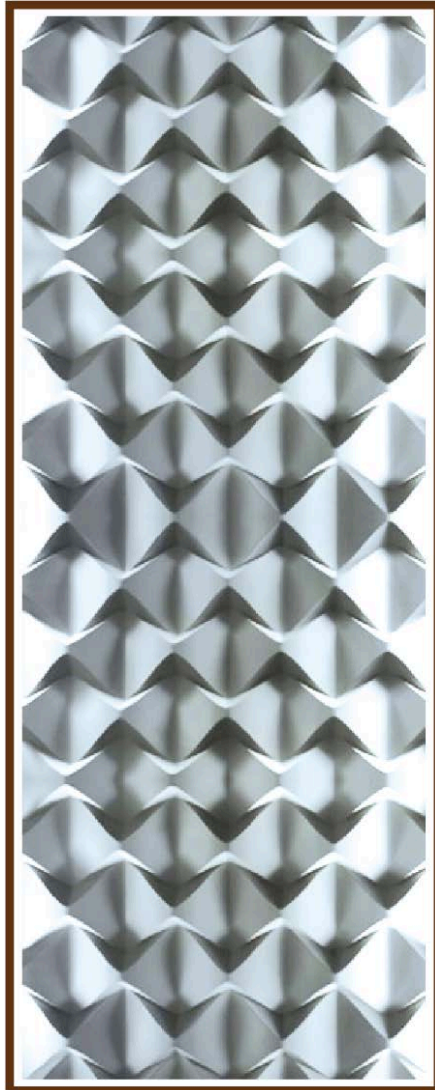
## OBJETIVO PRINCIPAL

Generar un producto que sirva de recubrimiento para ambientar espacios, mediante la experimentación con polímeros; para elaborar paneles en relieve a partir de la técnica del termoformado aportando elementos decorativos innovadores para recubrimientos de interiores elaborados a nivel local y así poder usar los conocimientos adquiridos a un proyecto experimental, con el propósito de lograr el objetivo propuesto.

## OBJETIVOS COMPLEMENTARIOS

- Recopilar información acerca del proceso de termoformado y sus mecanismos.
- Determinar materiales termodeformables y sus propiedades.
- Investigar métodos similares utilizados por diseñadores para generar productos.
- Construir los paneles mediante la técnica de termoformado.





[www.marble-stone-carving.com](http://www.marble-stone-carving.com)

## Capítulo 1

# EL TERMOFORMADO Y SUS MECANISMOS

*"Aquí hay una de las pocas claves efectivas del problema de diseño: la habilidad del diseñador de reconocer tantas limitaciones como sea posible, su deseo y entusiasmo por trabajar con estas limitaciones, las limitaciones de costo, tamaño, resistencia, equilibrio, superficie, tiempo, etc.; cada problema tiene su propia lista particular."*

**Charles Eames.**





## 1.1 HISTORIA REFERENTE A LA INVENCION DEL TERMOFORMADO.

" Desde principios del siglo XX se han conocido algunas técnicas del formado de láminas, con materiales como el metal, vidrio y fibras naturales. Los verdaderos principios del termoformado se dieron con el desarrollo de los materiales termoplásticos, lo cual fue durante la segunda Guerra Mundial.

Los años de postguerra trajeron los grandes volúmenes de comercialización y el rápido desarrollo de equipos y maquinaria capaces de adaptarse a los métodos modernos de manufactura, para producir productos más útiles y más rentables.

Durante los años cincuenta, los volúmenes de producción de materiales termoplásticos y los productos hechos con ellos alcanzaron cifras impresionantes. La década de los 60's fue una era que cimentó las bases del futuro desarrollando la industria del termoformado.

En los 70's, los grandes consumidores y la competencia entre productos, demandaron máquinas de alta velocidad y productividad.

Los productores de equipo satisficieron tales necesidades con máquinas capaces de producir cerca de cien mil contenedores individuales termoformados por hora. También hubo necesidad de sofisticar los controles.

Desde la década de los 80's hasta la fecha, los termoformadores han ganado tal confianza en su proceso,

que han ido más allá de sus expectativas y han establecido líneas continuas capaces de producir artículos terminados termoformados a partir ya no de lámina, sino del pellet de resina; además de reciclar su desperdicio con un mínimo de control.

Los equipos se han computarizado y hoy permiten un auto monitoreo y funciones de diagnóstico. Actualmente, los equipos muy complicados no requieren más de una persona para su manejo y control gracias a los avances de la electrónica.

Por lo anterior, se cree que el mercado de trabajo de la industria del termoformado experimentará una escasez de personal técnico entrenado y experimentado, ya que los conocimientos tradicionales ya no serían suficientes; por lo tanto, conferencias, seminarios, cursos, etc., servirían para incrementar el conocimiento general del termoformador, y darían mayor madurez a ésta bien cimentada industria."  
**(Plastiglas, s.f, p.4)**

### 1.1.1 Productos fabricados por termoformado.

La mayoría de los productos termoformados que se usan actualmente, han servido para reemplazar sus formas de uso original; esta situación se ha dado tan velozmente que ya casi se ha olvidado cuales eran éstas; por ejemplo, no es fácil recordar en que se empacaban las hamburguesas antes de los

empaques de una sola pieza de poliestireno o de que material se recubrían los interiores de los refrigeradores.

El listado que a continuación se mencionará, inicia con el producto de mayor número de piezas termoformadas producidas y va en orden descendente hasta el de menor producción.

### Industria del empaque

Desde que se inició el proceso de termoformado, la industria del empaque ha sido la más favorecida debido a la alta productividad y las bondades que ofrece por costo-beneficio.

En la actualidad, la mayor parte de los equipos de empaquetado (blíster) son de alimentación automática de alta velocidad.

Estos equipos se denominan "forma-llena-sella" y sirven para el empaquetado de cosméticos, carnes frías, refrescos, dulces, artículos de papelería, etc.



Imagen 1.01 Empaque termoformado para maquillaje tomado de:  
<http://systempack.com.co>



Imagen 1.02 Empaque termoformado para dulces tomado de:  
<http://lima.quebarato.com.pe>

### Señalización y anuncios

Son elaborados habitualmente en acrílico y pueden ser de una sola pieza y de grandes dimensiones. En estos anuncios o señalizaciones, prácticamente se utiliza acrílico transparente (cristal) y el color es pintado por el interior con pinturas base acrílica.



El uso del acrílico en exteriores hace que los anuncios sean fuertes a la intemperie y virtualmente libres de mantenimiento, además de soportar condiciones extremas de frío o calor. Como ejemplos de éstos se tienen los anuncios luminosos exteriores, interiores, señalamientos en lugares públicos, oficinas, etc.



Imagen 1.03 Anuncios publicitarios termoformados tomado de: <http://www.conceptos.mx>



Imagen1.04 Anuncio Pizza Hut realizado con máquina de termoformado al vacío tomado de: <http://spanish.alibaba.com>

### Artículos para el hogar

Existe una gran suma de objetos para el hogar que tienen partes termoformadas; realmente, son producciones de alto volumen.

Se hallan, por ejemplo, en gabinetes, lavadoras, lavaplatos, secadoras de ropa, refrigeradores, ventanillas de aire

acondicionado, humidificadores, gabinetes de televisión, radio, etc.

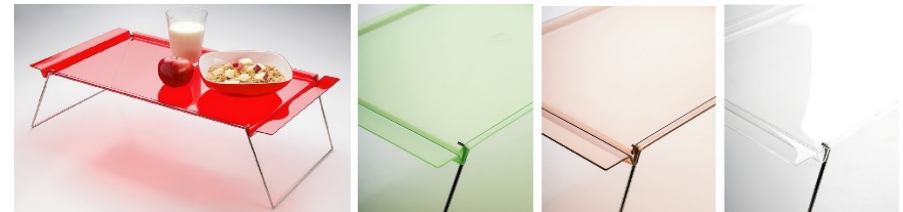


Imagen 1.05 Bandeja de cama de la Línea Clásica de Sarao. Diseñada por Verónica Mercer y Luciana Quinteros, diseñadoras industriales graduadas en la UBA. Tomada de: <http://merceraquinteros.blogspot.com>

### Industria médica

La industria médica requiere de una cuantiosa variedad de productos y empaques esterilizados para hospitales, clínicas y consultorios. Las especificaciones de estos productos suelen ser muy precisas y el uso del reciclado de materiales, es inadmisibles.

La utilización del acrílico, por ser un material fisiológicamente inofensivo, se está acrecentando día con día.

Ejemplos: equipo quirúrgico, jeringas y agujas, mesas quirúrgicas, gabinetes, incubadoras, sillones dentales, artículos dentales y plataformas de ejercicio, etc.



Imagen 1.06 Placas dentales termoformadas tomado de: <http://adeimx.com>

### Agricultura y horticultura

La comercialización de plantas de ornato en supermercados y tiendas especializadas ha creado, desde hace tiempo, la necesidad de fabricar macetas y pequeños contenedores, inclusive hasta de múltiples cavidades para la exposición y venta. Este tipo de contenedores son fabricados con plásticos reciclados y a menor costo.

Como ejemplos se pueden citar: macetas, contenedores de diferentes tamaños de una o varias cavidades, pequeños invernaderos, charolas para crecimiento de semillas, contenedores para siembra, etc.



Imagen 1.07 Maceteros termoformados tomado de: <http://interplastic.cl>

### Construcción y vivienda

La industria de la construcción ha utilizado productos termoformados desde hace algunos años, incrementándose apresuradamente la popularidad de éstos. Hay una gran variedad de productos que sencillamente se han sustituido por piezas termoformadas; de hecho, hay productos que no se podrían fabricar de otra forma, como los domos o arcos cañón.

El acrílico en este sector se ve ampliamente utilizado por sus propiedades de resistencia a la intemperie y termoformabilidad. La arquitectura de interiores exige nuevos diseños que pueden ser logrados con el termoformado plástico. Los ejemplos más comunes son: bañeras, diversidad de asientos y sillones, domos, arcos cañón, tinas de hidromasaje, módulos de baño, lavabos, cancelería para baños, mesas, bases para lámparas, artículos de cocina, relojes, fachadas, escaleras, divisiones, ventanería, acuarios, etc.



Imagen 1.08 Domos termoformados  
tomado de: <http://templados.mex.tl>



Imagen 1.09 Tinas de baño termoformadas  
tomado de:  
<http://www.pradoimagen.com.ar>



Imagen 1.10 Lavabo de baño  
termoformado tomado de:  
<http://www.pradoimagen.com.ar>



Imagen 1.11 Tina Hidromasaje  
termoformado tomado de:  
<http://www.pradoimagen.com.ar>

## Equipaje

Ciertas empresas fabricantes de equipaje, están prefiriendo usar el proceso de termoformado puesto que presenta ventajas sobre los productos por inyección, ya que por ser un moldeo libre de esfuerzos, merman las posibilidades de fracturas en los equipos de las piezas termoformadas.

Ejemplos: maletas de todo tipo, portafolios, etc.



Imagen 1.12 Equipaje termoformado tomado de:  
<http://www.revistastyle.com>

### Equipo fotográfico

*"Uno de los productos más antiguos en el termoformado, son las charolas para revelado, además de los cubos para flash (el reflector metálico) y el magazine para cámaras de piso, aun cuando su producción requiere una técnica de termoformado de precisión." (Plastiglas, s.f)*



*Imagen 1.13 Charolas termoformadas para revelado fotográfico tomado de: <http://www.apphoto.es>*

## 1.2 PREÁMBULO DEL TERMOFORMADO

### 1.2.1 Concepto de termoformado

"El termoformado es un proceso de gran rendimiento para la elaboración de productos de plástico a partir de láminas semielaboradas, que hallan numerosos campos de aplicación, desde el envase a piezas para electrodomésticos y automoción." (Interempresas, 1996).

Para éste proceso se usa una lámina plana de material termoplástico para darle la forma requerida. El proceso se usa ampliamente en el empaque de productos de consumo para fabricar grandes artículos como tinas de baño, domos grandes para tragaluces y revestimiento internos para refrigeradores.

El termoformado consta de dos pasos principales: calentamiento y formado. El calentamiento se efectúa habitualmente mediante radiadores eléctricos en uno o ambos lados de la lámina de plástico inicial, a una distancia aproximada de 125 mm.

La duración del ciclo de calentamiento necesita ser suficiente para ablandar la lámina, dependiendo del polímero, su espesor y color.

Los métodos de formado pueden clasificarse en tres categorías básicas:

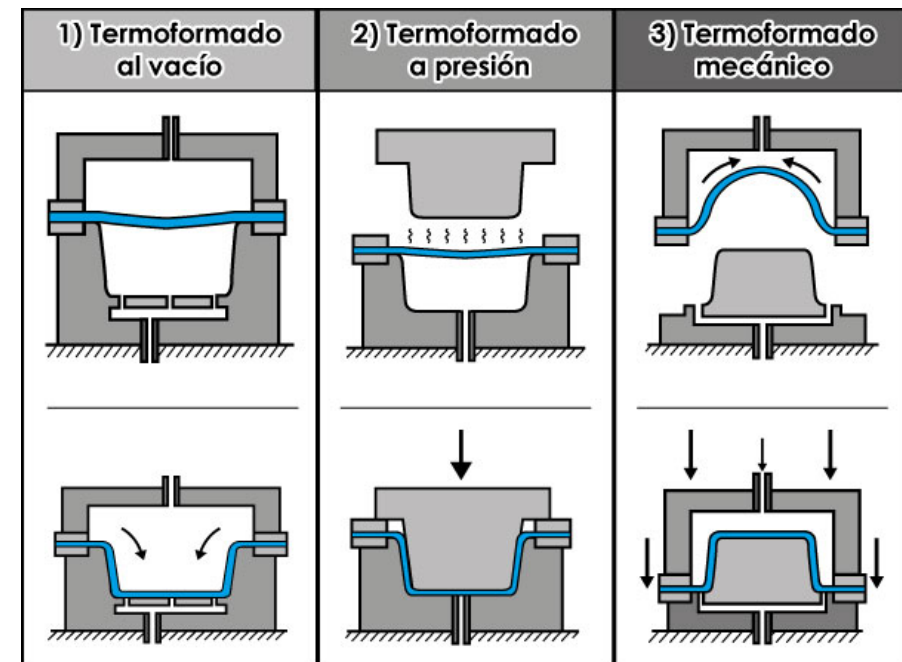


Imagen 1.14. Fuente: <http://procesosdemanufacturaepoch.blogspot.com>



A partir de la existencia de las planchas realizadas con materiales termoplásticos se facilitó la idea de construir moldes hembra para colocar sobre ellos una plancha de estos materiales, la cual se asentaba de modo que el hueco entre molde y pieza fuese estanco, luego se procedía a calentarla hasta su temperatura de reblandecimiento y hacer el vacío en dicho hueco, de modo que el material se extienda y se acople a la superficie del molde. Una vez fría la pieza, se extraía y se recortaba el material en exceso obteniendo de esa manera la pieza acabada. Una alternativa en lugar de aplicar vacío entre el molde y el material a termoformar, es aplicando presión sobre el molde para obtener un resultado equivalente, o también se puede combinar ambas técnicas para ajustes profundos.

Debido a que la lámina a termo-formar sufre un estiramiento, puede suceder que el adelgazamiento de la misma se dé en zonas no adecuadas, además de que puede ser preciso obtener un moldeado de espesor más o menos regular o una gran profundidad de embutisaje. Por ésta razón, se han desarrollado técnicas de pre-estirado por diversos medios,

punzón o soplado previo, que permiten obtener mayor regularidad de espesor.

La adecuación del proceso a las grandes series, esencialmente en recipientes de pequeño tamaño para la industria alimentaria, ha generado el desarrollo de máquinas de moldeo secuencial con moldes de cavidades variadas, y sistemas mecanizados de alimentación y transporte de la lámina, y troquelado y apilado de las piezas.

Este es un proceso que se acopla a la elaboración de grandes piezas, y aquí se inicia la mayor de una serie de embarcaciones finlandesas moldeadas en plancha de ABS con una eslora de 4,70 m. Inclusive es un procedimiento utilizado para fabricar grandes bañeras (spa) en lámina de metacrilato, reforzada luego con un respaldo de poliéster / vidrio.

Los moldes pueden construirse con una variedad de materiales, que va desde la escayola reforzada con fibra de vidrio al acero, con primordial particularidad por el aluminio, dados su conductividad térmica y fácil mecanizado, hacen a estos procedimientos esencialmente apropiados para series cortas, partidas piloto e incluso prototipos.

La rapidez del moldeo depende especialmente del ciclo térmico. Cada clase de material y cada grado de embutisaje hacen que se deba trabajar en una zona alta o baja de la ventana térmica de cada polímero.

Optimizar el intercambio térmico supone disminuir el ciclo total de tiempo que se precisa utilizar.

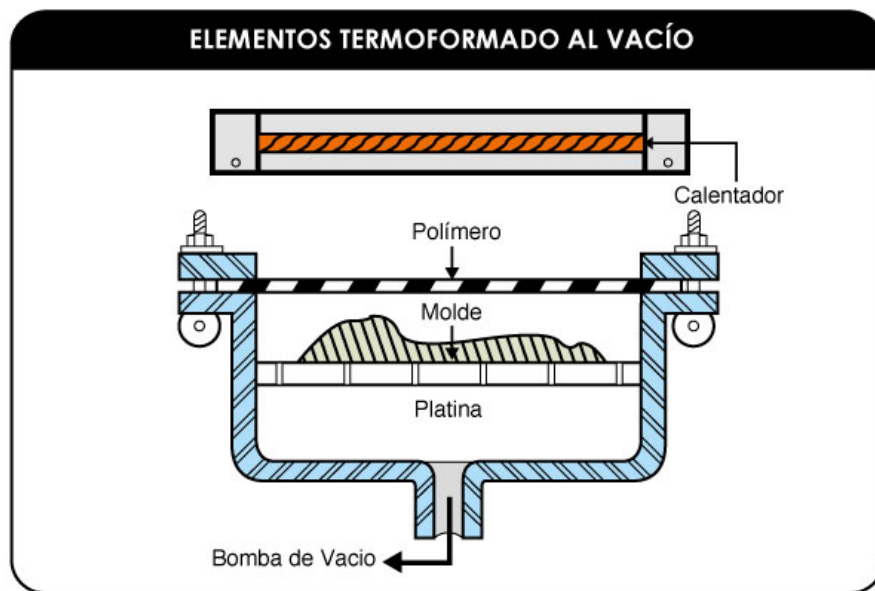


Imagen 1.15 Fuente: <http://prukoginojutsu.blogspot.com>

## 1.2.2 Pasos del proceso de termoformado



Imagen 1.16 Lámina y herramientas de un proceso de termoformado.  
Tomado de: (Garrido, 2004)

El proceso de termoformado consta de cinco pasos: sujeción de la lámina, calentamiento, formado, enfriamiento y corte; resaltándose lo sencillo y práctico del proceso.

### Sujeción de la lámina

Hace referencia al proceso antes del calentamiento. Primeramente en este proceso la lámina o rollo es removido del almacenamiento y secada con un horno secador si es necesario (los rollos no pueden ser secados, solamente las láminas individuales). La lámina es entonces alimentada dentro de la cadena transportadora o marco de sujeción. Con esto el proceso de termoformado está listo para efectuarse.



### Calentamiento de la lámina

Este paso probablemente es el más importante, debido a que el resultado del calentamiento de la lámina puede afectar todos los pasos del proceso siguiente.

La temperatura y el tiempo de calentamiento se consideran los dos factores que se deben controlar para la etapa de calentamiento. El principal objetivo al calentar la lámina es tratar de que la línea central de temperatura se encuentre arriba hasta la mínima temperatura de formado tan pronto como sea posible. Para calentamiento por radiación, la temperatura de la superficie se incrementará rápidamente, y continuará elevándose mientras permanezca en el horno. Esto es muy importante para fijar las temperaturas de calentamiento tal que la temperatura de la superficie de la lámina no se eleve por encima de la máxima temperatura permitida. Si la temperatura de la superficie llega a ser muy alta hay una mayor posibilidad de degradación del material y aún quemar la superficie del mismo, lo cual resultará ser una pieza rechazada. Además es importante limitar la cantidad de calentamiento para algunos materiales, pues si se calienta el material de manera rápida puede provocar una pérdida en la orientación molecular,

degradar la superficie, y para materiales espumosos, resquebrajamiento de la espuma debido a la pobre expansión del material. El tiempo de calentamiento del material será dado por la aplicación de la pieza y el tipo de lámina termoplástica.

Así los termoplásticos tengan un calor de procesamiento específico, el formado necesita una radiación de calor uniforme, rápida e intensa desde los extremos hasta el centro de la superficie. Para termoformar láminas de espesores que excedan de 1.02 mm se deben usar calentadores tipo sándwich (arriba y abajo).

Para cerciorarse que es usado suficiente calor, los calentadores deben tener capacidad de al menos 43 a 65 KW/m<sup>2</sup>.

La curva de la imagen 1.04 muestra el común perfil de calentamiento de una lámina termoplástica. El área de formado (temperatura de lámina mínima y máxima permitida) por lo general el fabricante del material especifica. El hecho que la línea central de la lámina quede atrás de la temperatura de la superficie indica que el gradiente de temperatura aparecerá a través del espesor de lámina, el cual es ciertamente el caso.



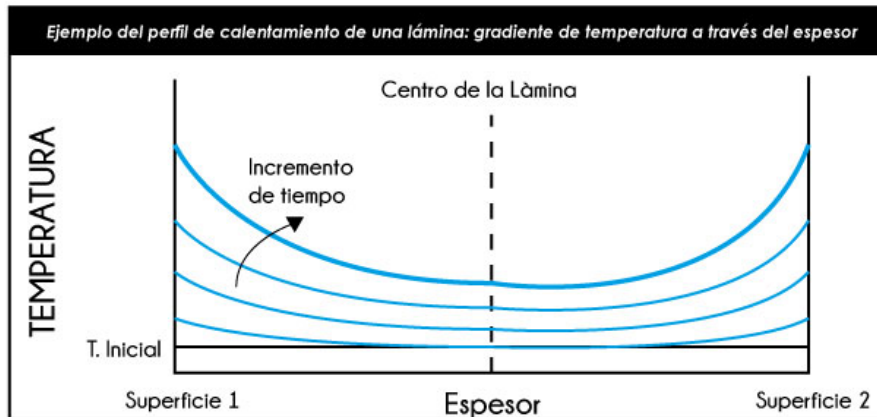


Imagen 1.17 Ejemplo del perfil de calentamiento de una lámina termoplástica tomada de <http://repositorio.uis.edu.co>

La imagen 1.05 muestra los gradientes de temperatura que aparecen a través del espesor de la lámina durante el ciclo de calentamiento. El nivel de variación de temperatura a través de la lámina depende del espesor del material. En láminas gruesas las variaciones de temperatura serán mayores mientras que en láminas delgadas se verán variaciones serán muy pequeñas. Es primordial observar que se desea una mínima variación de temperatura a través del espesor de la lámina.

Los gradientes de temperatura inclusive pueden generarse a través de la superficie de la lámina debido a un calentamiento no uniforme. El calentamiento no uniforme se genera naturalmente en los sistemas de calentamiento por radiación aun si la fuente de calor se mantiene constante, la temperatura distribuida uniformemente.

Si la fuente de radiación es mantenida a una temperatura uniforme, el centro de la lámina se volverá más caliente que los extremos y las esquinas. Esto es debido a la naturaleza del calentamiento por radiación. En el centro de la lámina se acumulará más energía que los extremos y las esquinas, por lo que éste será más caliente.

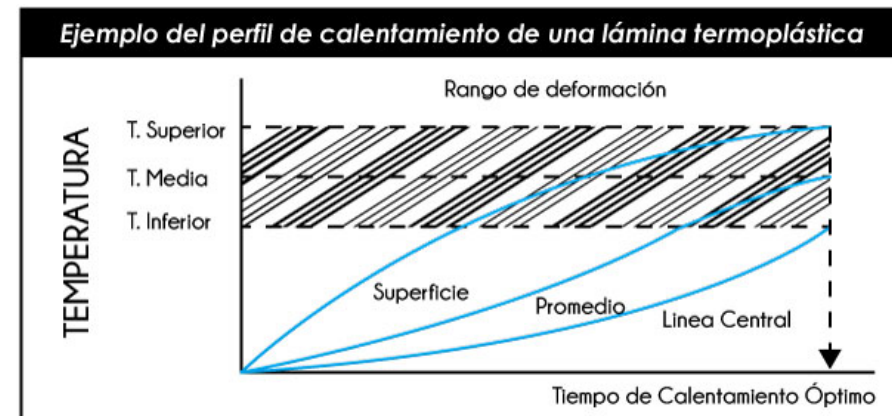


Imagen 1.18 Ejemplo del perfil de calentamiento de una lámina: gradiente de temperatura a través del espesor tomada de <http://repositorio.uis.edu.co>

Después de exponerse al calor la lámina empieza temporalmente a tensarse. Este comportamiento la mayoría de las ocasiones pasa por desapercibido. En el momento de mayor calentamiento la lámina se ablandará una vez haya alcanzado la temperatura adecuada. Finalmente por la gravedad comenzará a ceder y a pandearse, siendo este el primer comportamiento notable de la lámina. El pandeo de la lámina puede ser benéfico si se usa para el pre estiramiento en un intento por conseguir una distribución del espesor de la pared. Este pandeo es muy dificultoso de controlar y si se deja mucho tiempo en el horno puede llegar a sobrecalentarse y a rasgarse.

### Formado

Una vez caliente la lámina está lista para ser formada. El formado es ideal pues transmite la forma del molde a la lámina. Como ya se dijo anteriormente, casi todas las operaciones de termoformado utilizan ya sea moldes macho, hembra o machi-hembra. Existen algunos métodos distintos de formado. Algo en común que poseen todos estos métodos es una distribución del material uniforme, la cual puede ser considerada como la finalidad última del termoformado.

### Métodos de conformado

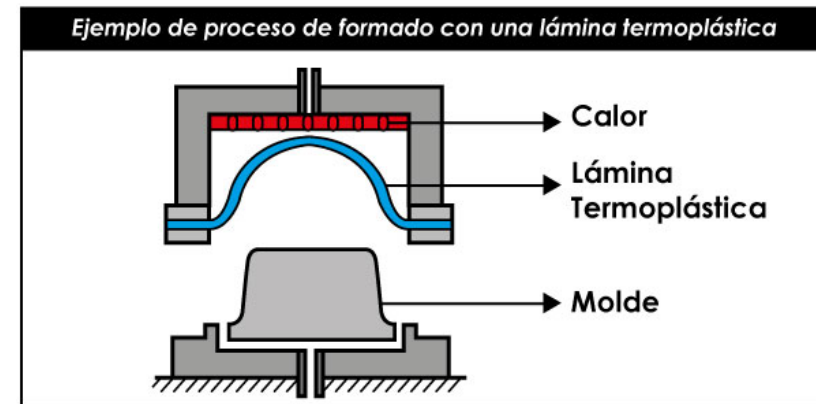


Imagen 1.19 Fuente: <http://procesosdemanufacturaepoch.blogspot.com>

El sistema más fácil es el estirado de una lámina en estado semi-plástico sobre un molde. Mientras que la lámina roza con la superficie del molde, el estirado se detiene y, como resultado, las partes de la lámina que tocan al molde en primer lugar tienen un espesor mayor que el resto.

Si el estirado es pequeño, no queda comprometida la integridad de la pieza y, por tanto, es el procedimiento más usado en el envase de tipo "blíster" y en los embalajes de tipo burbuja.



### - **Conformado de una sola etapa**

Si se coloca un grado elevado de estirado o se utiliza un material grueso no es posible usar el sistema anterior. Para ello existen cinco métodos que sirven para realizar el conformado en una sola etapa.

**A.- Conformado por adaptación:** al calentar la lámina, ésta se baja sobre el molde macho o se hace subir a éste de modo que se adapte a su forma. La adaptación se completa haciendo el vacío entre el molde macho y la lámina, o colocando sobre ella presión de aire. Los productos de este proceso presentan un espesor grande en el fondo que va reduciendo hasta ser minúsculo en los filos.

**B.- Moldeo por vacío:** la lámina se fija sobre el borde del molde hembra haciendo luego el vacío como se ha indicado anteriormente. Al contrario con el proceso anterior, el espesor de la pieza es mayor en los filos y minúsculo en los cantos de la parte inferior.

**C.- Formado a presión:** similar al moldeo por vacío, sobre la lámina se aplica además aire comprimido hasta 1,4 MPa (mega pascales), por lo que el sistema precisa de una cámara cerrada

superior. Este medio se utiliza para conformar materiales como el PP (polipropileno), que se facilitan en rollo, o para transformar láminas de gran espesor en piezas con detalle superficial fino.

**D.- Libre soplado:** se aplica aire comprimido entre una cámara que suplanta al molde, inexistente en este caso, y la lámina para conseguir una burbuja, cuya altura se examina mediante una fotocélula. Dado que la burbuja formada de la lámina no roza con ningún elemento metálico, no tiene ninguna marca y, excepto en las proximidades del marco de fijación, tiene un espesor normal. El aire enfría la burbuja para endurecer la pieza. El sistema se utiliza ampliamente en envases "blíster" (que significa, precisamente, "ampolla") a partir de laminada delgada suministrada en rollo.

**E.- Molde y contramolde:** Se utiliza para conformar piezas a partir de polímeros respectivamente rígidos, como la espuma de PS. Puede aplicarse vacío al molde hembra para ayudar al conformado. No obstante las presiones de cierre son de alrededor de 0,35 MPa, si se aplican fuerzas del orden de 1 MPa puede provocar además un cierto desplazamiento del material.



### - **Conformado en etapas múltiples**

El primordial problema de los métodos descritos es la dificultad para controlar el espesor en piezas complicadas que presenten cantos con radios pequeños o un embutisaje profundo, esencialmente cuando se conforman planchas de un espesor importante. Por ello se han desarrollado métodos con más de un paso, siendo habitualmente el primero una forma de estiramiento de la lámina. Existen cuantiosas variantes que se describen de forma resumida, para facilitar su comprensión.

**1.- Estirado de burbuja:** se forma una burbuja como se ha descrito antes y un molde macho baja a continuación.

Al cerrarse sobre los bordes de la lámina, se aplica vacío entre ambos y presión de aire en la cámara inferior.

**2.- Vacío con respaldo:** de modo inverso al anterior, la burbuja se forma mediante vacío entre la lámina y la cámara inferior.

El molde macho desciende y completa el conformado, efectuándose el vacío entre éste y la lámina y aplicando aire comprimido entre ésta y la cámara.

**3.- Vacío con burbuja:** se utiliza un molde hembra y se aplica aire a presión entre el molde y la lámina. Una vez formada la burbuja, se hace el vacío entre ésta y el molde.

**4.- Vacío asistido con pistón:** para asegurar el espesor del fondo y sus aristas, un pistón macho con la contraforma de éstos desciende sobre la lámina hasta conjugar con la cavidad hembra, entre las cuales se aplica el vacío para completar el moldeo.

**5.- Presión asistida con pistón:** combinando el procedimiento anterior con una cámara superior, este sistema coloca presión de aire sobre la lámina, y el molde hembra lleva taladros de ventilación que logran o no conectarse a una bomba de vacío.

**6.- Presión asistida con pistón con estirado inverso:** como en el método anterior, pero con un paso previo de formación de burbuja con aire a presión desde el molde inferior, hasta que ésta roza al pistón, que baja entonces hasta el empalme con el molde hembra.

**7.- Vacío con burbuja asistido con pistón:** como en el método anterior, pero sin que exista cámara superior para aplicar presión.



**8.- Formado a presión con inmersión de burbuja:** en este caso se utiliza, como en el de vacío con respaldo, una cámara inferior, que permite formar la burbuja, y un molde macho superior que desciende en contacto con ésta, completándose el moldeo con presión desde la cámara.

#### **Otras variaciones**

Existen algunas clases de plásticos con características especiales lo que han hecho necesario desarrollar otras técnicas.

El conformado con lámina apoyada se utiliza para moldear láminas muy encaminadas (OPS) o sensitivas al calor (PP, PE), que se calientan apoyadas sobre una chapa porosa.

Al alcanzar la temperatura de moldeo, se aplica la lámina contra el molde hembra aplicando aire comprimido a través de los poros de la chapa o se hace el vacío entre lámina y molde.

En el conformado por deslizamiento, la lámina caliente no se sujeta potentemente con el marco de cierre de modo que, al aplicar presión diferencial, se desliza sobre el borde y hacia adentro de la cavidad. En un instante dado, se aumenta la

fuerza de cierre y se completa el moldeo por estiramiento de la lámina. El proceso es similar al embutisaje profundo de chapa metálica con pisador.

Las láminas de plásticos que se rasgan con facilidad (PET, PA) se conforman mediante moldeo con membrana o diafragma, en el que la lámina se apoya sobre una membrana gruesa de neopreno caliente, colocada en la cara opuesta a la cavidad del molde. Al introducir presión entre la membrana y la cámara inferior, se consigue un estirado muy regular y se hace posible una embutición profunda.

El moldeo de láminas gemelas es una técnica que combate con el moldeo rotacional si se utiliza para láminas gruesas.

Dos láminas se calientan en paralelo y, al llegar a la estación de soplado y/o vacío, se juntan por sus bordes mientras que se embute entre ambas un micro tubo de soplado, por medio del que se suministra aire comprimido que hace vincular a ambas láminas con los moldes hembra enfrentados. Las piezas huecas así producidas suelen tener una profundidad limitada y pueden rellenarse con espuma de PUR para darles mayor consistencia.



Una técnica parecida se aplica al envase, permitiendo la recuperación del sobrante de recorte de las distintas películas de plásticos que se precisan para conferir propiedades diferenciadas de estructura y barrera. Los materiales de barrera más prácticos son plásticos incompatibles (EVOH, PA, PP, PET, PVDC).

Las películas de los plásticos que han de formar el envase, alimentadas en rollos, pasan individualmente por calentadores colocados en sándwich y se moldean luego simultáneamente. A la salida del molde se troquelan y apartan las piezas, que están adheridas por contacto, y la membrana de películas sobrantes se separa y se recogen individualmente las distintas películas para su recuperación.

Posteriormente, si se amplían las fuerzas de termoformado, este proceso imita a los de deformación metálica. A presiones del orden de 1,75 MPa o más, el proceso se asimila al embutido de hojalata. Si se llega hasta unos 14 MPa, el proceso se convierte en algo similar a la forja y se ha demostrado que pueden fabricarse productos útiles mediante formado por impacto (DOW STP) a alta velocidad.

### **Enfriamiento**

El siguiente paso en el proceso de termoformado es enfriar la pieza moldeada. El material debe enfriarse hasta que esté completamente rígido antes de que pueda ser extraído del molde. El enfriamiento es realizado por el mismo molde y algunas ocasiones se lo realizan con la ayuda de ventiladores auxiliares para soplar aire del ambiente para enfriarla con rapidez. Los factores que afectan el tiempo de enfriamiento incluyen: material de lámina, espesor de lámina, temperatura de formado, material del molde, temperatura del molde e intensidad de contacto entre el molde y la lámina.

### **Corte**

Ya que la pieza moldeada se haya enfriado se procede a desmoldar y se la traslada a la estación de corte. Para una sola pieza hecha de una sola lámina, el material de la lámina que fue utilizado para la sujeción usualmente necesita ser removido. En muchas ocasiones se hace referencia a este como material de desecho en la industria de procesamiento de polímeros. El corte puede ser efectuado con una cortadora manual o herramientas mecánicas pero esta técnica es prácticamente reservada para operaciones que producen un pequeño número de piezas.



### 1.3 MÁQUINAS DE TERMOFORMADO

Las máquinas termoformadoras vienen en una extensa diversidad de formas y tamaños. Las máquinas son frecuentemente diseñadas principalmente con el propósito de hacer una pieza en particular.

Algunas máquinas pueden ser consideradas como propósitos más generales pero esas máquinas a menudo no tienen la capacidad de altas velocidades de producción, lo que no ocurre con las máquinas especializadas.

Las termoformadoras vienen en dos tipos básicos: alimentadas por lámina y alimentada por rodillo. Ambos tipos tienen distintos niveles de sofisticación y automatización. Un gran rango de tamaños está disponible para ambos tipos.

El tamaño de la máquina es medido comúnmente por el tamaño del molde que puede ser alojado y la cantidad de fuerza de formado disponible.

### 1.3.1 Métodos de termoformado

#### Termoformadora alimentada por lámina

En las máquinas alimentadas por lámina únicamente pueden alojar una lámina al tiempo excepto por las máquinas termoformadoras de láminas gemelas las cuales pueden procesar dos láminas simultáneamente. La termoformadora alimentada por lámina más simple es fija, la lámina es calentada y formada en el mismo lugar. Las termoformadoras de plataforma, tales como la mostrada en la imagen 1.20 son más comunes. La característica básica de una termoformadora de plataforma es que la lámina sujeta entra y sale del área de calentamiento. Se pueden encontrar cuantiosas variaciones pero el principio es el mismo.

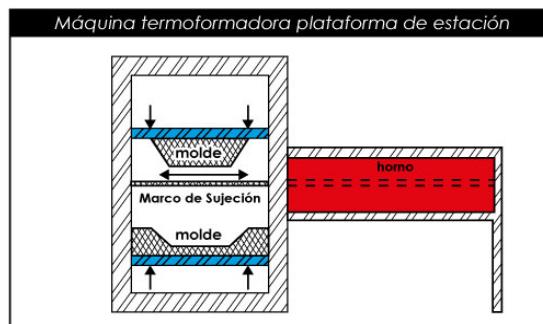


Imagen 1.20 Máquina termoformadora plataforma de estación tomada de: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6140/2/117980.pdf>

#### Termoformadora alimentada por rollo

Las termoformadoras alimentadas por rodillos son para bastantes volúmenes de producción, máquinas en línea que halan el material termoplástico de un rodillo grande a un extremo de la máquina. El proceso es mucho más eficaz además que no es necesario cargar y descargar el material dentro y fuera de la máquina. Es importante notar que las termoformadoras alimentadas por rodillo solamente pueden trabajar con material de espesor pequeño porque no es posible enrollar materiales gruesos en forma de rodillo. Algunas variaciones de termoformadoras alimentadas por rodillo incluyen estación de corte en línea.



TC SERIE C



GN1407TM

Imagen 1.21 Máquinas termoformadoras alimentadas por rodillo tomada de <http://repositorio.uis.edu.co>



### Termoformado al vacío

El método más anticuado es el termoformado al vacío (conocido como formado al vacío en sus inicios, en los años cincuenta) en el cual se usa presión negativa para adherir la lámina precalentada dentro la cavidad del molde. El mecanismo se explica en la imagen 1.22 de una manera básica. Los agujeros para hacer el vacío en el molde son del orden de 0.8 mm de diámetro, así sus efectos en la superficie del plástico son menores.

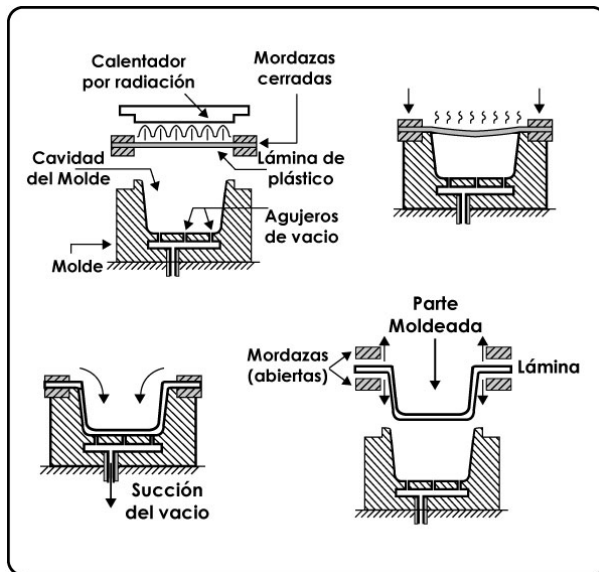


Imagen 1.22 Termoformadora al vacío tomada de <http://materias.fcyt.umss.edu.bo>

### Termoformado a presión

Una alternativa del formado al vacío implica presión positiva para obligar al plástico caliente dentro de la cavidad del molde. Esto se llama termoformado a presión o formado por soplado; su ventaja sobre el formado al vacío reside en que se pueden efectuar presiones más elevadas, ya que en el método anterior este parámetro se restringe a un máximo teórico de una atmósfera. Son usuales las presiones de formado de tres a cuatro atmósferas. La sucesión del proceso es afín a la anterior, la diferencia es que la lámina se presiona desde arriba hacia la cavidad del molde. Los agujeros de ventilación en el molde dejan salir el aire atrapado. La parte del formado de la secuencia (pasos 2 y 3) se ilustra en la Imagen 1.23.

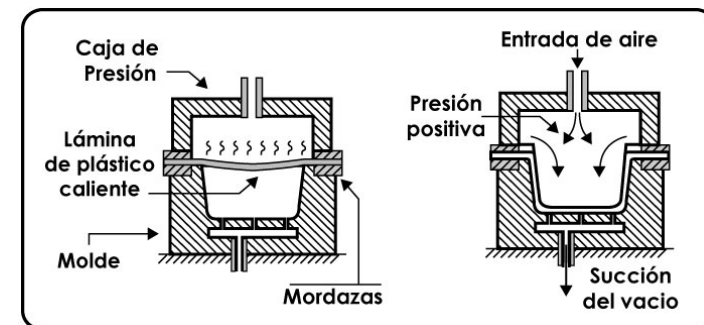


Imagen 1.23 Termoformadora a presión tomada de <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecnologia-ii/PDF/cap-238.pdf> UMSS – Facultad de Ciencias y Tecnología Ing. Mecánica – Tecnología Mecánica II

### Termoformado mecánico

El tercer método, conocido como termoformado mecánico, usa un par de moldes (positivo y negativo) que se usan contra la lámina u hoja de plástico caliente, obligándola a asumir su forma. En el método de formado mecánico puro no se usa vacío ni presión de aire. El proceso se ilustra en la figura 1.24.

Sus ventajas son un mejor control dimensional y la posibilidad de detallar la superficie en ambos lados de la pieza. La desventaja es que se requieren las dos mitades del molde, por tanto, los moldes para los otros dos métodos son menos costosos.

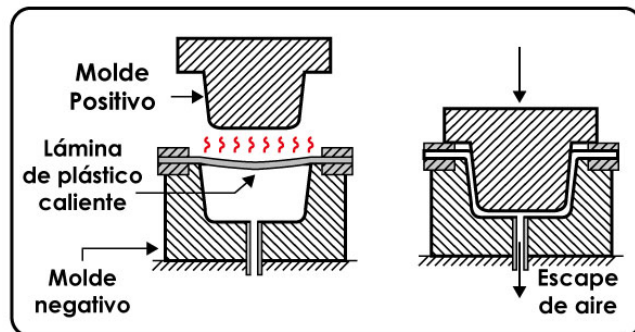


Imagen 1.24 Termoformadora mecánica tomada de <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/techo-II/PDF/cap-238.pdf> UMSS – Facultad de Ciencias y Tecnología Ing. Mecánica – Tecnología Mecánica II

### 1.3.2 Modelos de termoformadoras.

#### SERIES DESKTOP

##### Compac Mini

Diseñada para adquirir una mayor simplicidad, la Compac Mini brinda las asombrosas prestaciones de las máquinas de mesa compactas. Con la confortabilidad que ofrece el sistema plug&play (enchufar y listo) y los calentadores de cuarzo que economizan energía, la Compact Mini está lista para su uso en pocos minutos. El sistema de bloqueo de Formech evita el contacto con el calentador cuando este se halla en posición delantera. Es decir, el manejo sencillo de la Compac Mini la hace asequible prácticamente a todo el mundo.



Imagen 1.25

Fuente: [www.formech.com/FORMECH\\_CATALOGUE\\_SPANISH\\_2012.pdf](http://www.formech.com/FORMECH_CATALOGUE_SPANISH_2012.pdf)

### 300XQ

La 300XQ es la máquina de termoformado cabecilla en el mundo para la enseñanza y para el diseño de casas.

Además, se puede acoplar y ofrece una gran gama de posibilidades. Cuenta con calentadores de cuarzo con función de reserva para el ahorro de energía, cronómetro digital para controlar la duración de los ciclos y un área de termoformado de 460mm x 280mm.

La 300XQ de Formech es la máquina con más potencia y más eficiente de su clase.

De la misma manera, están disponibles una serie de posibilidades para responder a sus necesidades exactas.



Imagen 1.26

Fuente: [www.formech.com/FORMECH\\_CATALOGUE\\_SPANISH\\_2012.pdf](http://www.formech.com/FORMECH_CATALOGUE_SPANISH_2012.pdf)

### 508

Con la última tecnología en termoformado, la serie 508 de alta capacidad de Formech fusiona una serie de características normalmente reservadas para máquinas de mayor tamaño y más caras. Cuenta con una pantalla táctil intuitiva y con control lógico programable con función de varias memorias, lo que provee una comodidad increíble y una rápida adaptación. Nuestros gráficos únicos de la pantalla táctil ofrecen al usuario una experiencia a medida. La profundidad de termoformado de hasta 290mm hace que la serie 508 se pueda utilizar con las aplicaciones más rigurosas.



Imagen 1.27

Fuente: [www.formech.com/FORMECH\\_CATALOGUE\\_SPANISH\\_2012.pdf](http://www.formech.com/FORMECH_CATALOGUE_SPANISH_2012.pdf)

## COMPACTAS HACIA EL SUELO

### 686

Para obtener un rendimiento óptimo de la lámina, la 686 presenta una capacidad de termoformado excepcional, lo que permite al usuario producir moldes de un tamaño, grosor y calidad formidables en su clase. Los calentadores de cuarzo con controlador lógico programable y con capacidad de actuación en varias zonas, combinados con el estiramiento previo, ofrecen una respuesta eficaz, un control del calor exacto y una alta definición en el termoformado con resultados uniformes.



Imagen 1.28

Fuente: [www.formech.com/FORMECH\\_CATALOGUE\\_SPANISH\\_2012.pdf](http://www.formech.com/FORMECH_CATALOGUE_SPANISH_2012.pdf)

### FMDH660

La FMDH660, que ocupa muy poco espacio, brinda una solución rentable para fabricantes de productos extruidos dado que permite controlar la calidad del material de las láminas de hasta de 10mm de grosor. Los calentadores multizona dobles de cuarzo o cerámica ofrecen unas potentes prestaciones y resultados uniformes con los materiales más solicitados.



Imagen 1.29

Fuente: [www.formech.com/FORMECH\\_CATALOGUE\\_SPANISH\\_2012.pdf](http://www.formech.com/FORMECH_CATALOGUE_SPANISH_2012.pdf)

## FORMATOS GRANDES

### 1372

La 1372 ofrece una capacidad y profundidad de moldeo, así como una velocidad del ciclo y sencillez de manejo incomparables en su rango de precio. El manejo mediante control lógico programable con función de memoria le añade comodidad. Para un ciclo más automático, la 1372 también está disponible en una versión semiautomática con abrazaderas neumáticas y calentadores eléctricos.

El autonivelado permite que el aire se bombee debajo de la lámina durante el ciclo de calentamiento para mantener una definición perfecta con resultados uniformes.



Imagen 1.30

Fuente: [www.formech.com/FORMECH\\_CATALOGUE\\_SPANISH\\_2012.pdf](http://www.formech.com/FORMECH_CATALOGUE_SPANISH_2012.pdf)

### 1250&1500

La serie 1250/1500, diseñada para el perfeccionamiento de prototipos y para una producción media baja, es versátil y aporta la experiencia de los usuarios de máquinas semiautomáticas y absolutamente equipadas. Muestra dos tamaños de termoformado optimizados para cumplir con los formas de extrusión estándares de la industria. Cuenta con un calentador AC controlado a través de un motor y con un inversor Jaguar que abastece una velocidad variable para conseguir movimiento lento y suave.



Imagen 1.31

Fuente: [www.formech.com/FORMECH\\_CATALOGUE\\_SPANISH\\_2012.pdf](http://www.formech.com/FORMECH_CATALOGUE_SPANISH_2012.pdf)



## ALTO RENDIMIENTO

### IMD600

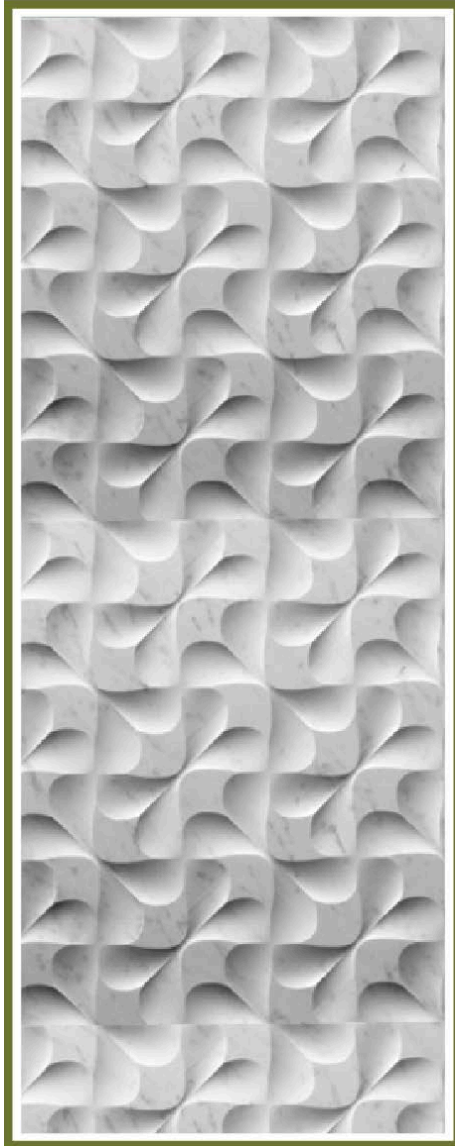
El FIM (del inglés Film Insert Moulding, moldeo por inserción de película) es una forma efectiva y rentable para ornamentar y manufacturar partes de plástico perdurables. Es un avance de los métodos IMD (del inglés In Mould Decoration, decoración en el interior del molde) e IML (del inglés In Mould Labelling, etiquetado en el interior del molde). En un primer momento la película se decora por el reverso (normalmente serigrafiado) y después se realiza el termoformado, se corta y finalmente se moldea por inyección. Se utiliza para manufacturas de paneles y cubiertas de bajo coste para las industrias del automóvil, de las telecomunicaciones y de la electrónica. La gama FIM/IMD de Formech combina de manera muy precisa el registro repetido de las láminas con un control de calentamiento realmente preciso durante el proceso de termoformado o de pre-impresión de materiales de alta calidad. Formech produce la máquina IMD tanto para la realización o producción y utiliza calentadores de cerámica o cuarzo, individuales o dobles, así como una mesa servo eléctrico que proporciona un movimiento más preciso.

## 1.4 CONCLUSIÓN

Como resultado de la investigación correspondiente al primer capítulo, me es posible concluir que se ha llegado a conocer que una de las ventajas del termofomado es la utilización de pocas herramientas, costo de ingeniería baja, varios métodos para termoformar, menos tiempo y un bajo volumen de producción.

Lo que hace que el termoformado sea ideal para el desarrollo de prototipos de paneles 3D que propongo en mi proyecto de tesis y que los polímeros son un material imprescindible en nuestra vida, el cual se encuentra presente en un sin fin de objetos de uso cotidiano.

Por sus características y su bajo costo, podríamos decir que este material es prácticamente una buena opción a utilizar



[www.archiexpo.com](http://www.archiexpo.com)

## Capítulo 2

# MATERIALES TERMOMODEFORMABLES Y SUS PROPIEDADES.

*"Diseña todo aquel que idea medidas de acción dirigidas a cambiar situaciones existentes por situaciones preferibles."*

***Herbert Simon.***







## 2.1 CONCEPTOS GENERALES DE LOS MATERIALES TERMODEFORMABLES.

En éste capítulo se hablará acerca de las características básicas que deben tener los materiales plásticos para realizar el termoformado.

### 2.1.1. Reseña histórica de los materiales plásticos.

Como reseña histórica acerca de los materiales plásticos se puede señalar que los primeros materiales con propiedades asombrosas que hoy se le atribuyen a los plásticos, se les consideraban a los cuernos, las pezuñas animales e incluso en ocasiones conchas de tortuga, con las cuales fabricaban peines y botones, y de esa manera otros artículos de moda o accesorios.

También se emplearon polímeros naturales como la goma laca o la Gutapercha, pero debido a su dificultosa recolección y sus procedimientos, empezaron con la averiguación de polímeros sintéticos, los cuales consistían en la alteración de materiales naturales que tratados químicamente resultaban en materiales duros, flexibles y elásticos; como el caucho vulcanizado de

Charles Goodyear quien al combinar azufre en polvo con caucho natural, descubrió que mejoraba extraordinariamente sus características.

*"En 1909 el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrik Baekeland (1863-1944) sintetizó un polímero de interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído; este plástico se bautizó con el nombre de baquelita (o bakelita), el primer plástico totalmente sintético de la historia. Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década del 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE). Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP). Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para tubería de todo tipo. Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el poliestireno (PS), un material muy transparente comúnmente utilizado para vasos, potes y hueveras. El poliestireno expandido (EPS), una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y aislante térmico." (Garavito, 2007)*



A partir de la segunda guerra mundial se puso en auge la producción de los plásticos, pues se consideraban como los sustitutos perfectos de fibras naturales que disminuían durante la guerra. Mientras tanto en los años de la posguerra se mantuvo el elevado ritmo de los descubrimientos y desarrollos de la industria de los plásticos destinados a diferentes usos. En el pasado siglo, su producción y uso aumentó significativamente en relación a los materiales metálicos, debido a su versatilidad. El desarrollo cronológico de algunos materiales plásticos se presenta en la Tabla 2.01 que se muestra a continuación:

Año	Material	Ejemplo
1909	Baquelita	Aislantes electrónicos
1919	Caseína	Agujas de tejer
1927	Acetato de Celulosa	Cepillos de dientes, envases
1927	Policloruro de vinilo	Impermeables
1938	Acetato butirato de celulosa	Mangueras
1938	Poliestireno o estireno	Accesorios de Cocina
1938	Nylon (Poliamida)	Engranajes
1942	Poliétileno	Botes compresibles
1943	Silicona	Aislantes de Motor
1954	Poliuretano o uretano	Cojines de Espuma
1957	Polipropileno	Cascos de Seguridad
1957	Policarbonato	Piezas para electrodomésticos
1970	Poli(amida-imida)	Películas
1970	Poliéster termoplástico	Piezas de electricidad y electrónica
1985	Polímeros de cristal líquido	Componentes electrónicos

Tabla 2.01 Fuente: Garavito, J, (2007). *Plásticos Protocolo*. Tomado de: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Básicamente, los polímeros termoplásticos son apropiados para el proceso de termoformado. Ya que cuando estos materiales son sometidos a un calentamiento generan una variación en su módulo de elasticidad, dureza y capacidad de resistencia bajo carga.

Esto puede observarse en el rápido pandeo de la hoja calentada, cuando la fuerza de gravedad se vuelve suficiente para causar esta deformación.

### 2.1.2 Características de los plásticos

Formados por compuestos que contienen moléculas que forman estructuras muy fuertes, las cuales se pueden moldear mediante Presión y Calor.

*" La American Society for Testing Materials (ASTM) define como plástico a cualquier material de un extenso y variado grupo que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular, siendo sólida en su estado final; ha tenido o puede haber tenido en alguna etapa de su manufactura (fundido, cilindrado, prensado, estirado, moldeado, etc.) diferentes formas de fluidificación, mediante la aplicación, junta o separada, de presión o calor." (Garavito, 2007)*

Como características de los plásticos tenemos que poseen una relación resistencia/densidad alta, una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, unas propiedades adecuadas para el aislamiento térmico y eléctrico, tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y no son adecuadas para utilizarse a temperaturas elevadas. También son producidos mediante un proceso conocido como polimerización, ya sea por adición, por condensación, o por etapas, es decir, creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico.

## 2.2 Clasificación de materiales termodeformables.

Según su estructura y comportamiento al calor, los polímeros se clasifican en:

- Elastómeros
- Termoestables
- Termoplástico

### 2.2.1 Elastómeros

Estos materiales están formados por polímeros que se encuentran unidos mediante enlaces químicos, obteniendo una estructura final ligeramente reticulada que se encuentran fusionados constituyendo grandes cadenas, las cuales son altamente flexibles, desordenadas y entrelazadas. Cuando son estirados, las moléculas se someten a una alineación y con frecuencia toman una distribución muy ordenada (cristalina), pero cuando se las deja de tensionar regresan espontáneamente a su desorden natural, un estado en que las moléculas están enredadas.

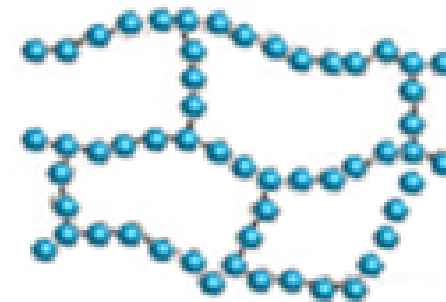


Imagen 2.01 Representación gráfica de las fuerzas intermoleculares de los elastómeros. Fuente: [www.losadhesivos.com/termoplastico.html](http://www.losadhesivos.com/termoplastico.html)

### 2.2.2 Termoestables

Son aquellos que únicamente se vuelven blandos o plásticos cuando se los somete al calor por primera vez, pues cuando han enfriado no pueden recuperarse para deformaciones posteriores. Se caracteriza por ser un material compacto y duro, su fusión no es posible (la temperatura los afecta muy poco), Insoluble para gran parte de los solventes, encuentran aplicación en entornos de mucho calor, pues no se ablandan y se carbonizan a altas temperaturas. Según su componente principal y características algunas de las clasificaciones de los polímeros termoestables son:

- Resinas fenólicas
- Resinas de Poliéster
- Resinas Ureicas
- Resinas epóxicas
- Poliuretano
- Resinas de Melamina

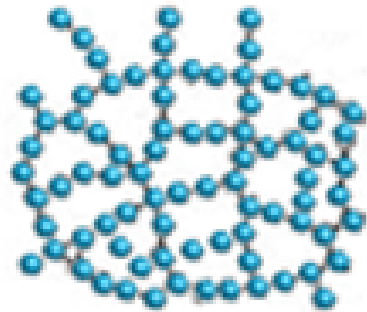


Imagen 2.02 Representación gráfica de las fuerzas intermoleculares de los termoestables.  
Fuente: [www.losadhesivos.com/termoplastico.html](http://www.losadhesivos.com/termoplastico.html)

### 2.2.3 Termoplásticos

Las resinas termoplásticas son fácilmente deformables al aplicarles temperatura y presión, entre las técnicas más usadas para su manufactura se encuentran la inyección, extrusión, soplado y termoformado. La máxima temperatura de trabajo para los productos moldeados son mucho más bajas que la temperatura de ablandamiento o de fusión, comúnmente alrededor de la mitad de la temperatura de fusión correspondiente. Las variaciones en los esfuerzos mecánicos o condiciones ambientales pueden mermar los márgenes de resistencia del material. Otra característica es su tendencia a absorber agua, ya sea del ambiente o por inmersión.

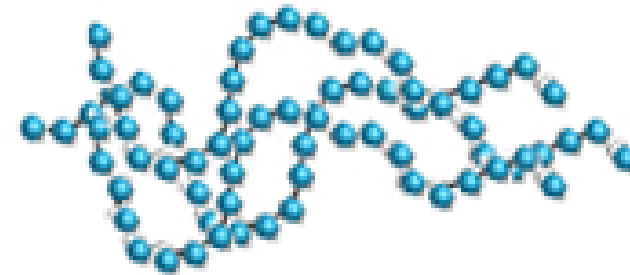


Imagen 2.03 Representación gráfica de las fuerzas intermoleculares de los termoplásticos.  
Fuente: [www.losadhesivos.com/termoplastico.html](http://www.losadhesivos.com/termoplastico.html)



Generalmente, los termoplásticos se pueden clasificar con referencia a su arreglo molecular, lo cual interviene en su proceso de fusión, solidificación, y puede determinar las propiedades físicas y mecánicas:

Estructura	Formación	Características	Ejemplo
Amorfa	Las moléculas no presentan ningún tipo de orden: están dispuestas aleatoriamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son normalmente transparentes.</li> <li>• La fusión se realiza en un intervalo de temperatura, no existe un punto de fusión preciso.</li> <li>• A medida que la temperatura aumenta el material pasa de un estado sólido a uno pastoso, hasta convertirse finalmente en un fluido muy viscoso.</li> <li>• En el intervalo de fusión pueden ser manufacturados por inyección, extrusión, soplado, etc.</li> <li>• Sin carga tienen una contracción en el moldeo de 0.3 % a 0.9%, con carga este valor es menor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PVC</li> <li>• PS</li> <li>• SAN</li> <li>• ABS</li> <li>• PMMA</li> <li>• PC</li> </ul>
Cristalina	Al enfriarse, sus cadenas tienden a enlazarse muy ordenadamente por lo que se produce un empaquetamiento muy ordenado, que se denomina cristalización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son opacos</li> <li>• Poseen un punto característico de fusión</li> <li>• El intervalo útil de transformación está limitado a pocos grados centígrados: un poco abajo del punto de fusión, está todavía sólido y no se puede moldear; y no es prudente superar mucho la temperatura de fusión porque puede intervenir el fenómeno de degradación térmica.</li> <li>• Tienen contracción elevada en el moldeo. La contracción para un polímero no reforzado varía de 1 al 5 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE</li> <li>• PP</li> <li>• POM</li> <li>• PA</li> <li>• PET</li> </ul>

Tabla 2.02. Propiedades de los termoplásticos. Fuente: [www.escuelaing.edu.co](http://www.escuelaing.edu.co)

## 2.3 Análisis de Materiales termodeformables y sus propiedades.

Actualmente dentro de la industria existe una gran diversidad de plásticos para diversos tipos de usos, las aplicaciones van desde la elaboración de envases de medicina, recipientes para alimentos, envolturas, bolsas, recubrimiento de conductores eléctricos, piezas mecánicas de artefactos electrodomésticos como engranajes, bocinas, etc. Dentro de estas existe un sinfín de resinas las cuales se las puede clasificar en dos grupos: Las resinas termoplásticas ó termodeformables y los duroplásticos o termoestables, la nominación de estables o deformables está en relación al comportamiento de la pieza ya elaborada en presencia del calor.

### 2.3.1 Termoplásticos

Estas resinas son susceptibles al calor ya que con su presencia se ablandan y se endurecen cuando se enfrían, sin interesar cuantas veces se frecuente el proceso, dentro de ellas tenemos: Vinílicos y Polivinílicos, Poliestirénos, Poliamidas (nylon), Policarbonatos, Polietilenos, ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), Acetálicas, Acrílicos, las Celulosas

(acetato butirato de celulosa, propionato de celulosa, nitrato de celulosa y la celulosa etílica), Polipropileno, polimetacrilato, Politetra- fluoretileno, etc.

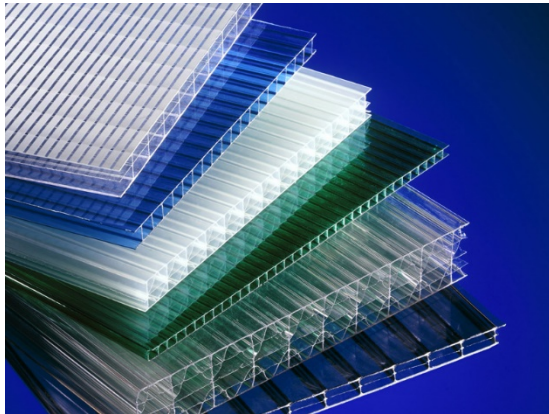


Imagen 2.04 Fuente: [www.archiproducts.com](http://www.archiproducts.com)

### 2.3.2 Duroplásticos

Estas resinas en cambio se solidifican de manera definitiva con la presencia del calor y presión durante el moldeo, el recalentamiento no ablanda estos materiales y si el calor continúa la pieza llega a carbonizarse directamente.

Dentro de éste grupo tenemos: Las resinas Fenólicas, Úricas, Melamínicas, Epoxi, Poliéster, Poliuretanos, Alquídicos, Caseína, Amina, etc.



Imagen 2.05 Tableros de resina fenólica Fuente: <http://es.made-in-china.com>

## 2.4 Materiales termodeformables

A continuación se menciona algunos materiales termoformables:

### 2.4.1 HDPE

Se trata de un Polietileno de Alta Densidad. Es un material termoplástico a base de petróleo con gran fortaleza y densidad proporcional.

El hdpe es muy cotizado y utilizado actualmente en la industria debido a que más de la mitad de su uso es para la elaboración de recipientes, tapas y cierres; otra gran cantidad se moldea para utensilios domésticos, juguetes, tuberías y conductos.

Es un material idóneo para empaquetar por sus generosas características como bajo coste, flexibilidad, durabilidad, su capacidad para resistir el proceso de esterilización, y resistencia a muchas sustancias químicas.

Se pueden nombrar algunos artículos elaborados con como por ejemplo botes de aceite lubricante (automoción) y para disolventes orgánicos, mangos de cutter, depósitos de gasolina, botellas de leche, bolsas de plástico y juguetes.

Para la fabricación de artículos huecos, como botellas, se usa un procedimiento parecido al de soplado del vidrio. Se usan también el moldeo por compresión y la conformación de láminas previamente formadas.



Imagen 2.06 Botes de aceite lubricante (automoción) HDPE.  
Fuente: <http://spanish.alibaba.com>

### 2.4.2 LDPE

Polietileno de Baja Densidad o PEBD (LDPE en inglés). Es un termoplástico a base de petróleo, comúnmente utilizado en las bolsas de plástico. Es flexible y resistente. Se caracteriza por ser semicristalino (un 50% típicamente), transparente y más bien blanquecino, flexible, liviano, impermeable, inerte (al contenido), no tóxico, tenaz (incluso a temperaturas bajas), con poca estabilidad dimensional, pero fácil procesamiento y de bajo coste. Este tipo de plástico reciclable, se utiliza en algunos empaques de pan y bolsas de comida congelada, botes de basura y bolsas de basura.

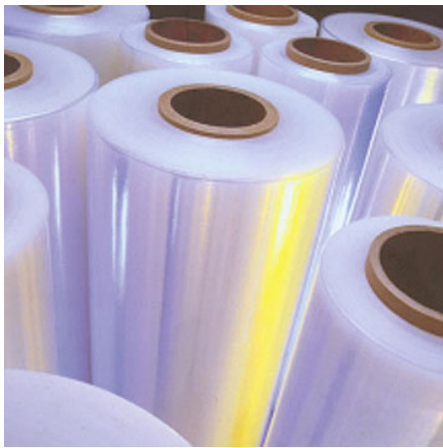


Imagen 2.07 Bolsas plásticas de LDPE.

Fuente: [http://prosuplas.mex.tl/1197926\\_Tipos-de-plasticos.html](http://prosuplas.mex.tl/1197926_Tipos-de-plasticos.html)

### 2.4.4 ESTIRENO

(Styrene) También conocido como vinil benceno, este material se utiliza para producir productos de poliestireno. El estireno es de consistencia líquida, transparente e incoloro, que puede obtenerse como derivado del petróleo y del gas natural, pero que también se encuentra en la naturaleza como tal. El estireno favorece la producción de materiales plásticos utilizados en miles de productos que se caracterizan por su bajo peso, su flexibilidad, su extraordinaria resistencia, y que son vitales para nuestra salud y bienestar. El estireno se utiliza para casi todo: desde envases alimentarios hasta componentes de automóviles, barcos y ordenadores.



Imagen 2.08 Envases de estireno.

Fuente: [www.elsalvador.com](http://www.elsalvador.com)



### 2.4.5 HIPS

Poliestireno de Alto Impacto (High Impact Polystyrene). Es un polímero termoplástico de bajo costo y gran resistencia, es fácil de formar y para ser impreso. Este material se caracteriza por ser de gran resistencia al impacto a bajas temperaturas, por tal posee una muy buena propiedad de procesamiento, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos copiando detalles de molde con gran fidelidad, es altamente formable, no se corroe ni expide gases tóxicos, es 100% reciclable, puede ser impreso por serigrafía, offset e impresión digital UV cama plana y no se recomienda su uso en exteriores.



Imagen 2.09 Láminas de poliestireno de alto impacto en color negro y blanco  
Fuente: [www.avanceytec.com.mx](http://www.avanceytec.com.mx)

### 2.4.6 ABS

Acrilonitrilo Butadieno Estireno es el nombre dado a una familia de termoplásticos. Se le conoce como plástico de ingeniería, por lo que es un plástico cuya elaboración y procesamiento es más complicado que los plásticos comunes, como son las polioleofinas (polietileno, polipropileno). El acrónimo deriva de los tres monómeros utilizados para producirlo: acrilonitrilo, butadieno y estireno. Por estar constituido por tres monómeros diferentes se lo denomina terpolímero (copolímero compuesto de tres bloques).



Imagen 2.10 Piezas de ABS. Fuente: [www.saigesp.es/abs-acrilonitrilo-butadieno-estireno/](http://www.saigesp.es/abs-acrilonitrilo-butadieno-estireno/)

### 2.4.7 POLICARBONATO

Los policarbonatos son materiales fáciles de termoformar y sus productos finales son resistentes a rayaduras e impactos. El policarbonato (PC) cuenta con una combinación única de dureza, transparencia óptica, rigidez y solidez, también goza de excelentes propiedades eléctricas, es amorfo y transparente.

*“Las resinas de policarbonato se producen principalmente mediante reacción de policondensación, cuyo precursor fue Bayer Material Science y GE Plastics (hoy en día Sabic Innovative Plastics), que implica la reacción de BPA (bisfenol A) con fosgeno (COCl<sub>2</sub>). Los procesos de fundido del policarbonato (PC) se desarrollaron en la década de 1990.” (RESINEX Group, Spain, 2015)*

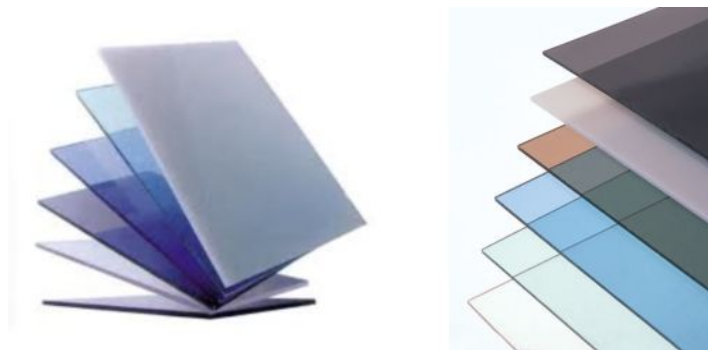


Imagen 2.11 Láminas de policarbonato compacto.

Fuente: [www.surmetalweb.com.ar/policarbonato-compacto.html](http://www.surmetalweb.com.ar/policarbonato-compacto.html)

### 2.4.8 UHMWPE

Polietileno de Alto Peso Molecular (High Molecular Weight Polyethylene). Es el termoplástico con mayor resistencia al impacto que ningún otro. Es altamente resistente a la corrosión y con baja absorción de humedad.

Es un polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE). Su peso molecular oscila entre los 3.5 y 4 millones. También conocido como el polietileno alto del módulo (HMPE) o polietileno del alto rendimiento (HPPE), es un termoplástico muy resistente, con la fuerza de impacto más alta de termoplástico hecho actualmente.

Es altamente resistente a los productos químicos corrosivos, con la excepción de ácidos que oxidan. Tiene absorción de la humedad extremadamente baja, coeficiente de la fricción muy bajo, es uno mismo que lubrica y es altamente resistente a la abrasión, es inodoro, insípido, y no tóxico.

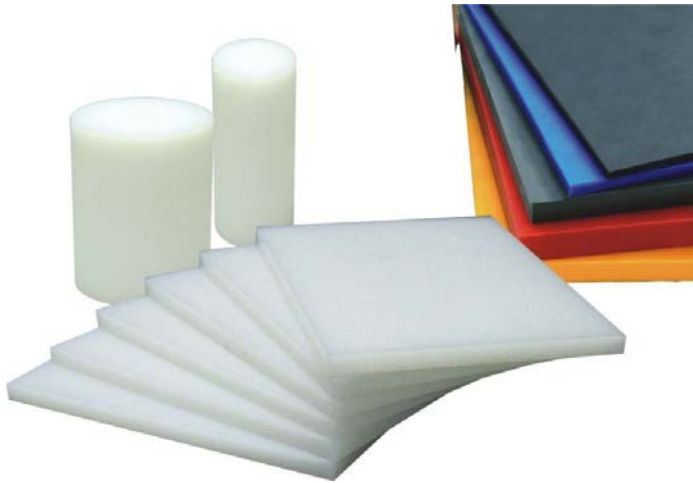


Imagen 2.12 Láminas de UHMWPE.

Fuente: [www.shreerampolymer.in/index.php/products/polytuff-uhmwpe](http://www.shreerampolymer.in/index.php/products/polytuff-uhmwpe)

### 2.4.9 TPO

Polioléfina Termoplástica es una marca registrada de una composición de polipropileno, polietileno y hule; se maneja extensamente en la Industria Automotriz (principalmente en el sector del transporte, incluidas las piezas plásticas tanto del interior como del exterior del automóvil). No se degrada con la radiación de los rayos UV. Su superficie es lisa e invulnerable a la suciedad. Antiguamente, los compuestos de TPO, por lo general, no han funcionado bien en aplicaciones de

termoformado, pues no se habían podido resolver correctamente después de llegar a su punto de ablandamiento. Los avances en las tecnologías tanto del elastómero como del polipropileno ahora están haciendo esto una realidad mediante las formulaciones de mayor resistencia en estado fundido de los compuestos.

Diversas especialidades con elastómeros de alta resistencia a la fusión se han perfeccionado que complementan a los polipropilenos modificados ramificado añadidos para proveer resistencia a la fusión para mejorar el termoformado.



Imagen 2.13 Moquetas de TPO para autos. Fuente: [www.protemax.com.pe/pisos-finos/](http://www.protemax.com.pe/pisos-finos/)

### 2.4.10 EVA

El Etileno Vinil Acetato (EVA o Goma EVA), es un polímero termoplástico en espuma. Se le conoce con varios nombres debido a su versatilidad para desarrollo de manualidades, por ejemplo por su nombre comercial en inglés, Foamy (“espumoso”) o Fomi en español. Se fabrica en colores brillantes con lo que se aumentan sus posibilidades de uso. Aunque es resistente en el trabajo manual, puede variar su forma aplicando calor moderado.

El hule EVA se suele utilizar como piso en artes marciales (tatami), por su ligereza y características como tapete de yoga. Incluso se puede cortar y termoformar para diseños y trabajos escolares, industria del calzado, escenografía y teatro, manualidades didácticas y creativas, o como piso en áreas infantiles principalmente en espacios cerrados. Su presentación es en láminas o rollos de varias dimensiones, los acabados hay en variedad de colores, los grados de durezas 32, 55, 75, no es tóxico, no daña el medio ambiente,

es lavable y reciclable, posee una baja absorción de líquidos; es fácil de cortar, pegar, y pintar ; Es maleable con calor.



Imagen 2.14 Láminas de Eva. Fuente: [www.fomyart.com](http://www.fomyart.com)

### 2.4.11 ACRÍLICO

Las resinas acrílicas son un grupo de sustancias plásticas termoplásticas o termoestables relacionadas, derivadas del ácido acrílico, ácido meta-acrílico u otros compuestos relacionados. Debido a su transparencia, estética y resistencia a los rasguños, el PMMA o acrílico se puede considerar como una alternativa ligera al cristal. A veces, también se le

llama **crystal acrílico**. Se puede usar como alternativa al policarbonato (PC) si se necesita mayor transparencia.

Se considera uno de los polímeros preferidos para muchas aplicaciones en los sectores de la automoción, la iluminación, la construcción, la cosmética y la medicina.



Imagen 2.15 Láminas de Acrílico. Fuente: [www.polymersenterprises.com/](http://www.polymersenterprises.com/)

#### 2.4.12 PVC

Comúnmente abreviado como PVC, es el tercer material más utilizado en producción de plástico, después del polietileno y polipropileno. El policloruro de Vinilo o PVC, procede de una combinación química entre carbono, hidrógeno y cloro. Es un material termoplástico, pues se reblandece con la

presencia del calor logrando así moldearse fácilmente; al enfriarse recupera la consistencia inicial y conserva la nueva forma. Se caracteriza por ser un material ligero, inerte y completamente inofensivo, resistente al fuego (no propaga la llama), es impermeable a gases y líquidos. Se considera un buen aislante (térmico, eléctrico y acústico), es resistente a la intemperie (sol, lluvia, viento y aire marino), es fácil de transformar y es reciclable, presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental.

Su rango de temperatura de trabajo  $-15^{\circ}\text{C}$   $+60^{\circ}\text{C}$ , tiene una resistencia, rigidez y dureza mecánicas elevadas y es muy resistente a sustancias químicas.

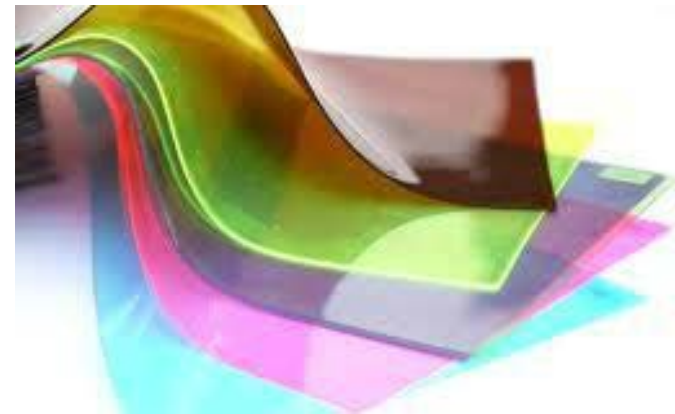


Imagen 2.16 Láminas de PVC. Fuente: <http://spanish.alibaba.com>

Los materiales que se utilizan para el proceso de termoformado son siempre termoplásticos con bajo calor específico, esto quiere decir de rápido enfriamiento y calentamiento además de que cuenten también con buena transmisión de calor (alta conductividad térmica).

En la siguiente tabla se puede observar un cuadro de temperaturas sugeridas para el termoformado con diferentes materiales:

PROCESABILIDAD MEDIANTE TERMOFORMADO			
Polímero	Resistencia de Fundido	Estabilidad Térmica	Temperatura de operación °C
ABS	E	E	160-200
ABS/PVC	B	B	160-200
Acrílicas	B	B	150-195
ASA	B	R/B	165-195
PC	R	B	195-235
PC/ABS	B	B	180-220
PET	E	R	145-175
LDPE	M/R	E	160-180
HMW-HDPE	R/B	E	160-205
HIPS	E	E	165-200
PPO/PS	E	B	170-205
UPVC	R	R	145-180
PVC/Acrílicas	R/B	R/B	165-195
PP homoplo	M	B	170-185
PP copolim	R	B	165-190
PS	B	B	145-180
PSU	R	E	205-250
PES	R	E	275-370
PEI	R	E	450-500
TPU	B	B	160-185

Tabla 2.03 Temperaturas sugeridas para el proceso de termoformado. Fuente: (Pito, 2008)



[www.welikehouse.com](http://www.welikehouse.com)

## Capítulo 3

### Referencias, procesos de construcción y experimentación con polímeros.

*"El diseñador, a diferencia del artista, no es normalmente la fuente de los mensajes que comunica, sino su intérprete."*

**Jorge Frascara.**





### 3.1 REFERENTES DE DISEÑADORES QUE HAN UTILIZADO EL TERMOFORMADO.

En este capítulo se tratará acerca de las experiencias en la utilización del proceso de termoformado que ha sido utilizado por diseñadores que han logrado generar un objeto de diseño aprovechando las generosas bondades de los materiales termodeformables convirtiéndose esta técnica como la preferida para estos profesionales al momento de diseñar.

#### 3.1.1 Silla Peacock (pavo real)

Esta silla es considerada como una obra de diseño que sobresalió durante la Exposición Design Miami realizada en el año 2013 calificada como una de las ferias de Diseño más influyentes en Estados Unidos, se trata de una silla muy singular que genera fenomenales efectos visuales sobre la grandiosa estructura y durabilidad de Corian® material con el que está fabricada – una mezcla de Polimetilmetacrilato (PMMA) e Hidróxido de Aluminio-, el cual es preferido por ser resistente a la intemperie, al desgaste, al agua y a la humedad, termoformable, reparable y traslúcido. Los arquitectos Eiri Ota e Irene Gardpoit Chan, de la firma canadiense UUfie,

reconocieron en las cualidades de este material el recurso idóneo para diseñar esta silla tan original que, por cierto, se puede utilizar tanto en interiores como exteriores. De nombres Peacock (Pavo Real, en español), el mueble se elaboró mediante el proceso de termoformado con una sola lámina de Corian® que, tras calentarse, se cortó para crear una red, la cual se estiró y redondeó para darle un aspecto similar a la forma de la cola abierta de un Pavo Real macho cuando corteja a la hembra. Sus creadores comentaron que "*Peacock es una expresión con la cual tratamos capturar una instancia natural ya que representa los momentos congelados de la belleza y la felicidad*". (Gómez, 2013)

El cliente puede elegir de este asiento, que se fabrica en diversos tamaños, el color de su preferencia.

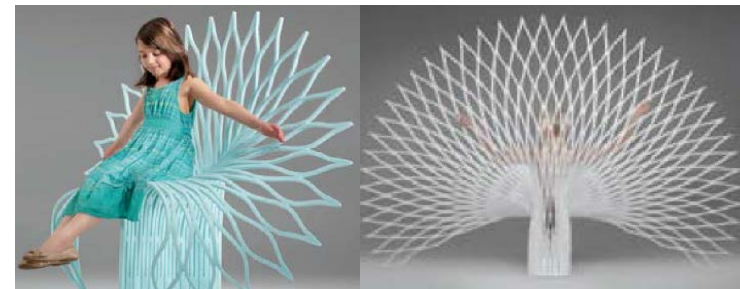


Imagen 3.01 Silla Peacock. Fuente: Ambiente Plástico 63. Termoformado Surtido de Formas Edición Junio-Julio 2014

### 3.1.2 Banco termoformado del diseñador belga Xavier Lust.

El diseñador belga Xavier Lust muestra su trabajo de instalación para la Bienal "Interieur" 2012, un espacio que demuestra las capacidades múltiples del material innovador, además de mostrar los nuevos colores disponibles ofrecidos.

*"Una evidente inclinación a la técnica de termoformado para producir muebles, resalta en su trabajo y sobre todo en este banco, con una evidente línea minimalista, formado por una sola lámina modelada para crear una serie de formas y movimientos que le dan la elegancia y sobriedad que luce. Un ejemplo de técnica, tecnología, estilo y arte en un mueble que más allá de ser utilitario es una verdadera obra de arte y diseño". (Arte y Decoración, 2012)*



Imagen 3.02 Banco termoformado del diseñador belga Xavier Lust. Bienal "Interieur" 2012 tomado de: <http://arteydecoracion.net>

### 3.1.3 Sleepbox diseñado por Gaspar Lohner de la cátedra de Computer Aided Architectural Design [CAAD]

SleepBox un proyecto de la división LG Hausys HI-MACS®, con el sello característico de material HI-MACS que se combina de polvo de piedra natural 70% derivado de la bauxita, 25% de resina acrílica de alta calidad y 5% de pigmentos naturales.

*"El diseño sinuoso y futurista fue realizado con el propósito de crear un lugar de confort y relax en los aeropuertos, oficinas u otros espacios semi-públicos. Una pieza que proporciona también una imagen moderna en los entornos urbanos. La concha sólida, lisa y uniforme es fabricada en HI-MACS® y utiliza asientos de cuero acolchados en su interior". (Urbina Polo, 2012)*

Diseñado por Gaspar Lohner de la Cátedra de Computer Aided Architectural Design [CAAD], del Departamento de Arquitectura de la ETH Zurich, dirigida por Mathias Bernhard y Kretzer Manuel y producido en colaboración con Kläusler Acrylstein AG, el distribuidor exclusivo para el HI-MACS® en Suiza. Los moldes de MDF se originaron en una fresadora de tres ejes CNC en la ETH de Zurich.

Los diseñadores certifican que las hojas individuales de HI-MACS atravesaron un proceso de termoformado y que después de que el material se enfría exhibe las mismas propiedades y puede ser procesado de una manera similar a la madera. Las once piezas individuales fueron pegadas finalmente para crear un único objeto homogéneo sin fisuras. Esta novedosa generación de materiales da la oportunidad a los diseñadores de realizar proyectos donde la generación de superficies curvas sea necesarias.

Un nuevo material que sin duda será utilizado en lugares húmedos o donde se realicen faenas con agua, como en baños, restaurants, playas, etc.



Imagen 3.03. Asiento SLEEPBOX. Fuente: [www.di-conexiones.com](http://www.di-conexiones.com)

### 3.1.4 Diseño de bañeras termoformadas de Manuel Dreesmann

*"Los diseños de bañeras cada día van encontrando más formas para adaptarse a cada baño, de modo de dejar de lado la imagen funcional con la que siempre contaron, para pasar a ser un espacio de relax, para las personas del hogar". (Label, 2011)*

El diseñador Manuel Dreesmann, creó la Bagno Sasso Ocean Wing y la Larger Ocean Wave con un diseño de forma orgánica mediante el uso del Corian termoformado, con una forma versátil del material generando ondas de agua dándole un contraste elegante y una textura muy visual en la base natural de la propia madera.

A continuación se podrá apreciar dos diseños, una para un baño, y la otra perfectamente quedaría en un dormitorio, a metros de la cama. La primera es la más clásica y es la típica bañera en la que una está en una posición intermedia, generalmente sentada o levemente reclinada. Posee un buen apoyo para espalda y cabeza, así como también extensiones a los lados, para dejar caer los brazos.

La segunda, apodada "Ocean Wave", es más larga, más ancha, pero levemente menos alta.

Esta ideada para recostarse y poder pasar largas horas, disfrutando de un baño relajante, además de poder utilizarlo para más de una persona a la vez. Ambas opciones pueden ser lo que siempre ha soñado para hacer una remodelación en la casa.

No está mal darse gustos y menos los que son sanos, como este caso, en que se puede afirmar que no es un gasto, sino una inversión, para evitar el estrés.



Imagen 3.04 Bañera Bagno Sasso Ocean Wing. Fuente: [www.domoking.com](http://www.domoking.com)



Imagen 3.05 Bañera Larger Ocean Wave Fuente: [www.domoking.com](http://www.domoking.com)

### 3.1.5 Hemp Chair diseño de Werner

#### Aisslinger

Hace ya algún tiempo atrás, las sillas apilables monobloque se han desarrollado con plásticos reforzados. Hemp Chair es la primera de estas sillas diseñada con una nueva tecnología en la que las fibras naturales como el cáñamo son capaces de moldearse con calor y estructurarse a partir de pegamentos de origen vegetal, dando resultado a un material compuesto sostenible.

Es una silla monobloque de fibra natural diseñada por el estudio berlinés de Werner Aisslinger, apoyado por la compañía química alemana BASF y presentada en la Feria de Milán del Mueble 2011.

*"El material eco-tecnológico desarrollado por BASF es Acrodur®: tiene una base de agua libre de formaldehído y mezclada con una resina de acrilato; es un material que ofrece excelentes propiedades de unión, es ligero, fuerte, fácil de moldear y respetuoso del medio ambiente". (catálogo diseño, 2013)*

Todas las fibras a base de hierbas naturales, como el lino, cáñamo, kenaf, fibra de coco y el sisal, así como el abacá (una fibra obtenida de la planta de banano) pueden ser reforzadas con Acrodur®.

En su proceso de fabricación “Hemp Chair” permite el uso de más del 70% de fibras naturales y, a diferencia de los clásicos métodos de resinas reactivas, no libera sustancias orgánicas, tales como fenol o formaldehído durante el proceso de reticulación. Posee una estructura completa hecha en una capa delgada de material es una de las formas más complejas para diseñar y calcular.

El diseño de Aisslinger posee curvas suaves, junto con una estructura de anillo horizontal y vertical, se plantea como el nuevo enfoque para resolver esta compleja tipología. El único subproducto del proceso de curado es el agua.

La silla está diseñada en la tradición del monobloque de las sillas apilables y el desarrollo de su forma es una fina capa de material con una estructura de nervios que le otorgan ligereza y resistencia.



*Imagen 3.06. Silla “HEMP CHAIR” diseño de Werner Aisslinger tomada de: <http://www.gauzak.eu>*



### 3.2 MOLDES PARA TERMOFORMADO.

Inicialmente se debe considerar que un aspecto primordial antes de la elaboración de moldes para termoformado es la elección de la técnica de termoformado que se va a emplear, debido a que si no se toma en cuenta estas características, lo más probable es que se presenten problemas antes de obtener la pieza deseada y en muchos casos se pueden generar fracasos con las consecuentes pérdidas de tiempo, dinero y recursos.

Para lo cual debemos considerar lo siguiente:

1. La forma y dimensiones de la pieza
2. La apariencia deseada
3. La técnica de termoformado

Tomando en cuenta estos ítems se puede decir que la técnica de termoformado aunque versátil y flexible, difiere en cuanto a apariencia y características en comparación a los productos fabricados por moldeo e inyección.

Por lo tanto para el diseño de piezas termoformadas es necesario tomar en cuenta los siguientes criterios.

1. Deberá considerarse un adelgazamiento en el espesor del material, el cual es directamente proporcional a la altura de la pieza, esto dependerá más que nada de la forma, tamaño y técnica utilizada.
2. Deberá considerarse un ángulo de la salida de moldeo entre  $3^\circ$  y  $5^\circ$ .
3. Por lo general la superficie de la pieza termoformada será lisa, aunque es posible obtener algunas texturas.
4. En el diseño de la pieza es conveniente incluir radios grandes; es posible obtener aristas, pero podrán causar rasgaduras en el material.

### 3.2.1 Principales características de los moldes

Resaltando los conceptos citados, a continuación se mencionará las características primordiales para el diseño del molde:

1. El molde macho se considera el más fácil de usar por su bajo costo y por ser el más adecuado para generar piezas profundas. Generalmente el molde hembra no se debe utilizar para formar piezas que requieran una profundidad mayor de la mitad del ancho de la pieza. El molde hembra se debe utilizar cuando la pieza terminada requiera que la cara cóncava tenga contacto con el molde.



Imagen 3.07 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com).

2. Los moldes deben estar diseñados con suficientes orificios de vacío para que la lámina a utilizar pueda adaptarse a las partes críticas del molde, los orificios de vacío deben estar situados en las partes más profundas y en las áreas en donde el aire pueda quedar atrapado, deben ser lo suficientemente pequeños para no generar marcas (de 7 mm de diámetro). Se puede lograr un vacío más efectivo si el orificio es agrandado por la parte interna.

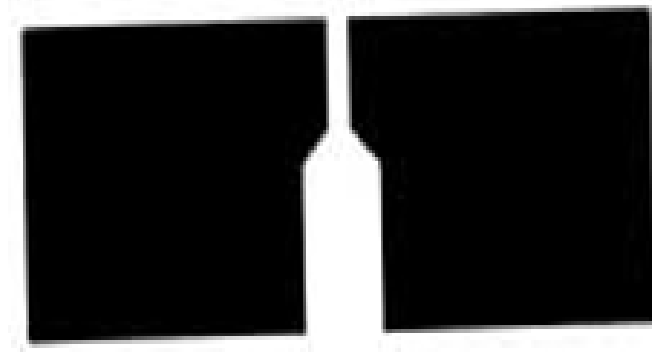


Imagen 3.08 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com).

3. Cuando el tamaño de la pieza a formar es exagerado, los moldes deberán construirse de dimensiones mayores para compensar la contracción del material. La contracción que debe esperarse de la temperatura de moldeo a la temperatura ambiente es de 1% máximo



Imagen 3.09 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com).

4. Una mínima curvatura del molde en las partes planas de las áreas grandes, permitirá obtener áreas planas al enfriar el material.



Imagen 3.10 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com).

5. No se podrán conseguir piezas con paredes a 90°, el molde deberá tener un ángulo de salida de por lo menos 3°.

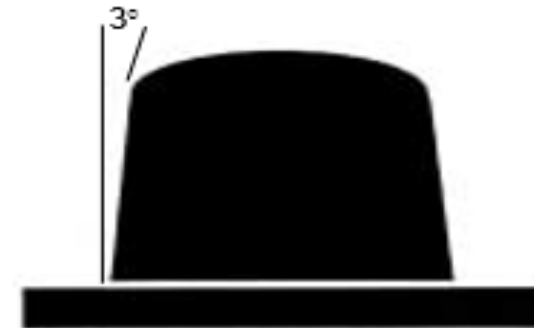


Imagen 3.11 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com).

6. Es recomendable redondear las aristas, ya que el formado en vértice acumula esfuerzos internos. La resistencia de la pieza será mayor diseñando orillas, esquinas y cantos redondeados.



Imagen 3.12 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com).



7. Las partes delgadas o más débiles, pueden reforzarse con costillas de refuerzo. Las costillas reforzarán también áreas planas de gran tamaño.

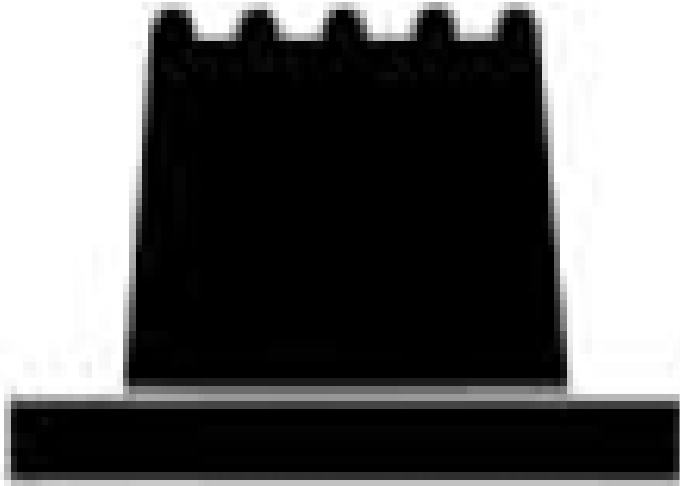


Imagen 3.13 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com).

8. Si es preciso moldear empotrando un inserto permanente, debe tomarse en cuenta, la diferencia del coeficiente de expansión de los diferentes materiales, de lo contrario podrá fallar a causa de un inserto forzado, por la diferencia de expansiones y contracciones de los materiales en contacto.



Imagen 3.14 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com).

9. La superficie de los moldes puede ser forrada con franela de algodón, fieltro, terciopelo, gamuza u otros materiales para disminuir las marcas del molde. Lo más usual es utilizar franela de algodón.



Imagen 3.15 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com)

Uno de los beneficios del proceso de termoformado es la diversidad y tipo de moldes que se pueden fabricar a un bajo costo y en tiempos respectivamente cortos, teniendo una gran aprobación en varias aplicaciones sobre otros procesos.

Una de las condiciones de termoformado donde las piezas son formadas por una hoja o lámina de plástico, se debe considerar que el área de la superficie se volverá más larga, habrá un estiramiento y por lo tanto el espesor del material se volverá más delgado.

Para determinar el espesor en la pieza termoformada directamente se puede utilizar un micrómetro o un calibrador, cortando pequeños pedazos en las distintas secciones; otras técnicas son utilizar hojas translúcidas y correlacionando la intensidad del color contra el adelgazamiento de la hoja. Inclusive se puede determinar el espesor, cuadriculando con un marcador de aceite la hoja antes de termoformarla y observar el estiramiento del material. Algo que debe tomarse en cuenta es la probabilidad de que se formen arrugas en alguna zona crítica o en la parte inferior de un molde macho o hembra.

Si la hoja revenida no es capaz de contraerse como se ve en la imagen, el exceso de material formará arrugas.

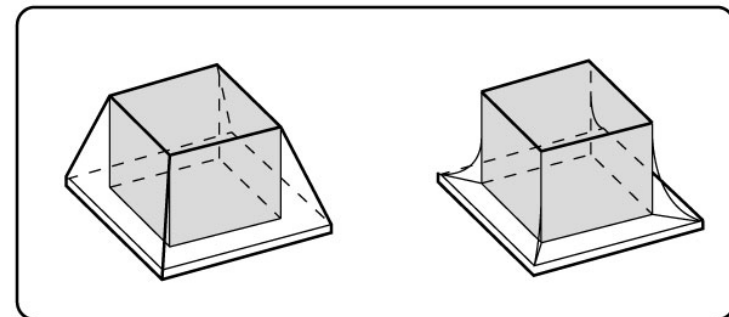


Imagen 3.16 Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com)

Cuando se trata de un molde hembra ocurre lo contrario, la hoja se alargará hasta los cuatro vértices de la superficie del molde, resultando extremadamente delgada. Este efecto puede observarse en la mayoría de las tinas termoformadas.

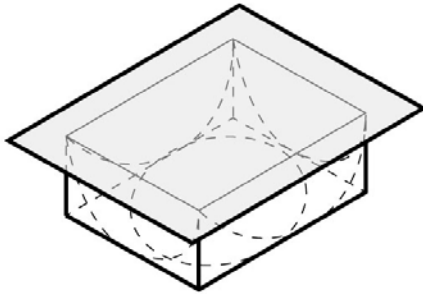


Imagen 3.17 Ejemplo de la hoja con molde hembra  
Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com)

Posteriormente se puede observar algunas técnicas para prevenir arrugas al momento de termoformar.

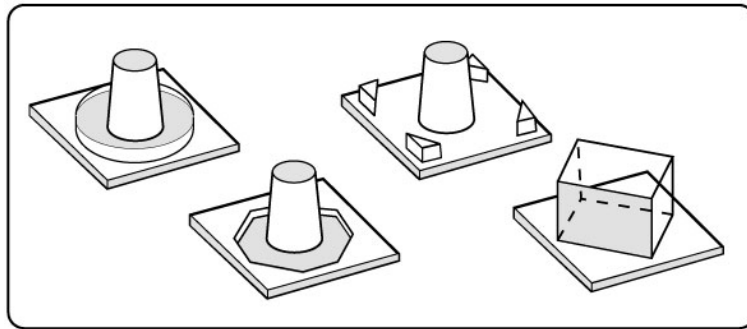


Imagen 3.18 Algunas técnicas para prevenir arrugas. Fuente: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com)

Por otra parte se debe tomar en cuenta que el encogimiento y las tolerancias dimensionales en el termoformado son distintas para piezas formadas en molde macho y aquellos formados en molde hembra.

En un molde macho el encogimiento puede disminuir si la pieza se enfría el mayor tiempo en el molde. Si el enfriamiento se produce hasta la temperatura ambiente en el molde, el encogimiento será mínimo.

Cuando se trata de moldes machos la pieza deberá desmoldarse aun cuando esté caliente, de lo contrario será complicado el desmoldeo.

A esto justamente se refiere el encogimiento térmico, que es la diferencia proporcional entre la temperatura ambiente y la temperatura al momento de desmoldar.

De esta manera, para conservar la dimensión especificada de la pieza, será necesario que el modelo sea ligeramente más grande.

En comparación, con el molde hembra la pieza formada empezará a encogerse tan pronto como la temperatura del material esté por debajo de la temperatura de moldeo. Para mantener una tolerancia cerrada continuamente, la dimensión del molde deberá ser considerablemente incrementada y mantenida la presión de vacío durante todo el tiempo de operación.

En el proceso de termoformado se tiene la ventaja de utilizar presión y temperatura relativamente bajas, por este motivo se puede usar una gran diversidad de materiales.

Habitualmente podemos utilizar moldes de madera, pues son idóneos para una baja producción y como la madera tiene baja conductividad térmica, favorece que la hoja revenida no se enfríe rápidamente al primer contacto, pero cuando se tiene una mediana o alta producción los moldes de madera son inadecuados.

La construcción de moldes con laminados fenólicos resulta excelente debido a que no son mayormente afectados por el calor o la humedad. Existen cuatro grupos para la construcción de moldes de termoformado: madera, minerales, resinas plásticas y metales.

GRUPO	MATERIALES EMPLEADOS	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
Maderas	Pino Caoba Cedro Maple Triplay Aglomerado	Baja	Estos moldes se caracterizan por ser de bajo costo, tiempo de construcción corto y buen acabado superficial, aunque en algunos casos la veta de la madera deje marcas de moldeo. La madera deberá ser estufada y si se desea un mejor acabado y evitar cambios dimensionales debido a la humedad, los moldes deberán sellarse con caseína, barniz fenólico o resina epóxica diluida en metil etil cetona. Para lograr un mejor acabado la veta de la madera debe estar paralela a la longitud del molde. Los moldes hechos con triplay o aglomerado tienen más duración. La duración del molde puede prolongarse considerablemente reforzando las aristas con metal.

Tabla 3.01 Empleo de materiales en moldes de Termoformado tomado de: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com)

GRUPO	MATERIALES EMPLEADOS	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
Minerales	Yeso (carbonato de calcio) Fluosilicato de sodio	Baja Mediana	Los moldes de yeso tienen mayor duración que los de madera y pueden vaciarse de un compuesto de yeso de bajo encogimiento, alta resistencia y reforzados en su interior con malla de metal, fibra de vidrio u otros materiales que no absorban humedad. El yeso se vacía sobre el modelo y debe dejarse curar por espacio de 5 a 7 días a temperatura ambiente. Si la superficie del modelo es buena, no se requerirá un acabado posterior. Los recubrimientos de resina poliéster, epóxica o fenólica proporcionan una superficie más resistente. Deben tenerse extremas precauciones para no astillar el yeso al hacer las perforaciones de vacío. En ocasiones puede eliminarse las perforaciones, si se dejan previamente insertados trozos de alambre, que sean removidos de su sitio después del fraguado.
Resinas plásticas	Resina poliéster, Resina epóxica, Resina fenólica, Laminados plásticos, Nylon	Mediana	Los moldes de resinas plásticas son más costosos y elaborados que los de yeso o madera, pero ofrecen una mayor duración, superficies más tersas y mejor estabilidad dimensional. A las resinas poliéster, epóxicas o fenólicas se pueden cargar con polvo de aluminio, que proporciona una temperatura más homogénea del molde o, con caolín, fibra de vidrio y otras cargas. A estos moldes se puede incorporar el sistema de vacío, embebiendo media caña de cartón en la parte posterior del molde.
Metálicos	Aluminio, Cobre-berilio, Fierro	Alta	Son ideales para grandes corridas de producción, altas presiones o formado mecánico. Pueden usarse moldes de fundición en aluminio, bronce o cualquier otra aleación de bajo punto de fusión, y maquinados en acero, latón o bronce. Son los más costosos, el tiempo de construcción es largo, tienen mejor acabado superficial, bajo costo de mantenimiento y mejor estabilidad dimensional. Es forzoso utilizar sistema de enfriamiento, así como evitar enfriamientos rápidos en la pieza.

Tabla 3.02 Empleo de materiales en moldes de Termoformado. Tomado de: [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com)

### 3.2.2 Recomendaciones para moldes de termoformado.

1. Para moldes de madera el mejor desmoldante es talco para bebés o harina.
2. Para moldes metálicos o de resinas plásticas, se sugiere usar ceras desmoldantes.
3. En materiales muy sensibles como el poliestireno, P.V.C. espumado o acrílico, no se deben usar maderas blandas debido a que se producirán marcas de moldeo.
4. Para corridas de producción largas no se deberá utilizar madera, ya que el lento enfriamiento causará que el molde se expanda, provocando que las uniones se abran.
5. Para moldes de resinas plásticas o metálicas también se puede usar desmoldantes en aerosol.

### 3.3 EXPERIMENTACIONES CON POLÍMEROS

Como hemos analizado anteriormente recalcamos que para el proceso de termoformado se requiere seguir las etapas que se describirán a continuación:

Etapa 1. Preparación de la lámina. Pre calentamiento a la temperatura de termoformado.

Etapa 2. Descenso de la lámina pre calentada sobre el molde o matriz.

Etapa 3. Definición de la forma mediante vacío.

Etapa 4. Enfriado.

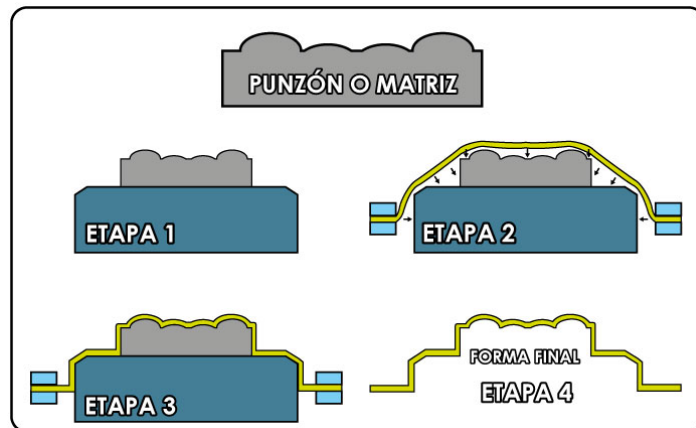


Imagen 3.19 Esquema gráfico de las etapas del termoformado

En la imagen siguiente se muestra esquemáticamente el proceso de termoformado.

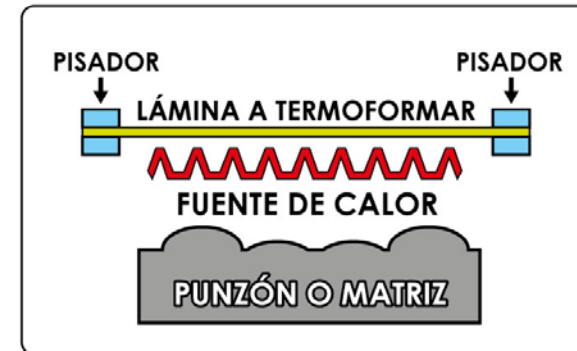


Imagen 3.20 Muestra esquemática del proceso de termoformado.  
Tomado de: (Garrido, 2004)

#### 3.3.1 Experimentación con lámina de PVC de 2 mm en molde realizado de cartón rígido con masilla plástica mustang.

Primeramente cabe recalcar que para el proceso de experimentación con los polímeros, me apropié del diseño de panel de pared 3d del diseñador Jacopo Cecchi, Romano Zenoni el cual fue utilizado como molde para efectuar el termoformado.

Esta experimentación se realizó con una termoformadora manual provisional, la cual consistía en una caja al vacío que era de madera, esta tenía una perforación circular por donde se conectaba la aspiradora casera. También se elaboró un molde el cual estaba hecho de cartón maqueta y forrado con masilla plástica mustang. Sobre éste molde aplicando presión se asentó la lámina de PVC precalentada en el horno. Anticipando que la lámina de PVC estaba sujeta a un marco de madera. A continuación se explicará mediante imágenes el proceso comentado anteriormente:

En la imagen se observa la caja al vacío elaborada juntamente con el molde sobre su cara superior y unos soportes laterales para facilitar el proceso de termofomado. Y en la imagen se puede observar la lámina de PVC sujeta al marco de madera lista para el precalentamiento.



Imagen 3.21 Caja al vacío elaborada en madera. Fotografía de mi autoría.



Imagen 3.22 Lámina de PVC sujeta al marco de madera. Fotografía de mi

Posteriormente, se procedió a precalentar la lámina de PVC en el horno hasta ver que la lámina se comenzó a pandear y de ahí el siguiente paso fue aplicar sobre la caja al vacío que estaba conectada a la aspiradora para proceder al termoformado de la lámina de PVC.



Imagen 3.23 Precalentamiento de lámina de PVC. Fotografía de mi autoría.



Imagen 3.24 Caja al vacío conectada a la aspiradora. Fotografía de mi autoría.

Finalmente el resultado de la experimentación del termoformado con la lámina de PVC de 2 mm fue un éxito, pero con la lámina de PVC de 3 mm la experimentación fracasó, pues el espesor de la lámina no permitió que se acoplara fácilmente al molde.

A continuación se mostrará las imágenes de los resultados obtenidos:

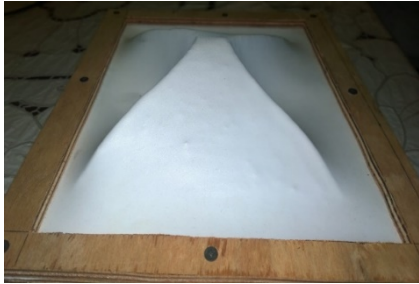


Imagen 3.25 Experimentación realizada en PVC de 2mm. Fotografía de mi autoría.



Imagen 3.26 Resultado de panel PVC de 2mm. Fotografía de mi autoría.



Imagen 3.27 Resultado de termoformado con PVC de 3mm. Fotografía de mi autoría

Como se puede observar en las fotografías anteriores los resultados con lámina de PVC de 2mm funcionó, pero en la de 3mm fracasó la experimentación.

### 3.3.2 Experimentación con lámina de Acrílico de 2 mm en molde realizado de cartón rígido con masilla plástica mustang.

Para esta experimentación utilice una lámina de acrílico de 2mm. El efecto que genero fue muy interesante. Para el termoformado utilizamos el mismo proceso de la experimentación anterior con la misma termoformadora provisional.

A continuación mostraré las fotografías respectivas a este proceso.



Imagen 3.28 Lámina de acrílico de 2 mm en marco de madera. Fotografía de mi autoría



Imagen 3.29 Resultado de la experimentación con acrílico de 2mm. Fotografía de mi autoría



### 3.4 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA TERMOFORMADORA

Dentro de lo que abarca el desarrollo de mi tema de tesis la construcción de un artefacto para termoformar es primordial, es por eso que a continuación demostraré mediante fotografías los procesos de construcción de la máquina de termoformado por vacío.

Para la construcción de la termoformadora se utilizará materiales como: madera de la cual se elaborará la caja al vacío y los moldes diseñados, hierro para armar la estructura de la caja de las niquelinas y una aspiradora.

#### 3.4.1 Construcción de la caja al vacío.

El primer paso en la realización de nuestra herramienta de termoformado será la construcción de la caja al vacío de madera, que estará conectada con un aspirador a través de un orificio lateral por donde ingresará la manguera de aspiración.

El tamaño de la base depende de las dimensiones sobre las que queramos trabajar. En mi caso, la superficie útil de la caja es de 0.34x0.34 m. La tapa superior de la caja al vacío donde se asienta el molde de madera consiste en una placa de madera perforada para que permita el paso de aire de succión.

Esta caja se encuentra sobre una estructura de hierro junto con la caja de las niquelinas una junto a otra. También posee una estructura de soporte del polímero a manera de un marco de ventana la cual realiza un movimiento horizontal para que caliente el polímero y luego se pueda desplazar hacia el proceso de succión.

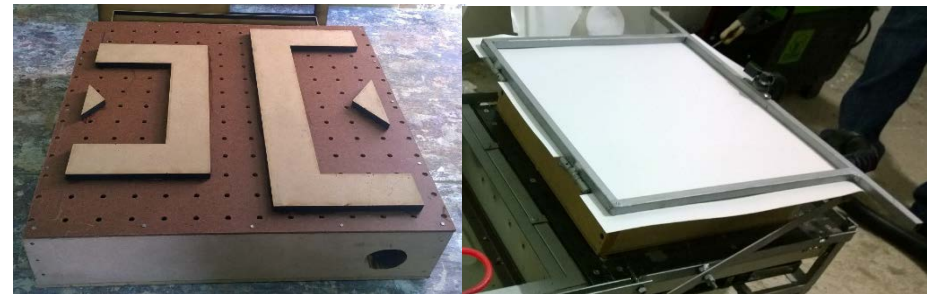


Imagen 3.30 Caja al vacío y marco de sujeción de polímero

### 3.4.2 Construcción de la caja de las niquelinas.

La caja de niquelinas está compuesta por una estructura de hierro forrada de aluminio, para aislar el contacto entre niquelinas y el aluminio de la caja se realizó unas piezas de arcilla las cuales rodeaban las niquelinas. Para que las niquelinas lleguen a una temperatura apropiada para realizar el termoformado se hizo una conexión a 220 v. Para ello se utilizó cable de 3x12.



Imagen 3.31 Armado de estructura de la caja de niquelinas

### 3.4.3 Ensamblaje y armado de la termoformadora.

Por último para ya tener lista la máquina de termoformado se procedió al ensamblaje de las dos cajas. El funcionamiento de las maquina es de la siguiente manera. Las dos cajas se encuentran pegadas uno junto a la otra soportadas por una

estructura de metal. También se le incorporó un marco similar al de una ventana el cual mediante movimiento horizontal facilita el proceso de termoformado. Este marco se asienta sobre las cajas de niquelinas hasta que el material esté listo para ser termoformado, una vez el polímero llegue al estado adecuado se traslada el marco sobre el molde que está asentado sobre la caja al vacío y se procede a la succión respectiva.



Imagen 3.32 Toma del proceso de termoformado del polímero



Imagen 3.33 Máquina de termoformado

### 3.4.4 Resultado del panel realizado en la máquina de termoformado.

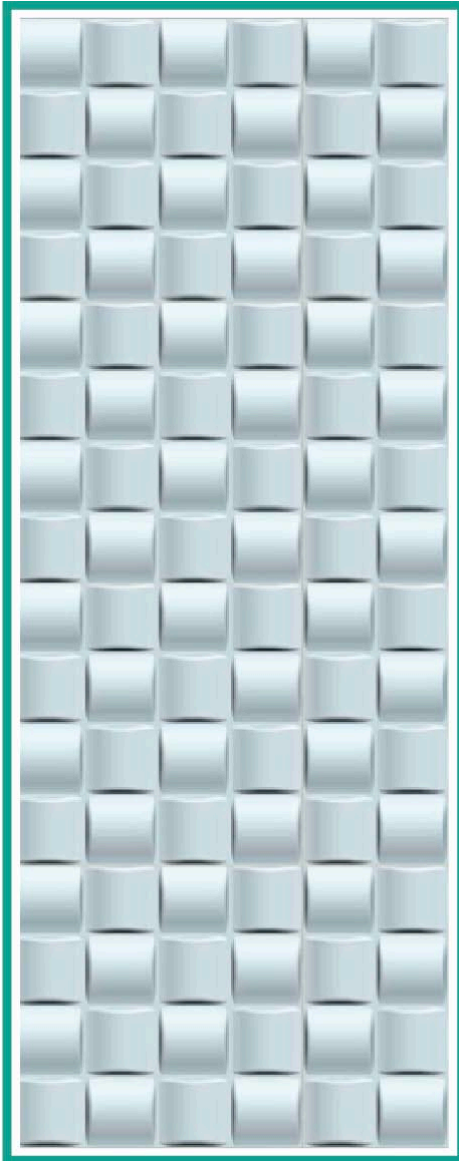


*Imagen 3.34 Resultado de paneles termoformados*



*Imagen 3.35 Ejemplo de paneles armados*





## Capítulo 4

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PANELES MEDIANTE TERMOFORMADO.

*Diseño no es lo que ves, sino lo que debes hacer que otras personas vean.*

**Edgar Degas**



## 4.1 PROCESO DE DISEÑO DE PANELES PARA EL TERMOFORMADO DE POLÍMEROS.

Dar una dimensión extra a las paredes mediante la utilización de paneles 3D en recubrimientos, se ha convertido en una de las tendencias modernas más actualizadas en estos tiempos. Los paneles de pared que se mostrarán a continuación están diseñados de modo que cuando se colocan juntos, forman un modelo estandarizado. Una vez instalado se pueden pintar en todos los colores que mejor se ajusten dentro de su casa o crear un nuevo estilo en muchos entornos.

A continuación empezaremos con el proceso de diseño para la generación de los patrones de los paneles, para diseñar los paneles tomare de referencia cuatro estilos característicos de diseño que serán: Art Deco, Art Nouveau, Pop Art y Minimalismo.

### 4.1.1 Diseño de panel Art Deco.

El Art Deco es un estilo originado en las artes decorativas en un periodo de entreguerras ((1920-1939). Se caracteriza por la exuberancia ornamental, la utilización de materiales lujosos, y el empleo de motivos geométricos y vegetales combinados. Se basan principalmente en la geometría elemental, del cubo, la esfera y la línea recta, también emplea el zigzag. Predomina por la utilización de colores contrastantes.

Con esta breve descripción del estilo procederé a desarrollar el proceso respectivo al primer diseño de panel.

1. Como referencia partiré de dos imágenes con características art deco que se muestran a continuación:

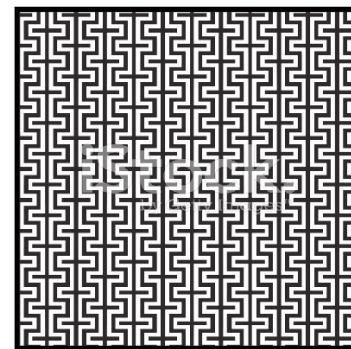


Imagen 4.01 Art Deco

Fuente:<http://www.thinkstockphotos.es/image/illustration-abstract-seamless-black-and-white-art-deco/494431631>

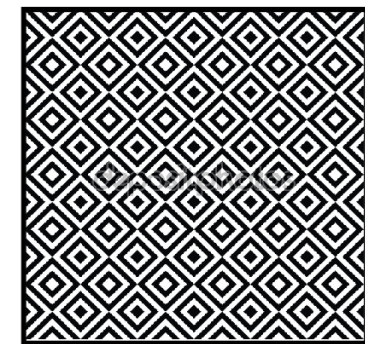


Imagen 4.02 Art Deco Fuente:

<http://www.istockphoto.com/vector/seamless-art-deco-pattern-texture-background-wallpaper-49605498>

2. El siguiente proceso que realice fue una ampliación de las imágenes para poder seleccionar la forma a utilizar para partir de ahí con el diseño del panel.



Imagen 4.03 Ampliación y selección de forma de la imagen 4.01



Imagen 4.04 Ampliación y selección de forma de la imagen 4.02

3. Como tercer paso redibuje las formas de las imágenes 4.03 y 4.04 como se ve a continuación:

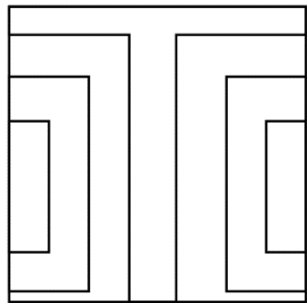


Imagen 4.05 Redibujo de la imagen 40.1

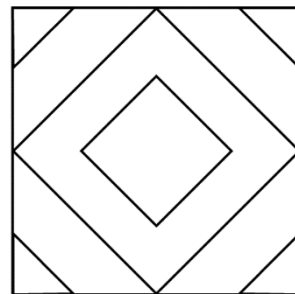


Imagen 4.06 Redibujo de la imagen 4.02

4. Una vez obtenida la forma lo que se realizó fue lo siguiente:

En la imagen 4.05 se extrajo la forma requerida que se muestra en forma de dos C reflejadas, a las cuales mediante traslación se las ubicó centradas hacia cada lado como se puede apreciar en la imagen 4.07.

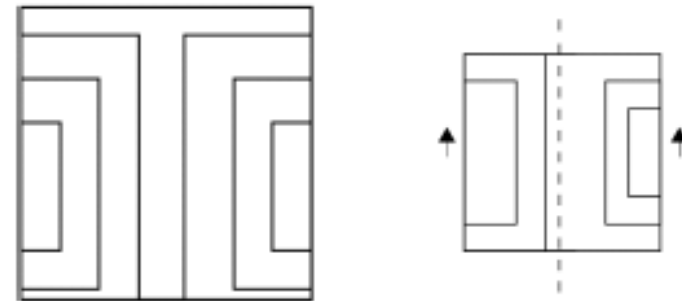


Imagen 4.07 Traslación de formas partiendo de la imagen 4.05

Mientras que con la imagen 4.06 se extrajo los rombos centrales y estos mediante traslación se desplazaron hacia los lados hasta quedar como se muestra en la imagen 4.08.

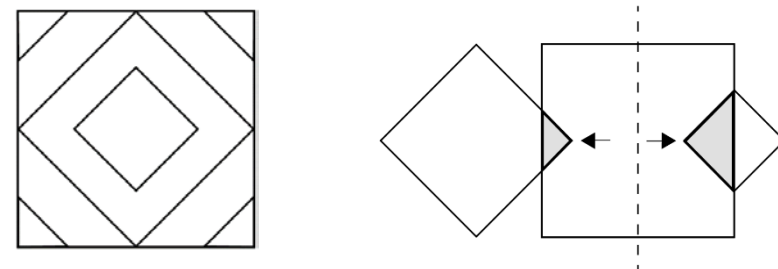


Imagen 4.08 Traslación de formas partiendo de la imagen 4.06



5. La fusión de las dos imágenes generaron el primer diseño de panel de estilo Art Deco como se puede observar en la imagen 4.09.

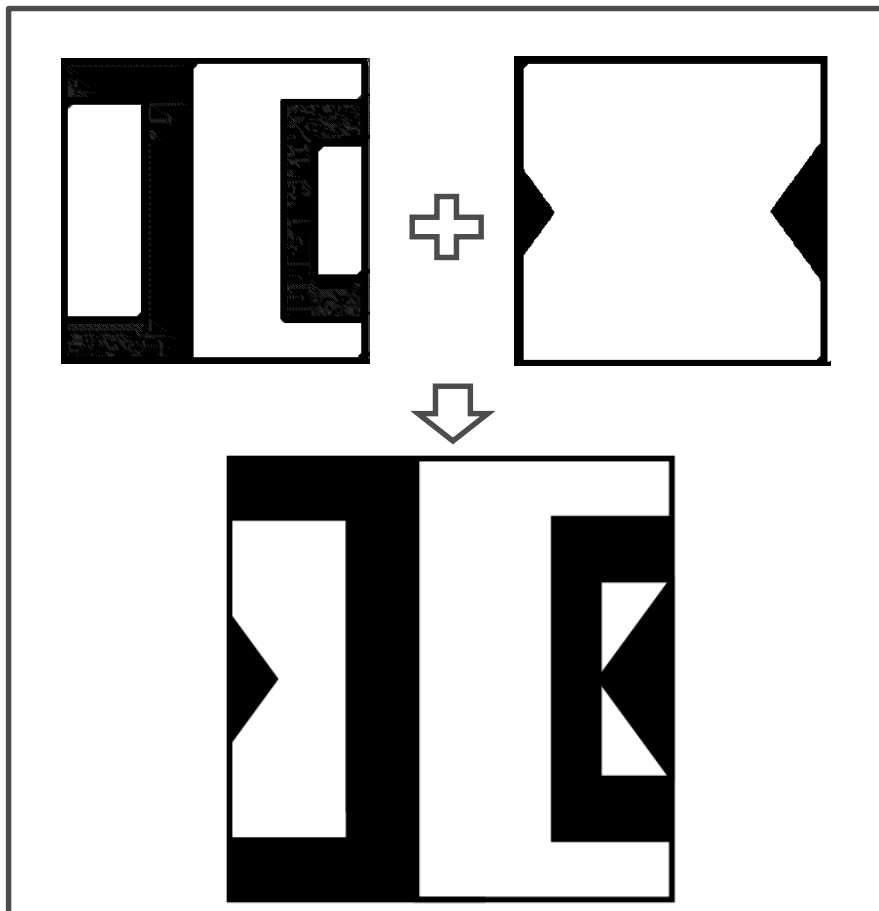


Imagen 4.09 Diseño de panel Art Deco

6. Molde del panel Art Deco.



Imagen 4.10 Molde de panel Art Deco

# Art Deco

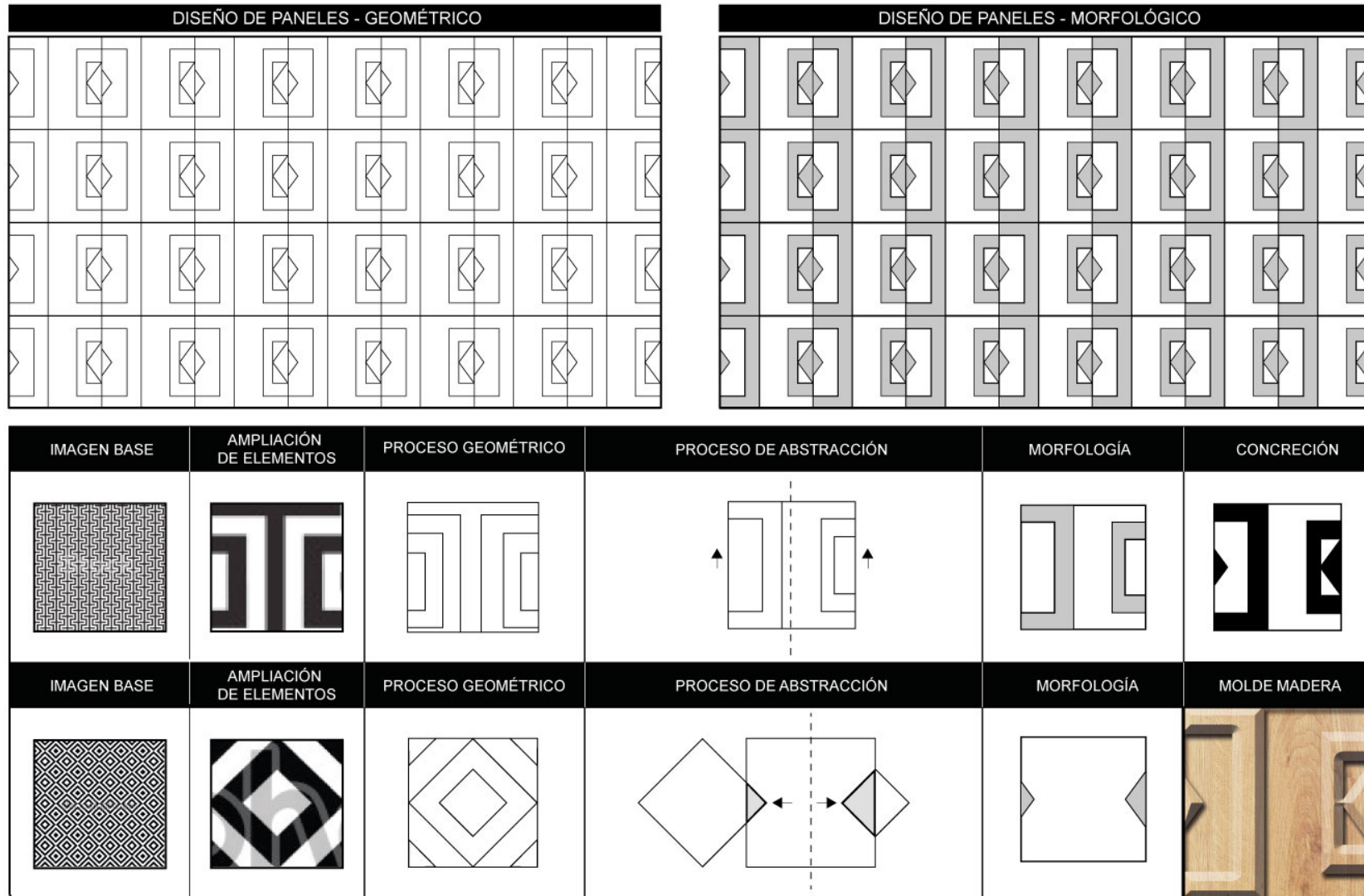


Imagen 5.11 Proceso explicativo del proceso de diseño Art Deco

### 4.1.2 Diseño de panel Art Nouveau.

El Art Nouveau se caracteriza por el empleo exuberante de la ornamentación. La predominancia de los motivos naturales y las líneas curvas en constante movimiento imitando a las plantas e incorpora formas de animales como mariposas, dragones, aves, plumas de pavo real y plantas como enredaderas. Son el sello distintivo de esta corriente. Los colores de la decoración Art Nouveau son sutiles y apagados, incluidos los pasteles, oliva, mostaza, marrón, lila, salvia, blanco, blanco opaco, azul eléctrico y color oro. El Art Nouveau con pocos elementos en un espacio y fondos simples, hace que cada objeto se vuelva significativo.

1. Como referencia del estilo partiré con estas imágenes:



Imagen 4.12 Fuente:  
<http://es.365psd.com/vector/art-nouveau-stencil-pattern-27418>



Imagen 4.13 Fuente:  
<http://www.lizzybloves.com/2010/04/06/an-art-nouveau-wedding-invitation/>

2. Seguidamente una ampliación de las imágenes para poder seleccionar la forma adecuada y partir de ahí con el diseño del segundo panel.



Imagen 4.14 Ampliación y selección de forma de la imagen 4.12



Imagen 4.15 Ampliación y selección de forma de la imagen 4.13

3. A continuación el redibujo de las imágenes 4.14 y 4.15 :

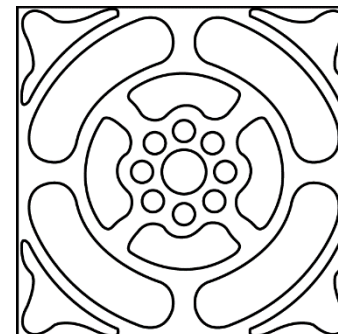


Imagen 4.16  
Redibujo de la imagen 4.14

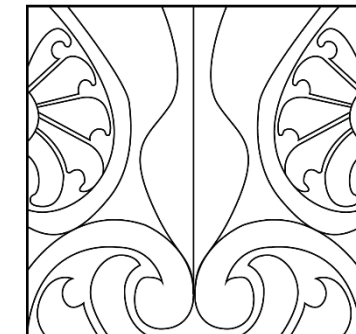


Imagen 4.17  
Redibujo de la imagen 4.15

4. Obtenida ya la forma, se realizó lo siguiente:

De la imagen 4.16 se extrajo las dos formas que se encuentran en los ángulos del cuadrado en su misma posición. También se extrajo la radiación que se muestra con línea interpuntada roja, a la cual mediante rotación, traslación y desplazamiento se ubicó en la parte superior del cuadrante.

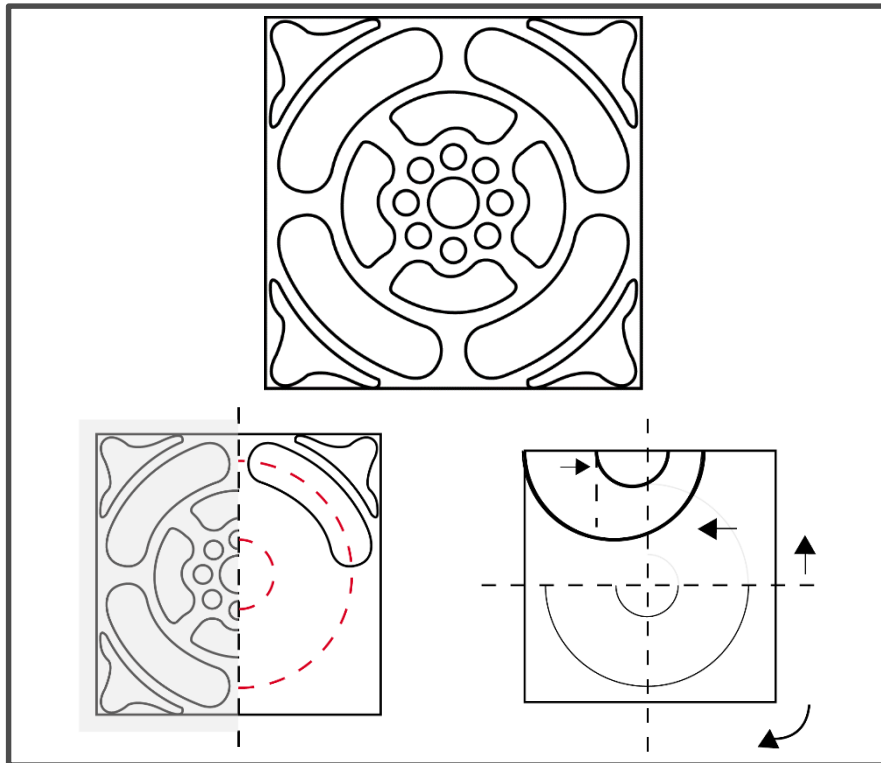


Imagen 4.18 Obtención de formas a partir de la imagen 4.16

Y de la imagen 4.17 se extrajo la forma que se mira en el segundo recuadro de la imagen 4.18 a la cual se le aplicó una traslación y una ampliación hasta obtener la posición requerida.

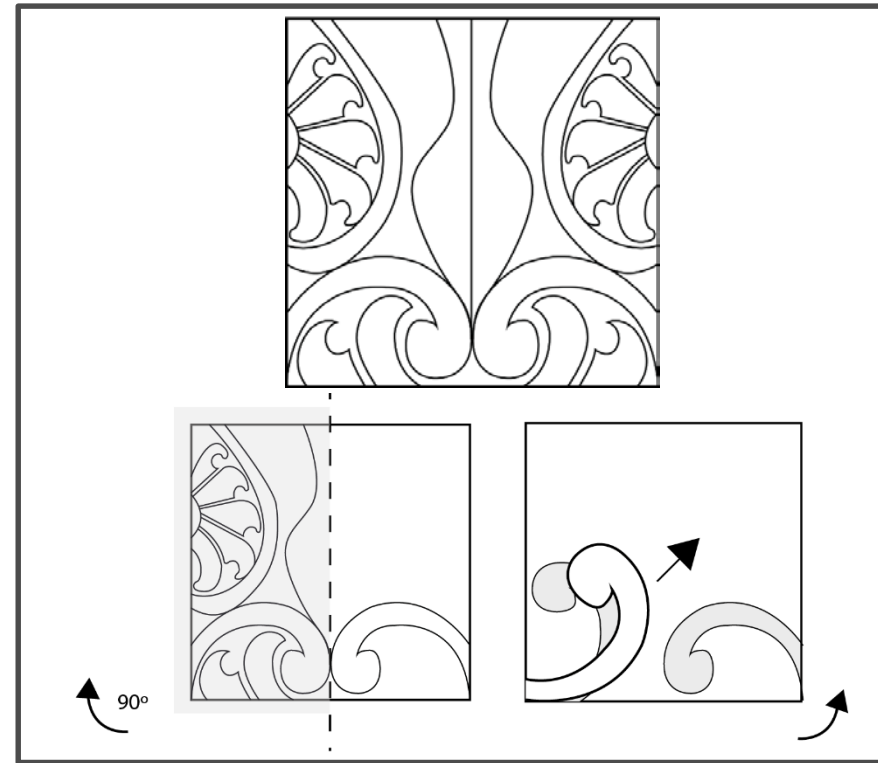
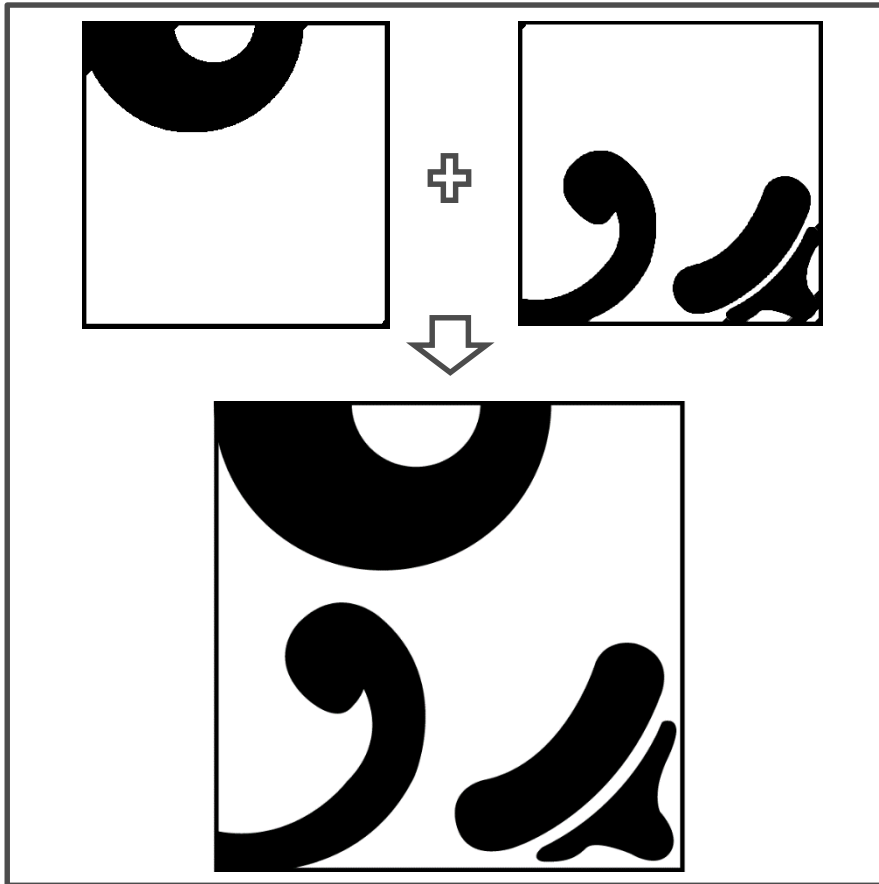


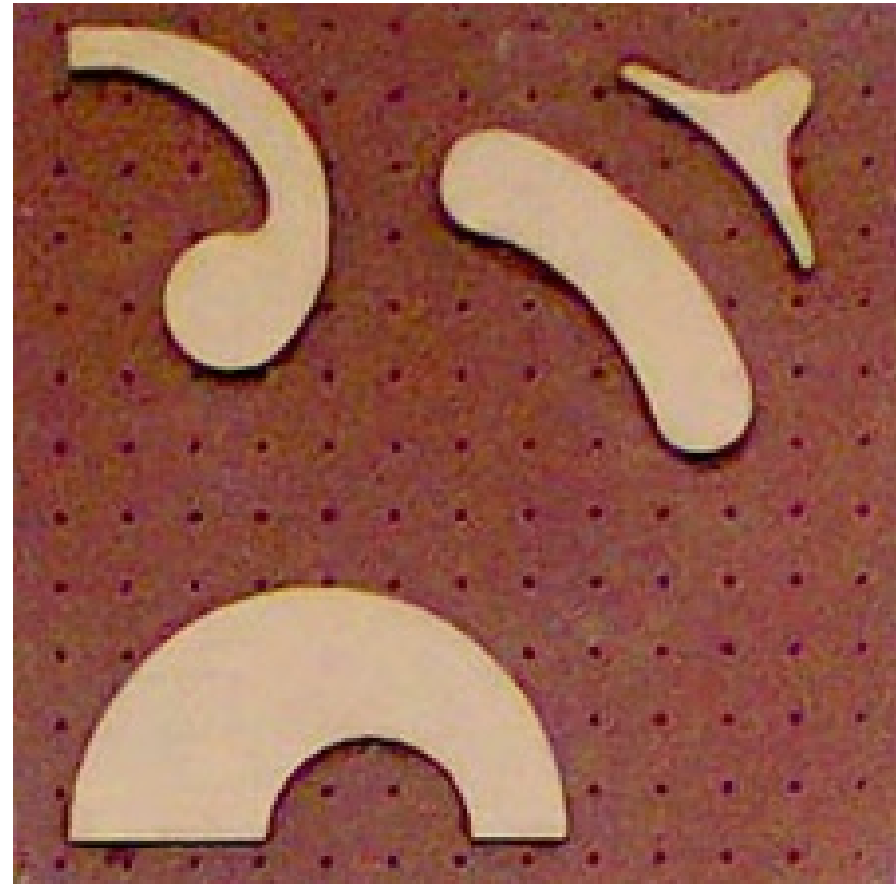
Imagen 4.19 Obtención de formas a partir de la imagen 4.17

5. La fusión de las dos imágenes generaron el segundo diseño de panel de estilo Art Nouveau como se puede observar en la imagen 4.18.



*Imagen 4.18 Diseño de panel Art Nouveau*

6. Molde de panel Art Nouveau.



*Imagen 4.19 Molde Art Nouveau*

# Art Nouveau

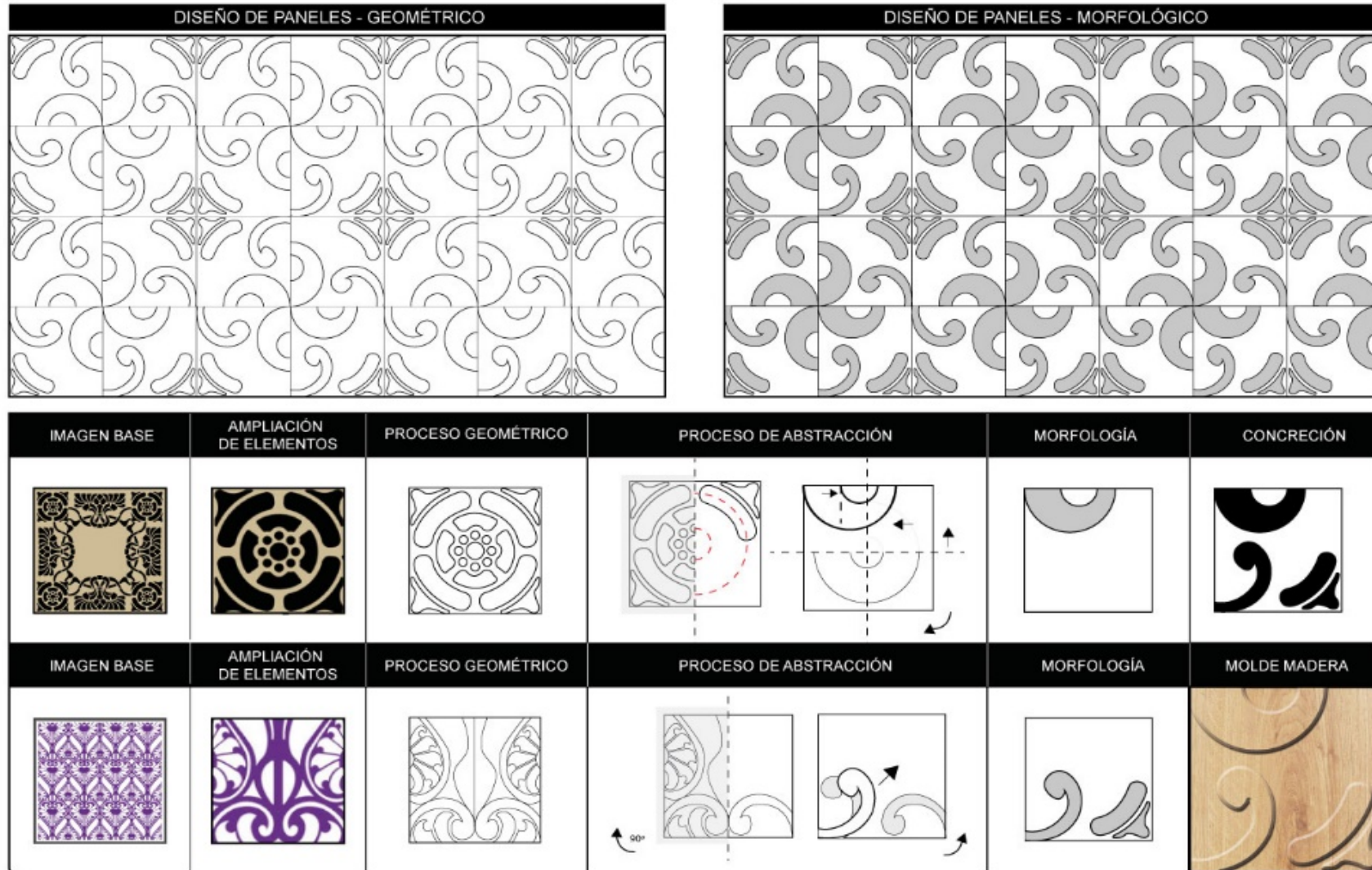


Imagen 4.20 Proceso explicativo del proceso de diseño Art Nouveau

### 4.1.3 Diseño de panel Minimalista.

El término minimalista es la tendencia a reducir a lo esencial, utilizando la geometría elemental de las formas. Se caracteriza por el empleo de los elementos más básicos y la economía de recursos en sus composiciones, como la simplicidad cromática, la geometría rectilínea y un lenguaje sencillo. De allí su principal axioma, “menos es más”, de Ludwig Mies van der Rohe. Los colores elegidos son tonos neutros, blanco, blanco roto, grises, beige, marrones y negros, siendo el contraste del blanco con negro uno de los principales representantes del estilo. Es especial para aplicar en esquema tonal de colores neutros.

1. Como referencia del Minimalismo ocupé estas imágenes:

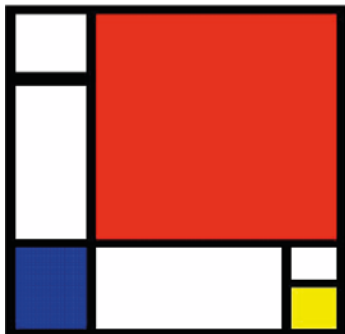


Imagen 4.21 Obra de Piet Mondrian, 1928.  
Fuente: <http://vsv-books.net/inspiration>



Imagen 4.22 Pintura minimalista. Fuente:  
<http://agudizate.webcindario.com/contemporanea.htm>

2. Consecutivamente el redibujo de las imágenes 4.21 y 4.22.

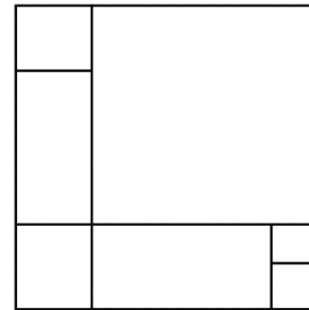


Imagen 4.23 Redibujo de la  
imagen 4.21

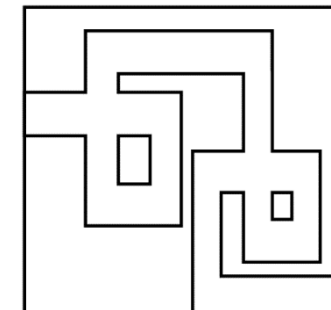


Imagen 4.24 Redibujo de la  
imagen 4.22

3. Listo los redibujos, se realizó lo siguiente:

De la imagen 4.21 se extrajo la segunda figura rectangular del lado derecho, la cual mediante rotación y traslación se ubicó en lugar adecuado.

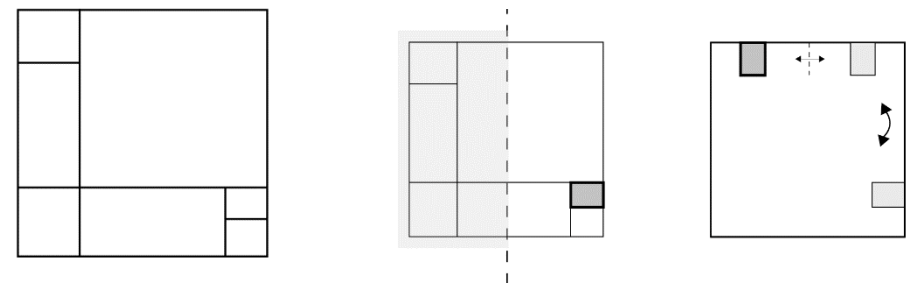


Imagen 4.25 Obtención de formas a partir de la imagen 4.21

Y de la imagen 4.22 se extrajo la forma que se mira en el segundo recuadro de la imagen 4.26 a la cual se le aplicó una ampliación y una rotación hasta obtener la posición requerida.

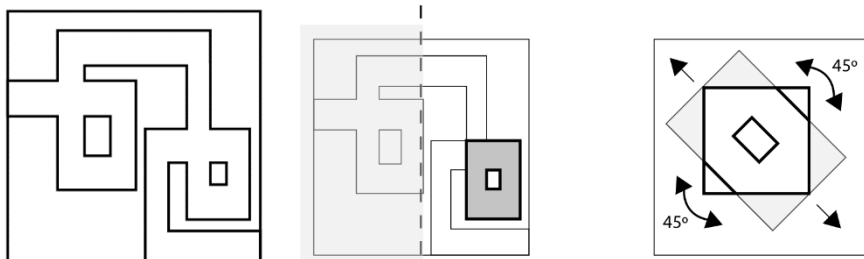


Imagen 4.26 Obtención de formas a partir de la imagen 4.22

4. La fusión de las dos imágenes generaron el tercer diseño de panel Minimalista como se puede observar en la imagen 4.27.

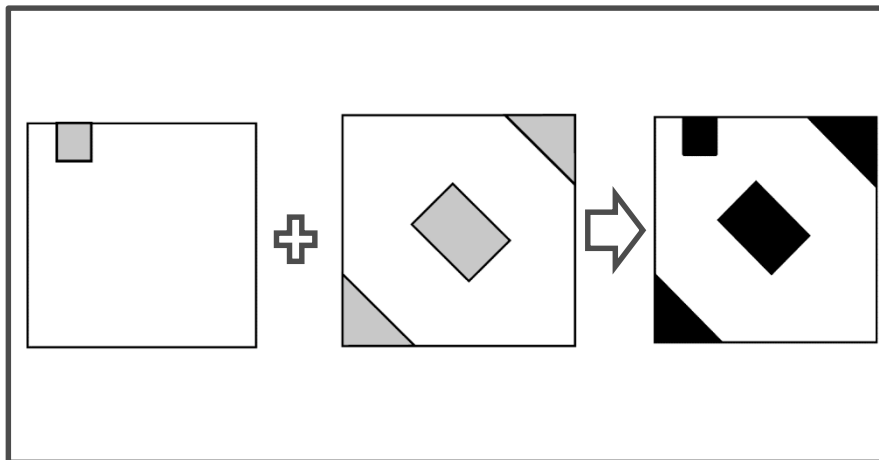


Imagen 4.27 Diseño de panel Minimalista

5. Molde de panel Minimalista.

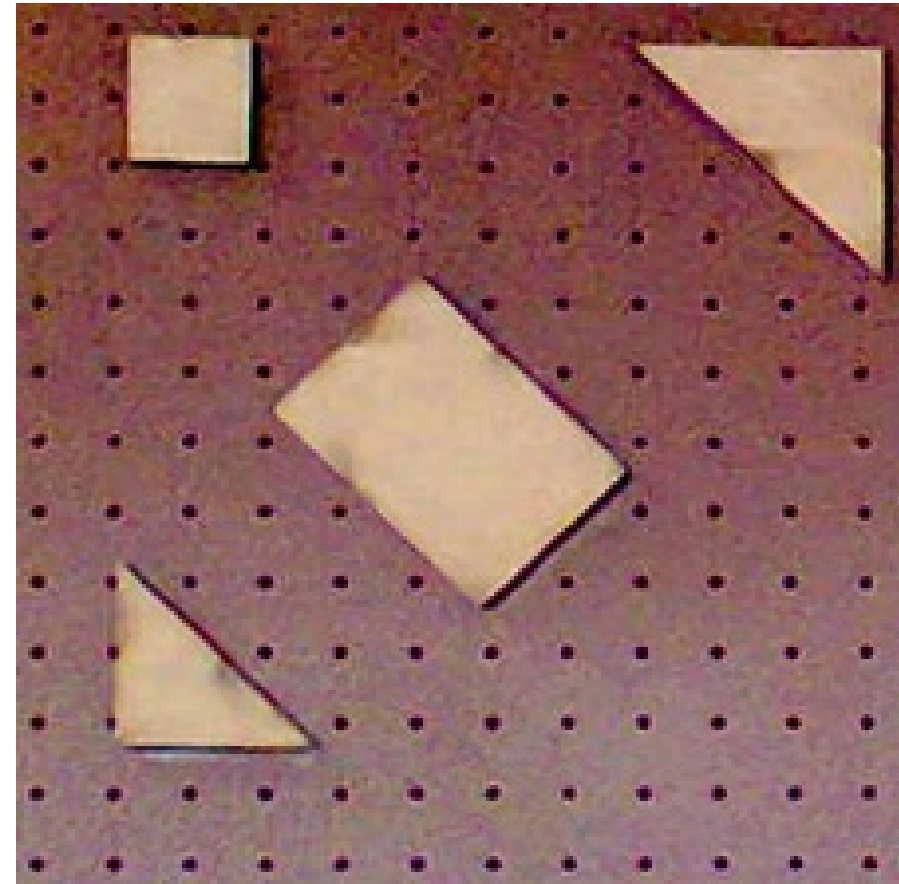


Imagen 4.28 Molde Minimalista



# Minimalista

DISEÑO DE PANELES - GEOMÉTRICO		DISEÑO DE PANELES - MORFOLÓGICO			
IMAGEN BASE	PROCESO GEOMÉTRICO	PROCESO DE ABSTRACCIÓN		MORFOLOGÍA	CONCRECIÓN
IMAGEN BASE	PROCESO GEOMÉTRICO	PROCESO DE ABSTRACCIÓN		MORFOLOGÍA	MOLDE MADERA

Imagen 4.29 Proceso explicativo de diseño Minimalista

### 4.1.4 Diseño de panel Pop Art.

"El arte pop fue un importante movimiento artístico del siglo XX caracterizado por el empleo de imágenes de la cultura popular tomadas de los medios de comunicación, tales como anuncios publicitarios, comic books, objetos culturales «mundanos» y del mundo del cine. El arte pop, buscaba utilizar imágenes populares en oposición a la elitista cultura existente en las Bellas Artes, separándolas de su contexto y aislándolas o combinándolas con otras, además de resaltar el aspecto banal o kitsch de algún elemento cultural, a menudo a través del uso de la ironía." (arslatino, 2015)

1. Como referencia del Minimalismo ocupé estas imágenes:



Imagen 4.30 Obra Pop Art. Fuente: <http://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-imaes-pop-art-imaae6534129>

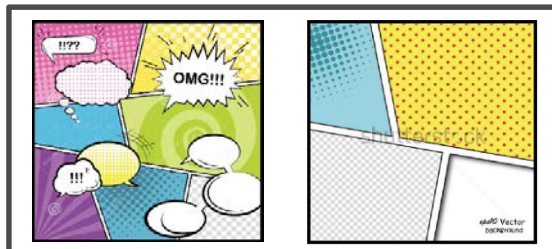


Imagen 4.31 Obra Pop Art. Fuente: <http://www.shutterstock.com/es/pic-156960974/stock-vector-burbujas-de-discurso-con-fondo-en-estilo-pop-art.html>

2. Posteriormente el redibujo de las imágenes 4.29 y 4.30.

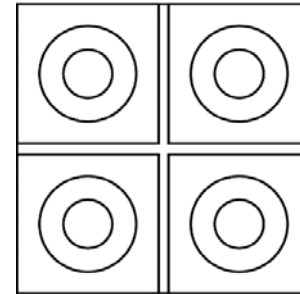


Imagen 4.32 Redibujo de imagen 4.30

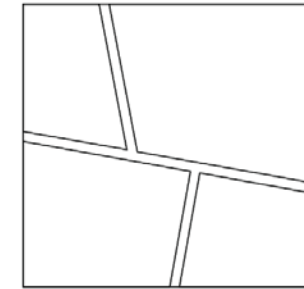


Imagen 4.33 Redibujo de imagen 4.31

3. Listo los redibujos, se realizó lo siguiente:

De la imagen 4.30 se extrajo las circunferencias grande y pequeña a las cuales mediante traslación se las ubicó en el lugar adecuado.

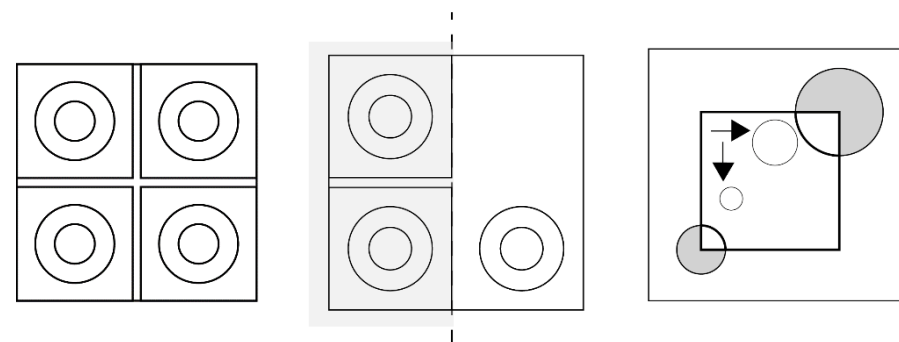


Imagen 4.34 Obtención de formas a partir de la imagen 4.32

Y de la imagen 4.30 se extrajo la forma completa. La cual al fusionarla con la anterior nos generó el diseño del cuarto panel Pop Art. A continuación una muestra gráfica:

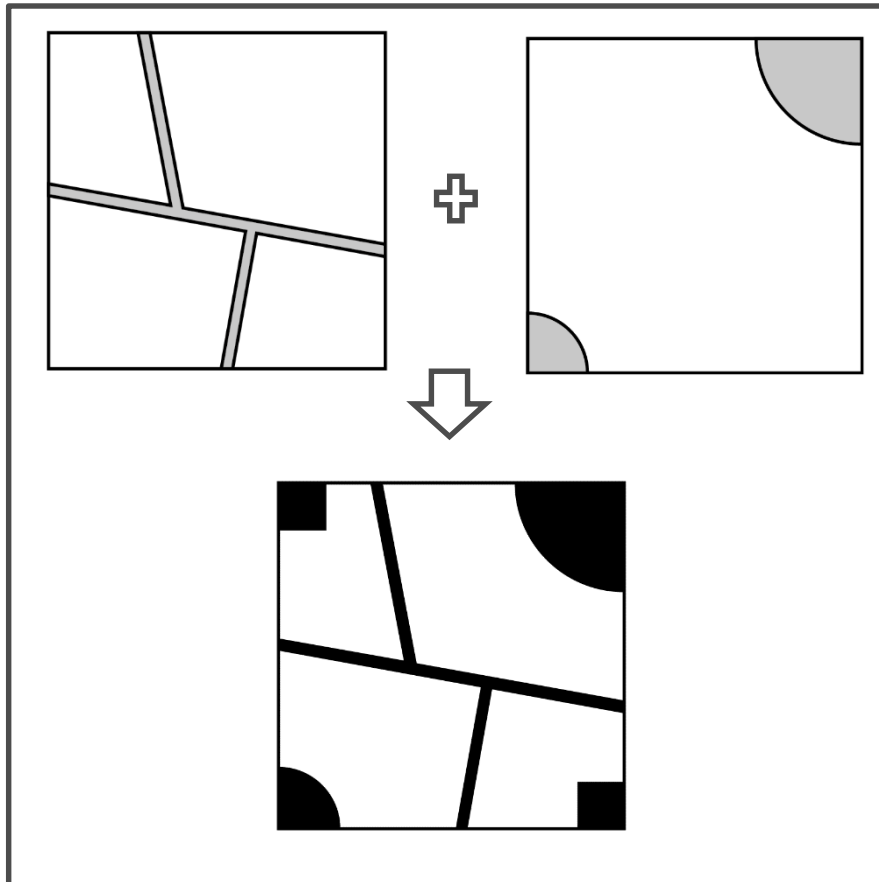


Imagen 4.35 Diseño de panel Pop Art

4. Molde de panel Pop Art.

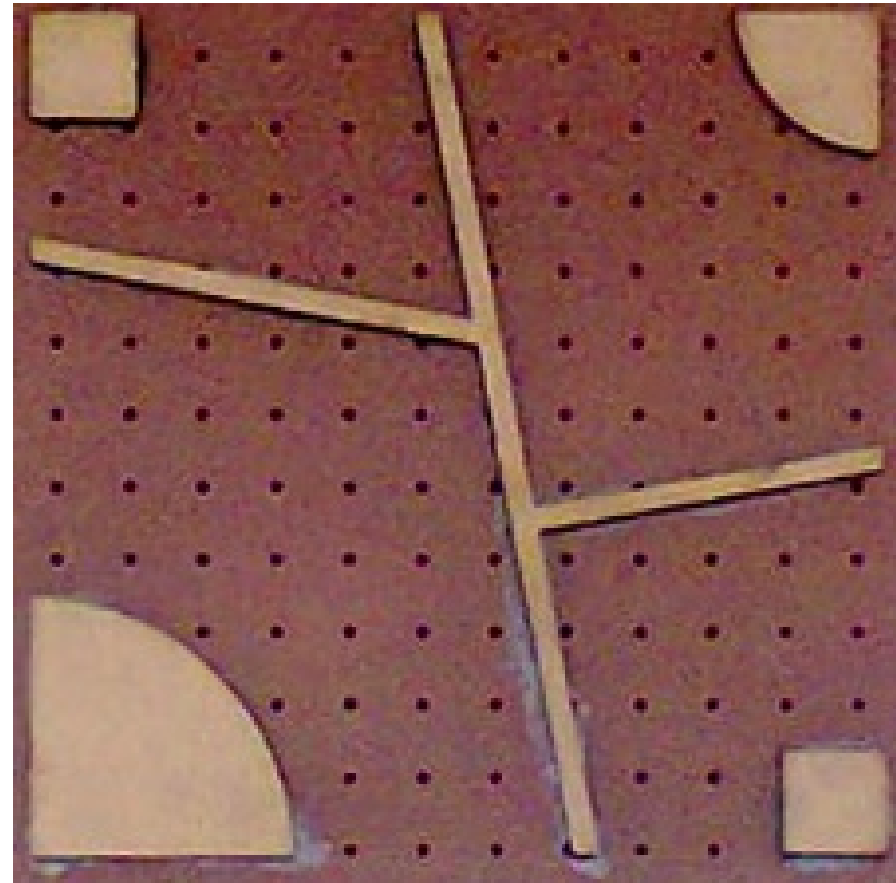


Imagen 4.36 Molde Pop Art

# Pop Art

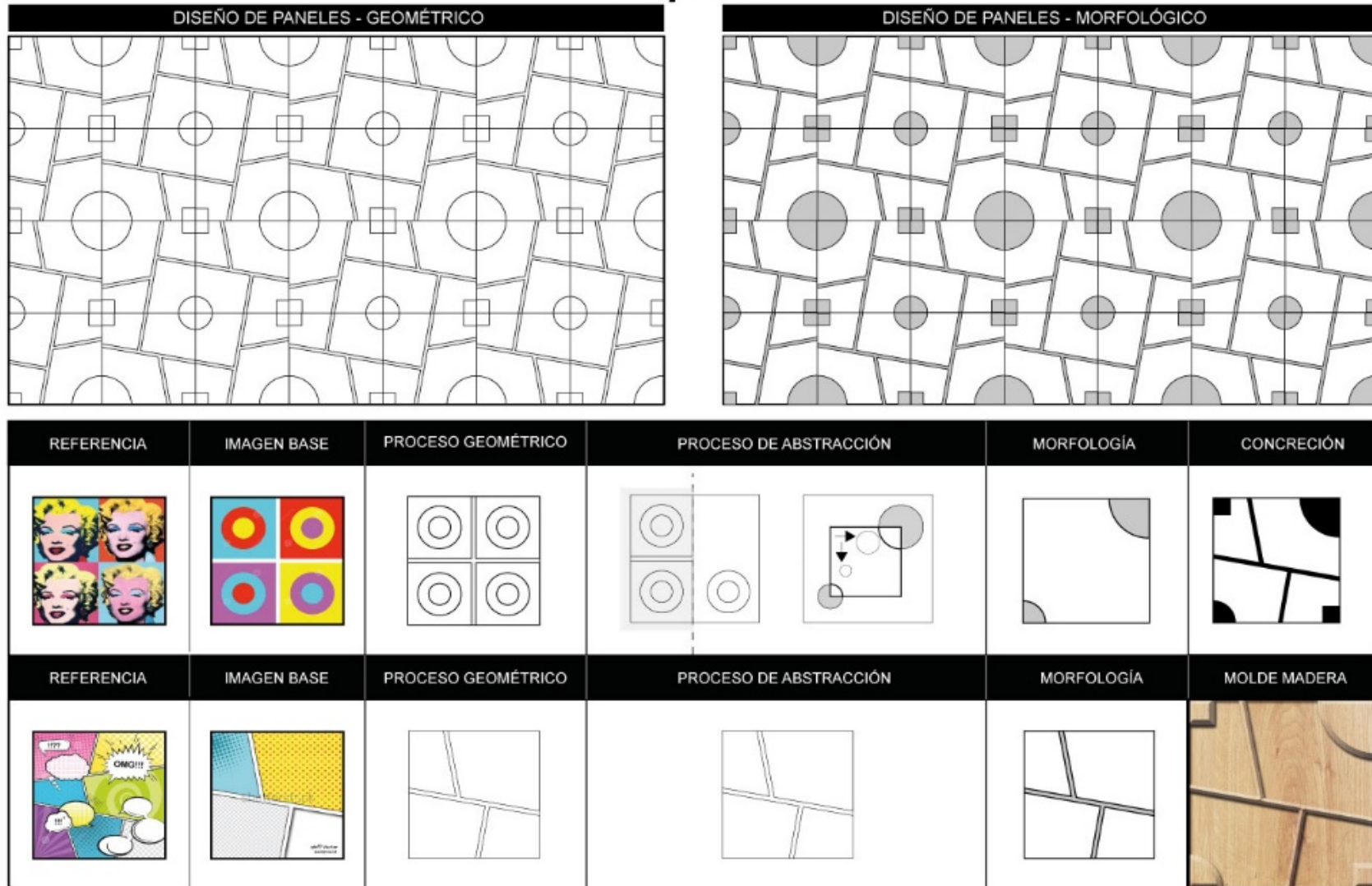
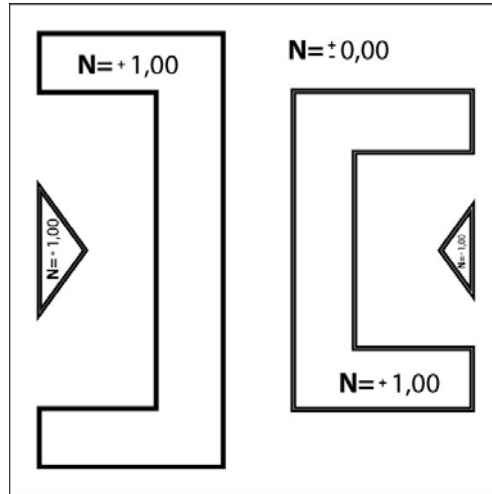


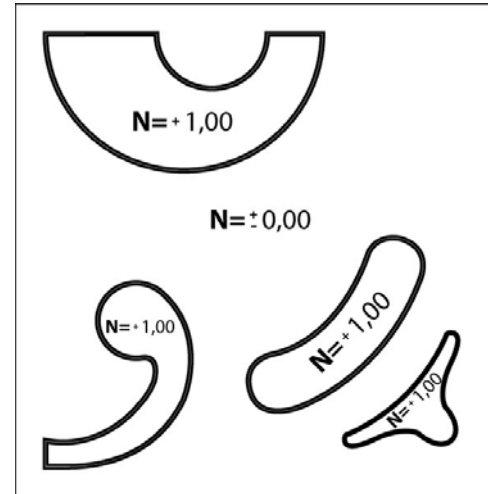
Imagen 4.37 Proceso explicativo de diseño Pop Art

### 4.1.5 Ficha técnica de la construcción de moldes para los paneles.

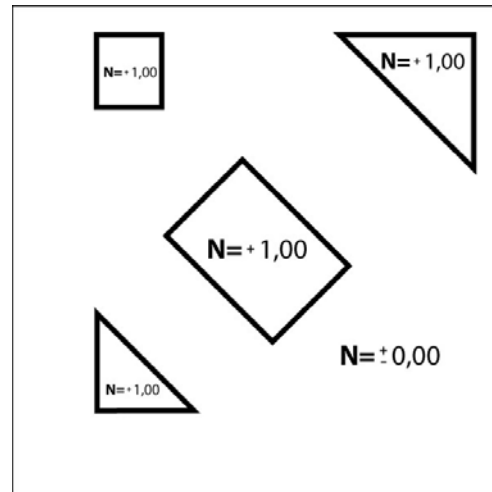
DISEÑO MOLDE  
ART DECO



DISEÑO MOLDE  
ART NOUVEAU



DISEÑO MOLDE  
MINIMALISTA



DISEÑO MOLDE  
POP ART

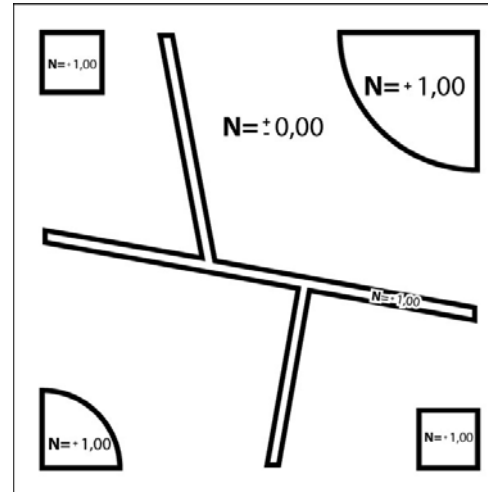


Imagen 4.38 Ficha técnica de moldes

### 4.1.6 Moldes machos y hembras para generar los paneles termoformados.



Imagen 4.39 Moldes machos y hembras

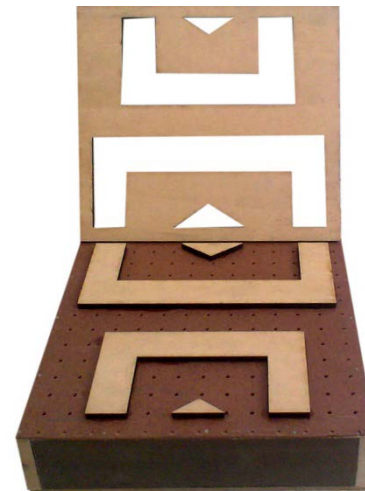


Imagen 4.40 Molde en madera diseño Art Deco



Imagen 4.41 Molde en madera diseño Art Nouveau

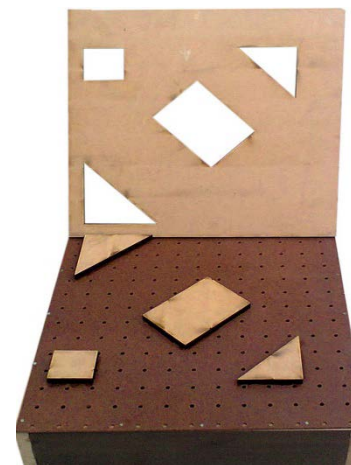


Imagen 4.42 Molde en madera diseño Minimalista



Imagen 4.43 Molde en madera diseño Pop Art

## 4.2 PROTOTIPO, MAMPOSTERÍA Y ACABADO DE PANELES.

### 4.2.1 Definición de prototipo

Previamente considero importante recalcar la definición de la palabra prototipo.

Como sabemos un prototipo se puede referir a cualquier clase de máquina en pruebas, o un objeto diseñado para una demostración de cualquier clase.

Tomando en cuenta la definición, en mi tesis de experimentación lo que obtuve fue un prototipo de máquina termoformadora y también un prototipo del producto que me he propuesto elaborar en un inicio.

El objetivo de mi tesis fue crear unos patrones de paneles para revestimientos de paredes interiores a los cuales se les puede dar un acabado, del cual se hablará más adelante.

### Detalle de recubrimiento de paneles en pared

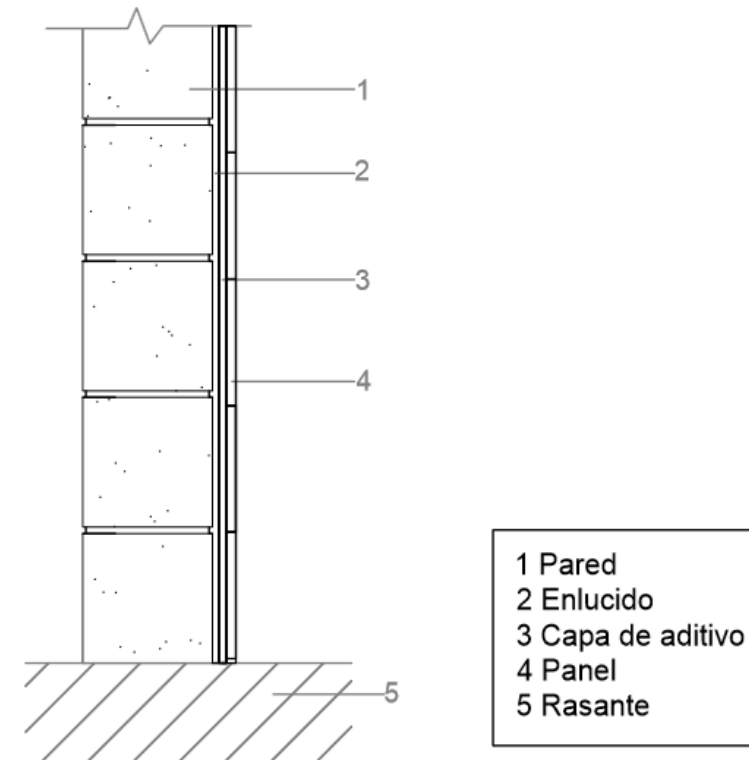


Imagen 4.44 Detalle Constructivo aplicación de paneles

### 4.2.2 Instalación de paneles

Para la colocación de los paneles termoformados se debe tomar en cuenta las siguientes instrucciones:

**4.2.2.1** La superficie en la que se va a instalar los paneles debe estar limpia, seca y libre de material suelto. Debe ser una superficie completamente plana si hay agujeros grandes o daños en la pared deben ser arreglados.



Imagen 4.45 Panel previo a instalación



Imagen 4.46 Superficie arreglada

**4.2.2.2** Colocar el pegante en toda la superficie posterior del panel y también en la superficie en la que se va a colocar y dejar que fragüe un momento.



Imagen 4.47 Colocación de pegante en el panel



Imagen 4.48 Colocación de pegante en superficie

**4.2.2.3** Posteriormente aplicar el panel sobre la superficie en la que se va a ubicar y aplicando un poco de presión con mayor prioridad en las partes esquineras sostener el panel contra la superficie destinada como se ve a continuación:



Imagen 4.49 Presión interna



Imagen 4.50 Presión externa



#### 4.2.2.4 Alinear con el resto de paneles ya instalados.

Para mayor constancia confirmar usando un nivel durante la instalación. ¿Qué se debe hacer si se desea instalar en un área de menor tamaño que el panel? A continuación se explicará:



Imagen 4.51 Nivelando



Imagen 4.52 Encajando el panel

4.2.2.5 Primeramente se debe medir el área total del espacio. Con la ayuda de un lápiz señalar el área total sobre el panel.



lápiz

4.2.2.6 Con la ayuda de un estilete cortar la parte señalada del panel y nuevamente repetir el corte inicial con un corte un poco más profundo sobre el panel.



Imagen 4.55 Marcar con un cúter el trazo realizado

4.2.2.7 Con la ayuda de una segueta o cierra cortar el panel siguiendo la línea guía que se quedó marcada con el estilete en el proceso anterior.



Imagen 4.56 Cortar por la referencia realizada anteriormente

4.2.2.8 Una vez cortado a la medida deseada, lijar los filos del corte para un mejor terminado y encajar el panel cortado en el área requerida.



Imagen 4.57 Lijar los bordes



Imagen 4.58 Colocación de panel

4.2.2.9 Limpiar las uniones con la ayuda de una brocha para evitar cualquier filtración a través del adhesivo.



Imagen 4.59 Limpieza de juntas



Imagen 4.60 Zoom de las uniones

4.2.2.10 Limpiar la superficie y queda lista la instalación de los paneles.



Imagen 4.61 Limpiar la superficie

### 4.2.3 Experimentación de Acabados para los paneles termoformados.

Como experimentación el primer acabado que utilicé para la decoración de los paneles termoformados fue un efecto marmoleado, lo cual se realizó utilizando pintura esmalte, agua caliente y un recipiente amplio donde se sumergió el objeto a decorar que en mi caso fue el panel termoformado.

Con pocos materiales y algo de imaginación se generaron unos efectos marmoleados muy llamativos.

Con ésta técnica no hace falta saber pintar, pues tan sólo consiste en que al verter unas gotas del esmalte en el recipiente con agua, su componente oleoso hace que no se diluya el color sino que se expanda creando una capa superficial.

Se puede utilizar varios esmaltes de distintos colores o sólo uno, luego hay que remover con un palillo y se obtiene todo tipo de diseños los cuales se van a adherir en la superficie del objeto, que en este caso es el panel, en cuanto se lo sumerja. A continuación unos ejemplos del empleo de ésta técnica:

En la primera imagen se muestra un ejemplo en un objeto, de la mezcla del esmalte con el agua generando un diseño un poco sicodélico.

Y en la segunda se puede apreciar cómo queda impregnado el diseño ya en la superficie de la pieza.



*Imagen 4.62 Experimentación con agua y pintura esmalte*

Esta técnica se puede emplear en todo tipo de objetos sean estos de plástico, metal o cerámica. A continuación fotografías de la aplicación de técnica marmoleada en panel de prueba realizado antes de la instalación.

Primero verter agua caliente en un recipiente amplio puede ser una tina, segundo verter la pintura esmalte en el agua se puede verter dos o más colores según su requerimiento.



Paso 1



Paso 2

Tercero con un palito modificar la pintura en el agua hasta obtener la textura deseada cuarto sumergir el panel dentro de la tina.



Paso 3



Paso 4

Quinto lo retiramos del agua y está listo. Sexto el mismo proceso para pintar el modelo de panel de acrílico.



Paso 5



Paso 6

Séptimo se sumerge igualmente el otro panel de acrílico en el agua. Octavo se lo retira cuidadosamente del agua y listo.



Paso 7



Paso 8

El segundo acabado que se puede aplicar a los paneles termoformados es la pintada con soplete de un solo tono.

Para ello los paneles deben estar ya instalados, se debe limpiar la superficie con un trapo ligeramente húmedo y dejar secar para que los paneles queden listos para la primera capa de pintura.

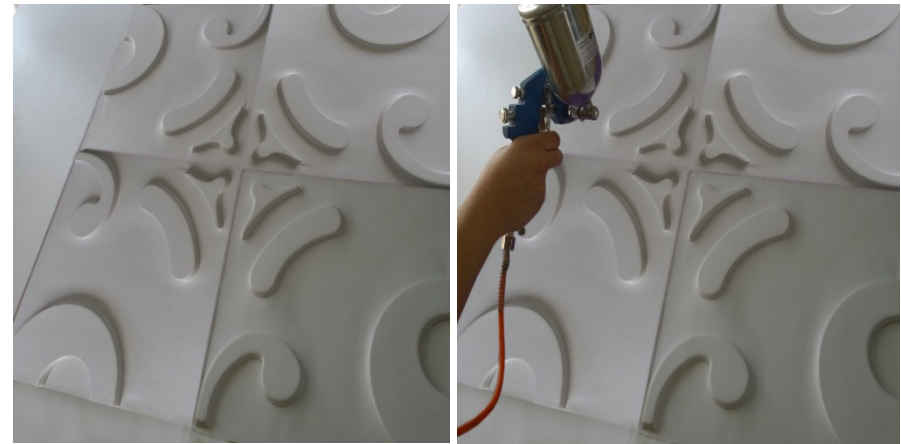


*Paso 1*



*Paso 2*

En las siguientes imágenes se puede observar como es la aplicación de la primera capa de pintura sobre los paneles ya instalados. La pintada se puede realizar utilizando un soplete, una brocha, un rodillo o un spray.



*Paso 3*

*Paso 4*

Para dar la segunda mano de pintura primero se debe dejar secar bien la primera capa de pintura. Una vez seca la superficie se procede a dar otra capa de pintura dejar que fragüe y listo.



*Imagen 4.63 Experimentación con pintura de agua*

### 4.3 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA APLICACIÓN DE LOS PANELES DENTRO DE ESPACIOS: CORPORATIVO Y RESIDENCIAL.

Las paredes con defectos, con cierto desnivel y que necesitan un lavado de cara, quedan totalmente renovadas con las superficies tridimensionales.

Dependiendo de la técnica que se utilice para conseguir ese efecto tridimensional, se podrá obtener soluciones a problemas de aislamiento térmico y acústico, una buena solución son los paneles 3D.

Desde el punto de vista del diseño, los efectos tridimensionales nos ayudarán a crear efectos de luces y sombras, reformando por completo los espacios.

Con los diseños generados, a continuación se indicará mediante fotografías, rendes y montajes una simulación de los paneles dentro de espacios corporativos y espacios residenciales o bien conocidos como viviendas.

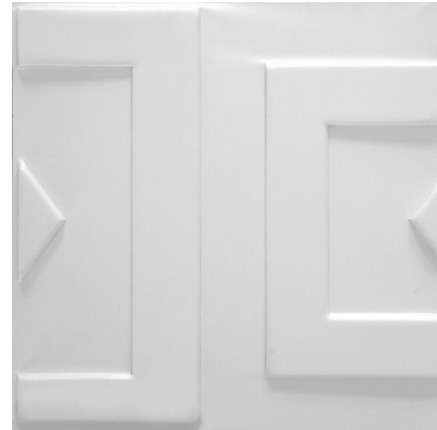


Imagen 4.64 Panel Art Deco



Imagen 4.65 Panel Art Nouveau



Imagen 4.66 Panel Minimalista



Imagen 4.67 Panel Pop Art

### 4.3.1 Alternativas para la disposición de los paneles sobre una superficie.

Muchas personas asumen que el diseño es un tipo de esfuerzo dedicado a embellecer la apariencia exterior de las cosas.

Pues verídicamente el sólo embellecimiento es sólo una parte del diseño, pero el diseño es mucho más que eso. El diseño es un proceso de creación visual con un propósito, es por esa razón que a continuación daremos varias alternativas de instalación de los paneles con los cuales se puede generar algunos enfoques intuitivos de creaciones visuales.

La disposición de los paneles hace que las personas experimenten varias apreciaciones generando sentimientos y emociones en cada uno del que lo observe. Para ello cada uno de los diseños realizados tendrá sus fundamentos debidos.

Los diseños que se mostrarán a continuación respetarán los principios de diseño, cada panel o módulo estará conformado dentro de una estructura que es la que gobierna la posición de las formas, imponiendo un orden y predeterminando las relaciones internas de las formas en un diseño.

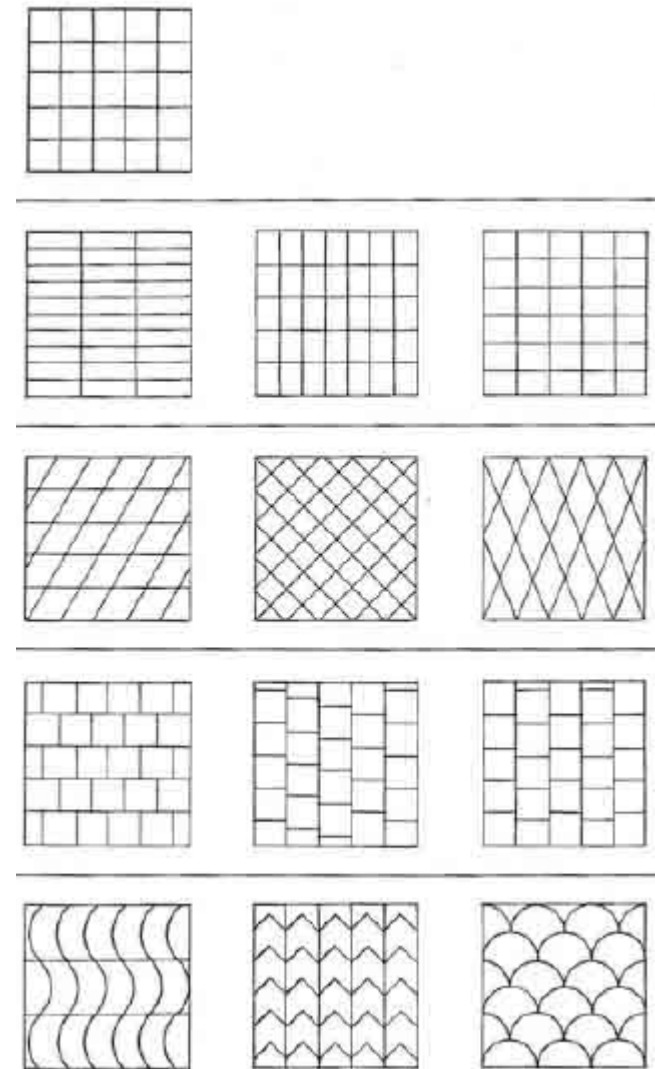
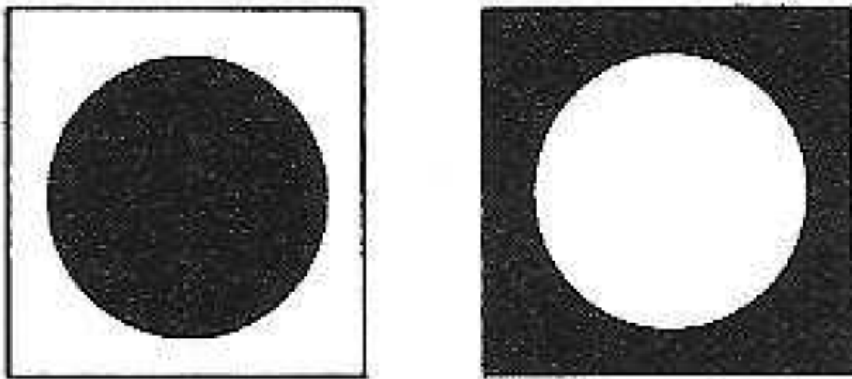


Imagen 4.68 Ejemplos de estructuras para diseño. Tomado de: Libro Fundamentos del Diseño pg. 60.

### 4.3.2 Diseños para la aplicación de paneles.

Para explicar lo que demostraré a continuación empezaré por dar a conocer la función que asume las formas positivas y negativas dentro de un diseño.

La forma positiva se le denomina cuando se la percibe como ocupante de un espacio mientras que la forma negativa es cuando se la percibe como un espacio en blanco, rodeado por un espacio ocupado. Ejm.



*Imagen 4.69 Ejemplo de formas Positiva y negativa. Tomado de: Libro Fundamentos del Diseño pag.48*

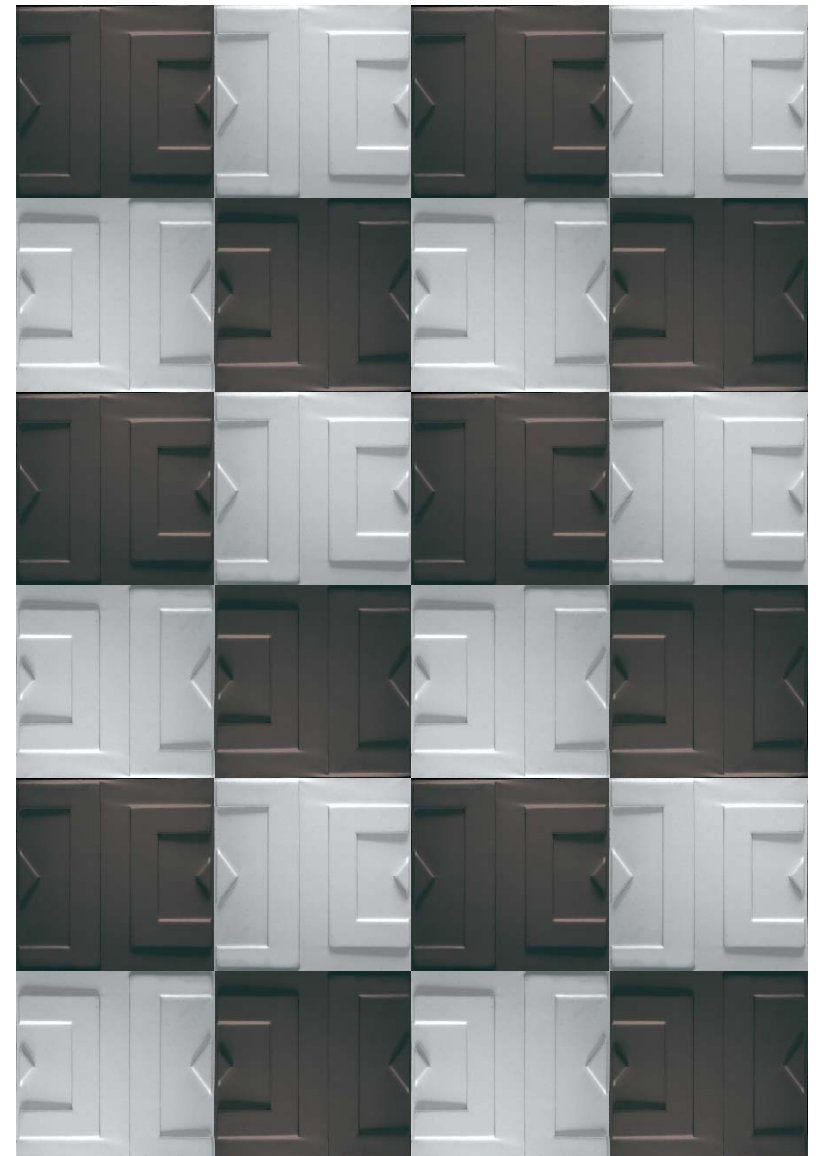
Tomando en cuenta lo mencionado iniciaremos con los procesos de diseño con cada uno de los paneles propuestos.



### 4.3.3 Panel diseño Art Deco



*Imagen 4.70 Paneles Art Deco*



*Imagen 4.71 Paneles Art Deco armados*

Panel diseño ART deco: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección alternada, siguiendo una disposición lineal.

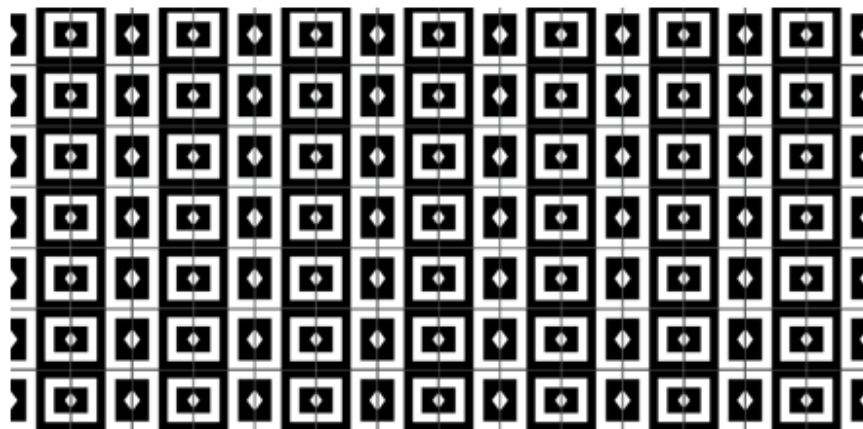


Imagen 4.72 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Art Deco: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección alternada, siguiendo una disposición lineal.

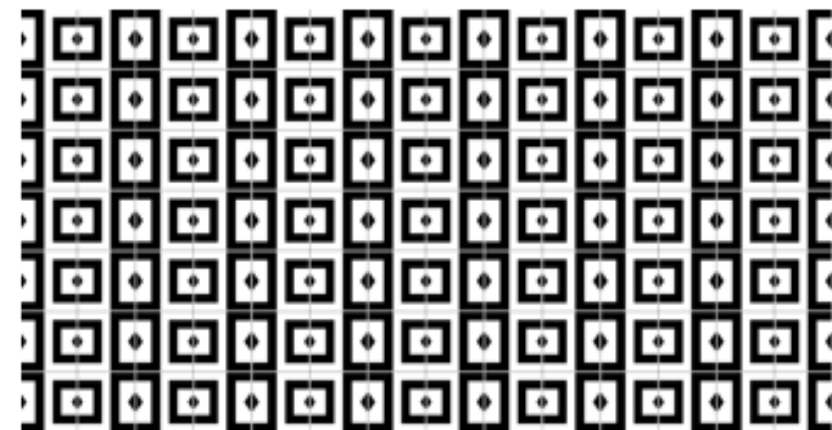
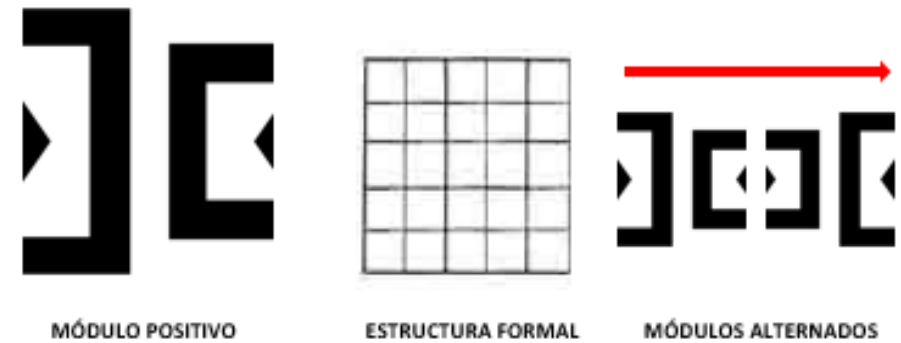


Imagen 4.73 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Art Deco: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

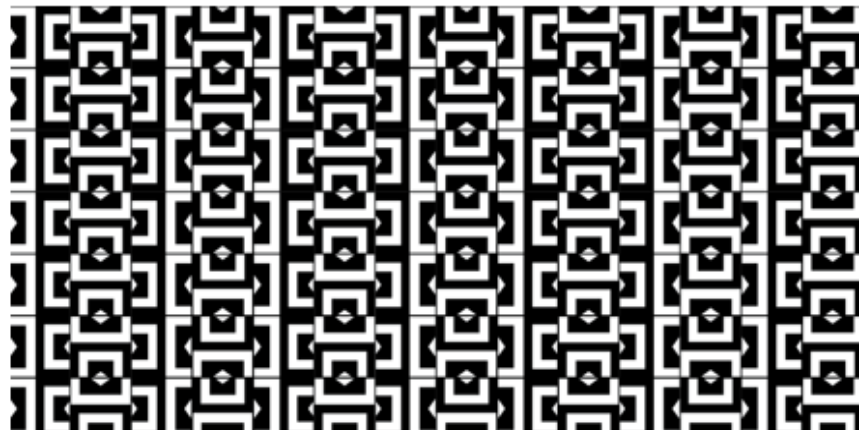


Imagen 4.74 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Art Deco: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

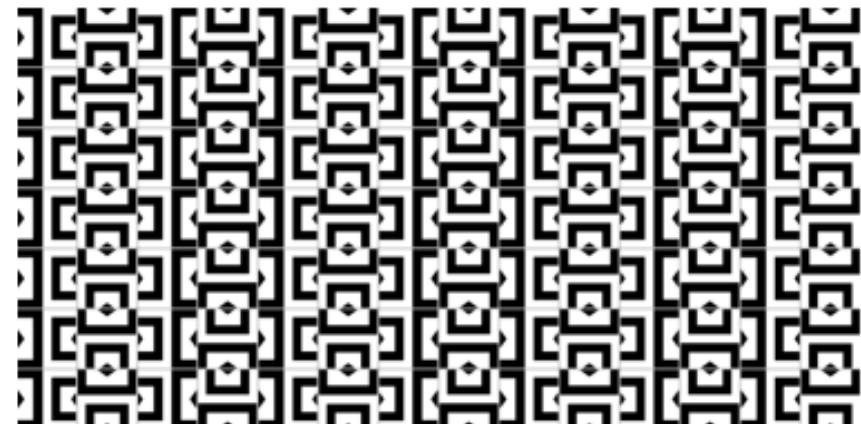


Imagen 4.75 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Art Deco: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección similar, siguiendo una disposición lineal.

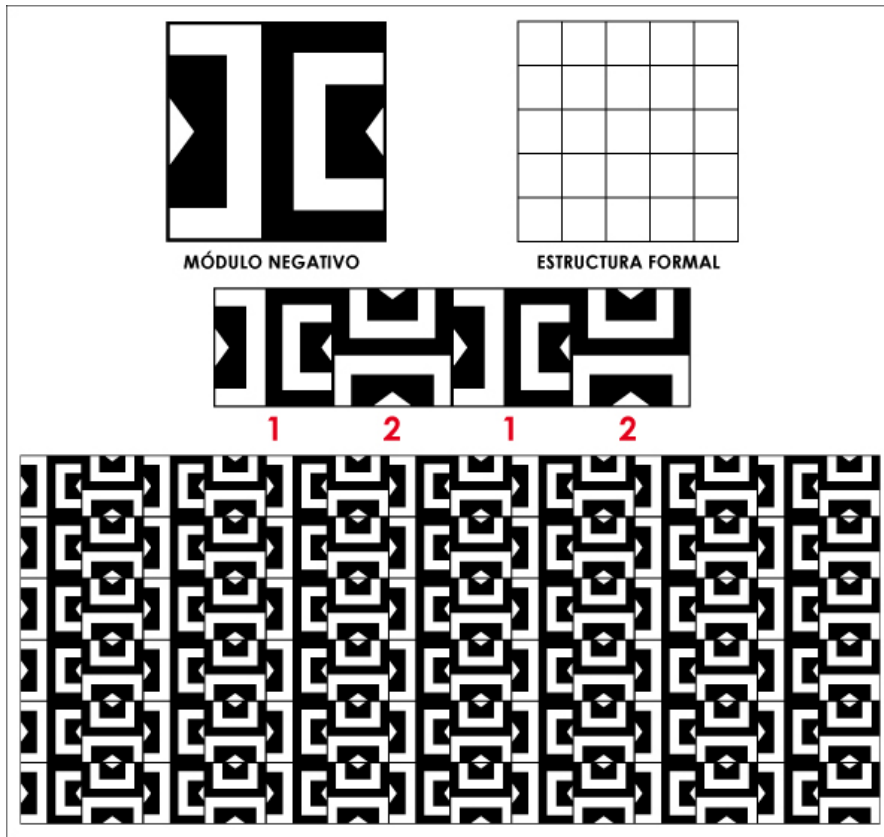


Imagen 4.76 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Art Deco: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección similar, siguiendo una disposición lineal.

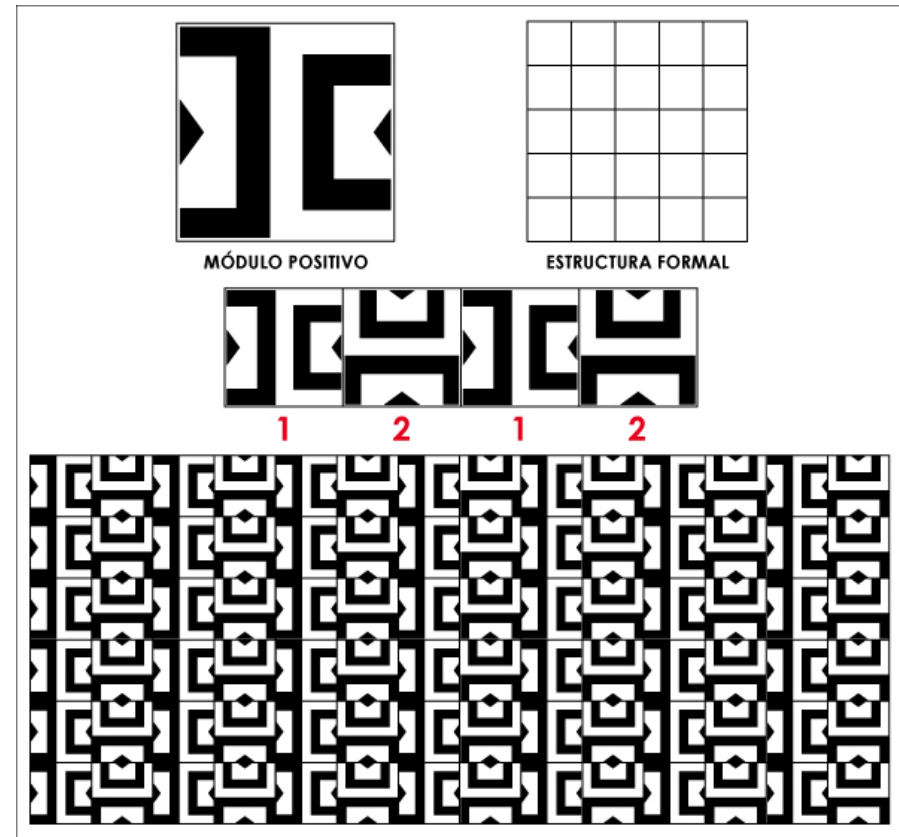


Imagen 4.77 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Art Deco: módulo con forma negativa, dentro de una estructura de gradación, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

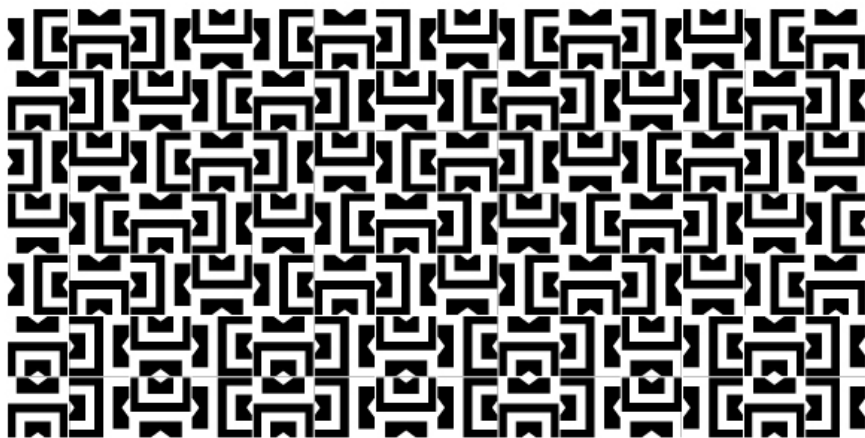


Imagen 4.78 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Art Deco: módulo con forma positiva, dentro de una estructura de gradación, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

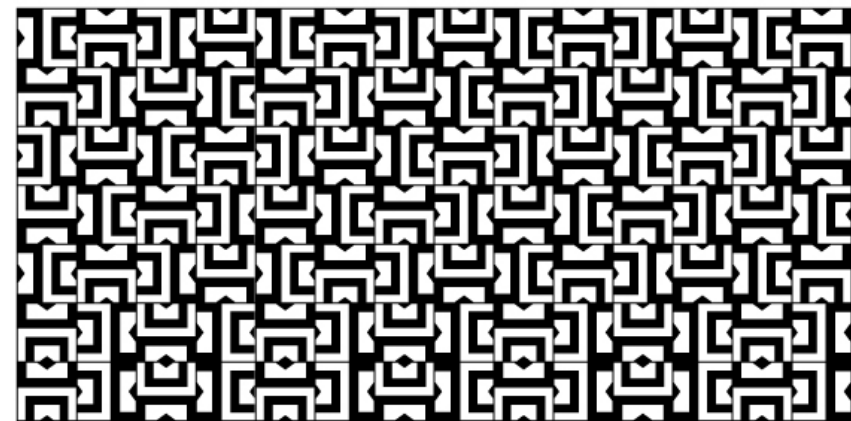
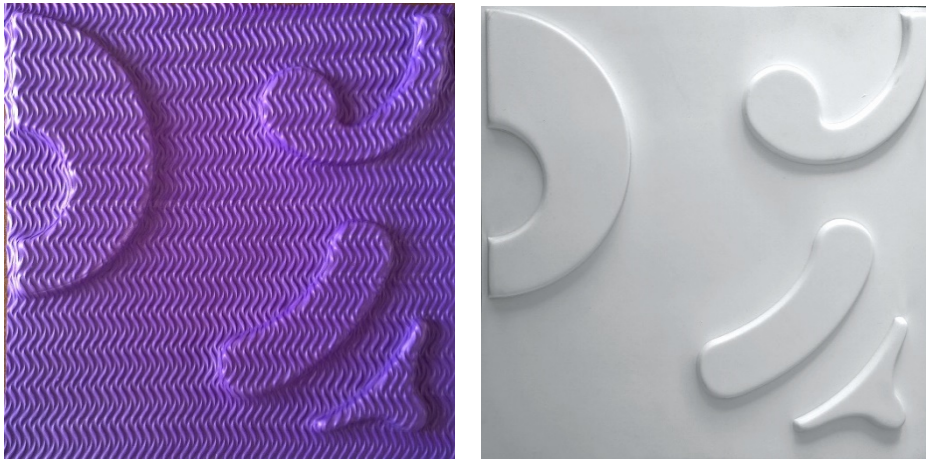


Imagen 4.79 Ejemplo con módulo de forma positiva



### 4.3.4 Panel diseño Art Nouveau



*Imagen 4.80 Paneles Nouveau*



*Imagen 4.81 Paneles Art Nouveau armados*

Panel diseño ART Nouveau: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección alternada, siguiendo una disposición lineal.

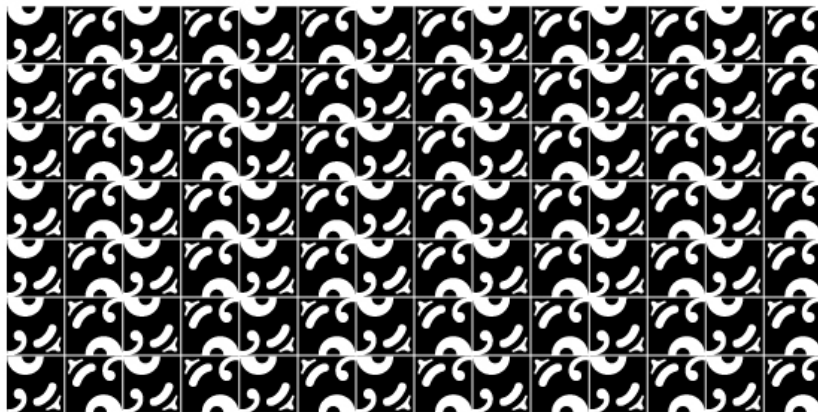
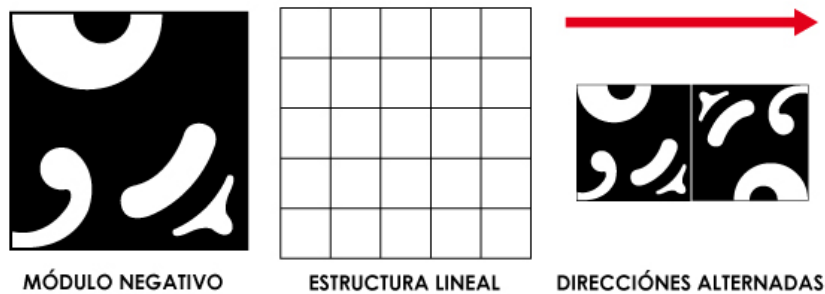


Imagen 4.82 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Art Nouveau: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección alternada, siguiendo una disposición lineal.

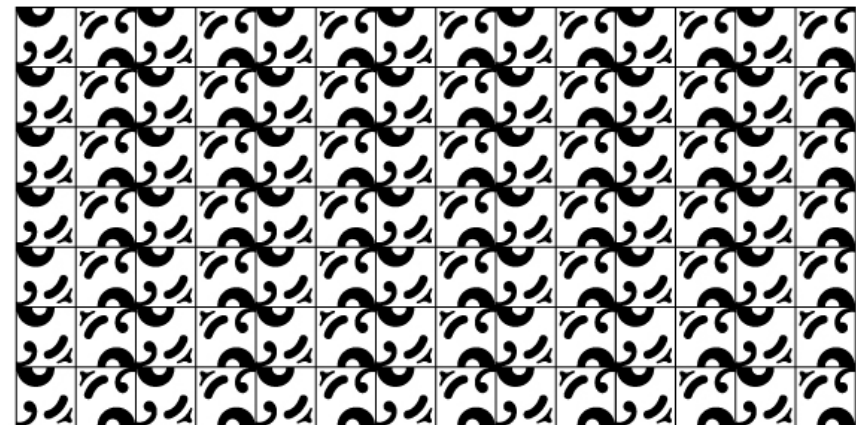
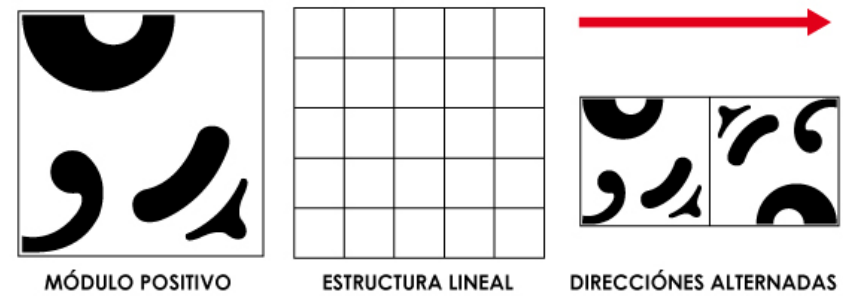


Imagen 4.83 Ejemplo con módulo de forma positiva



Panel diseño Art Nouveau: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

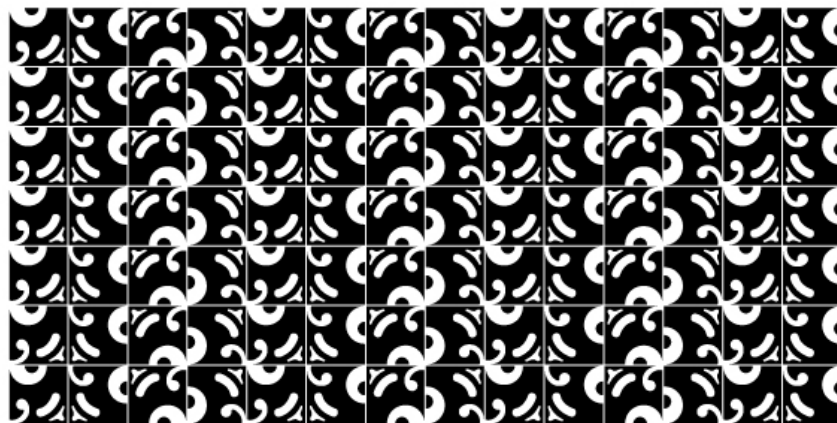
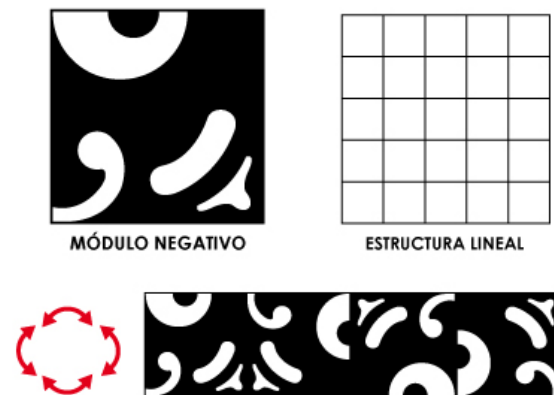


Imagen 4.84 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Art Nouveau: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

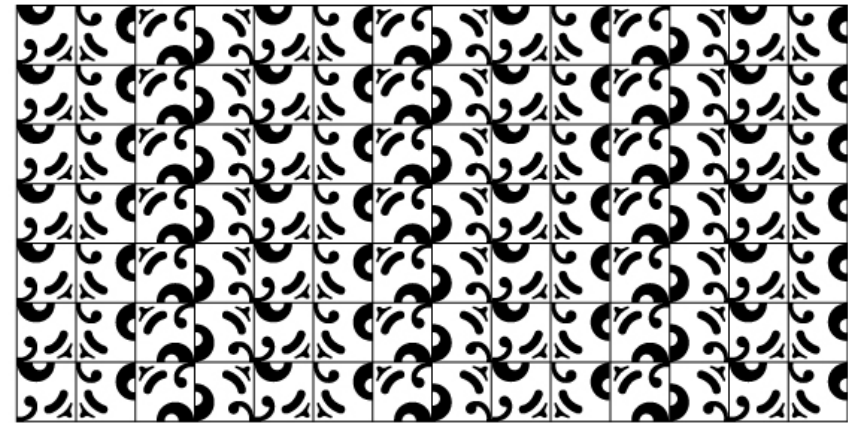
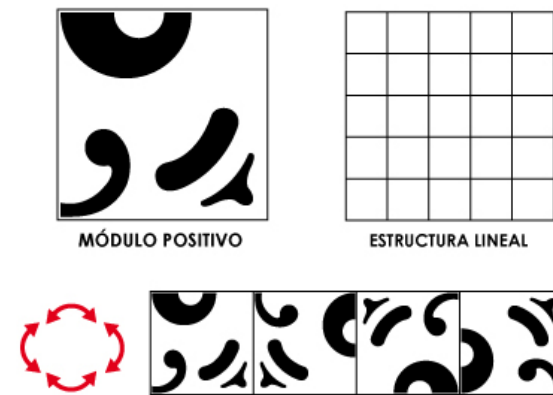


Imagen 4.85 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Art Nouveau: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección similar, siguiendo una disposición lineal.

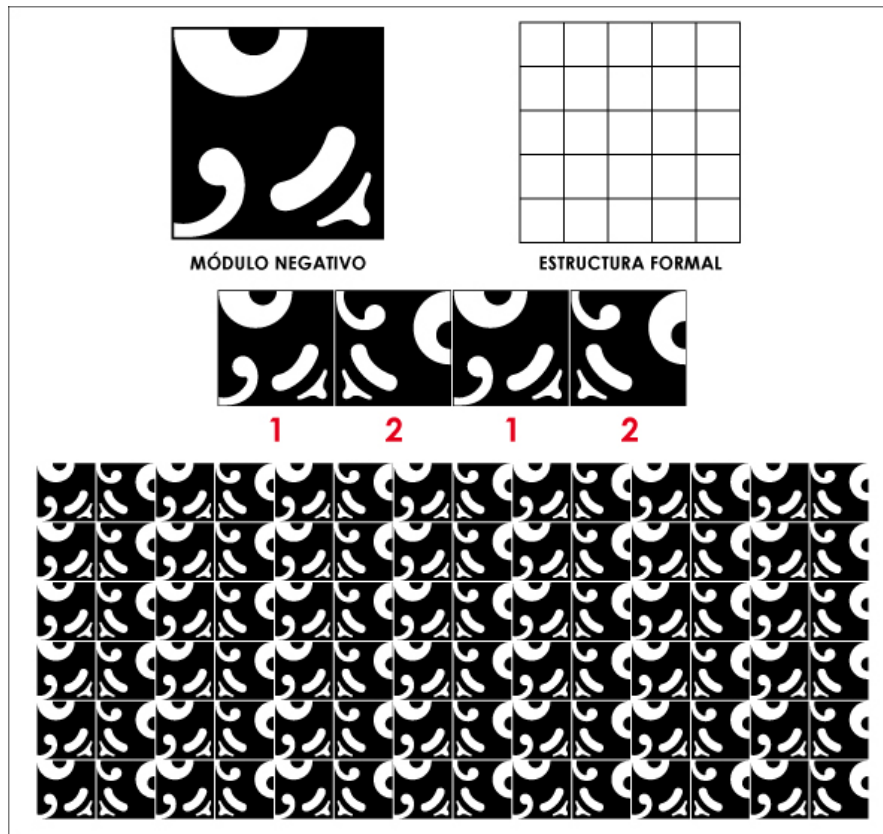


Imagen 4.86 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Art Nouveau: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección similar, siguiendo una disposición lineal.

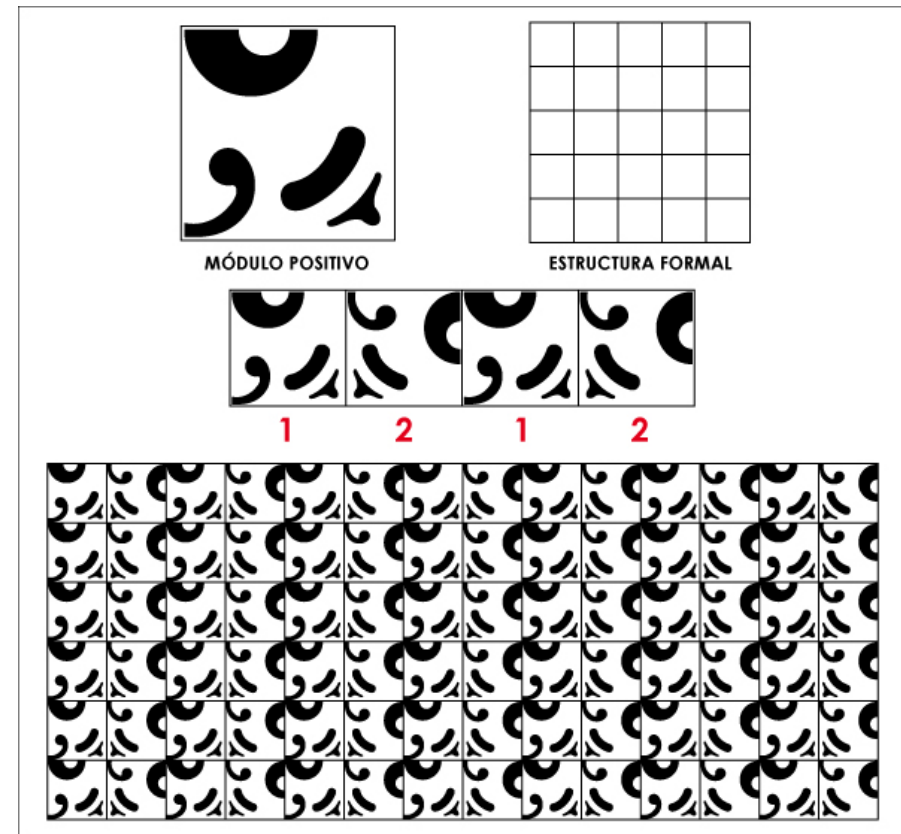


Imagen 4.87 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Art Nouveau: módulo con forma negativa, dentro de una estructura de gradación, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

Panel diseño Art Deco: módulo con forma positiva, dentro de una estructura de gradación, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

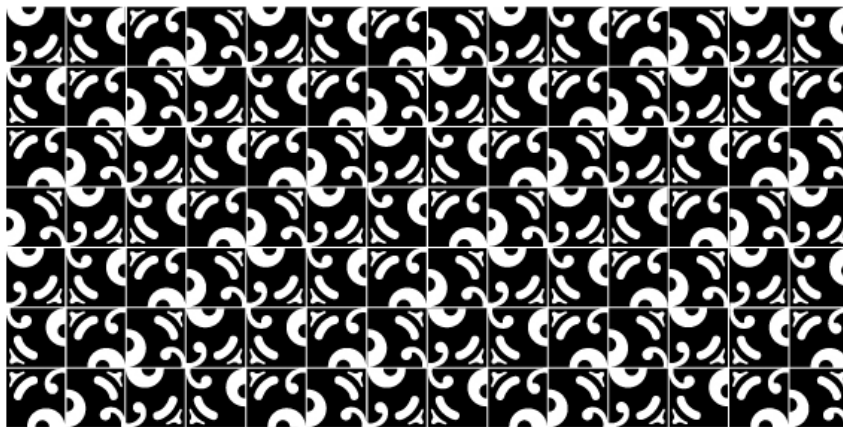


Imagen 4.88 Ejemplo con módulo de forma negativa

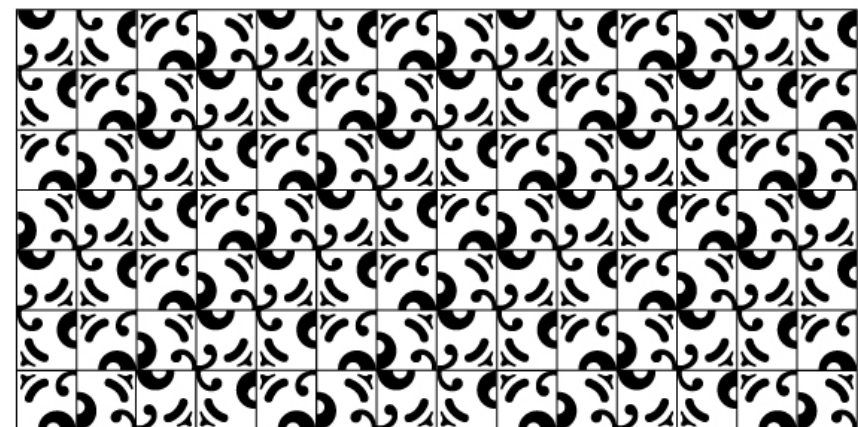
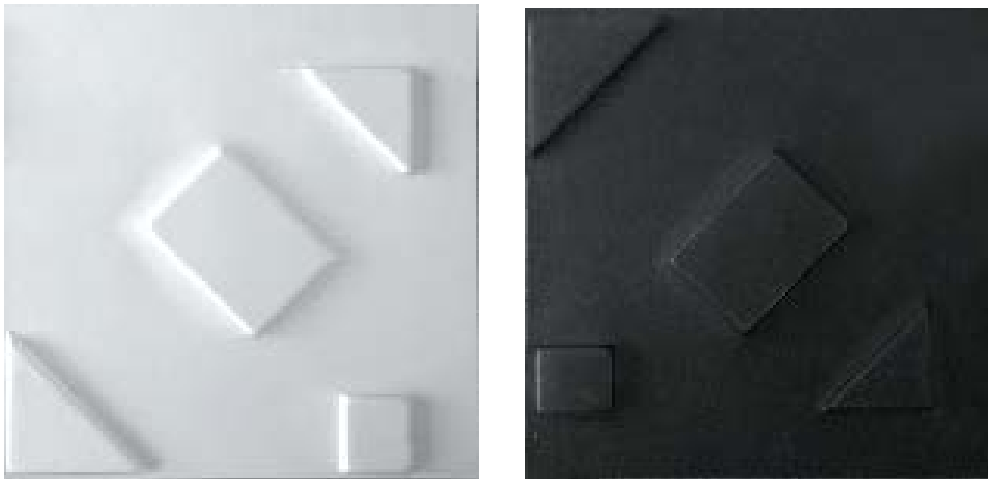


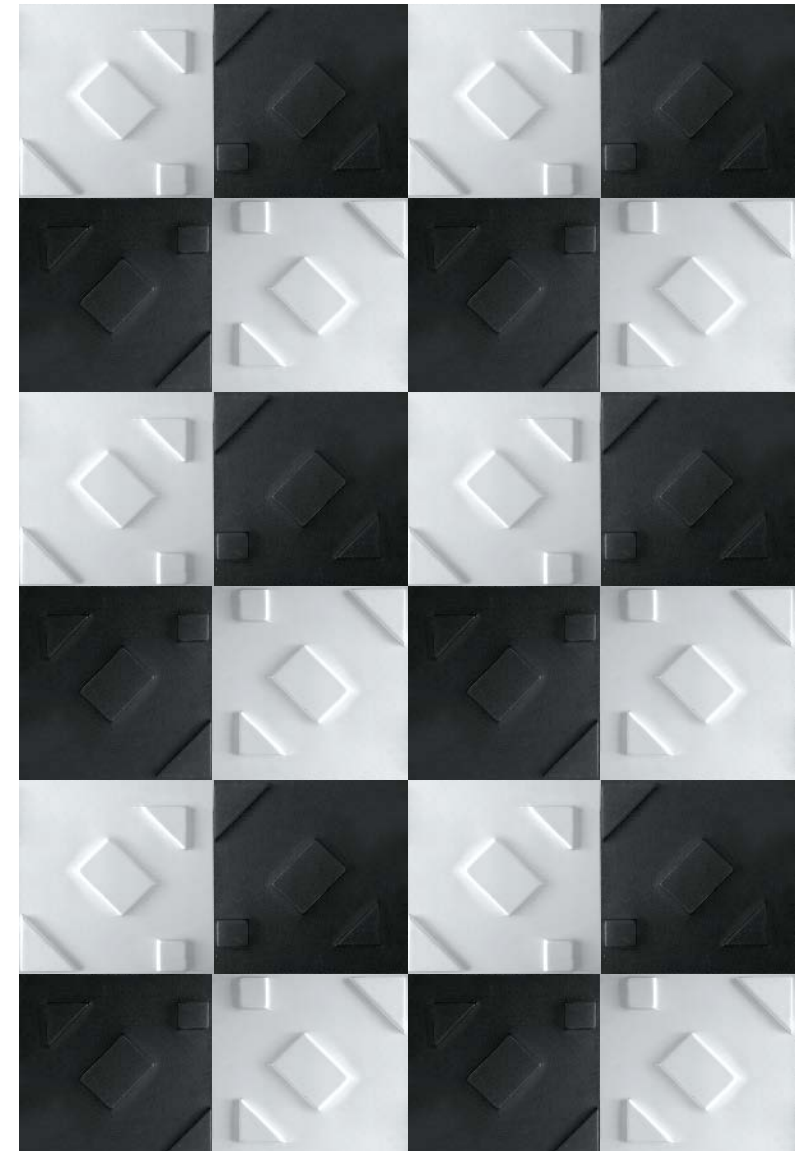
Imagen 4.89 Ejemplo con módulo de forma positiva



### 4.3.5 Panel diseño Minimalista



*Imagen 4.90 Paneles Minimalistas*



*Imagen 4.91 Paneles Minimalistas armados*

Panel diseño Minimalista: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección alternada, siguiendo una disposición lineal.

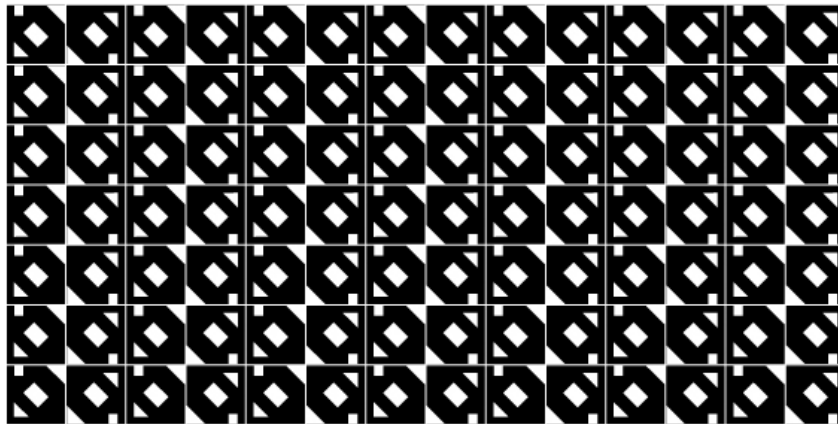
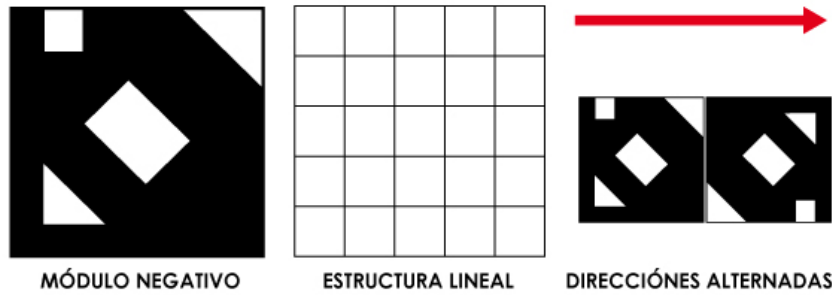


Imagen 4.92 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Minimalista: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección alternada, siguiendo una disposición lineal.

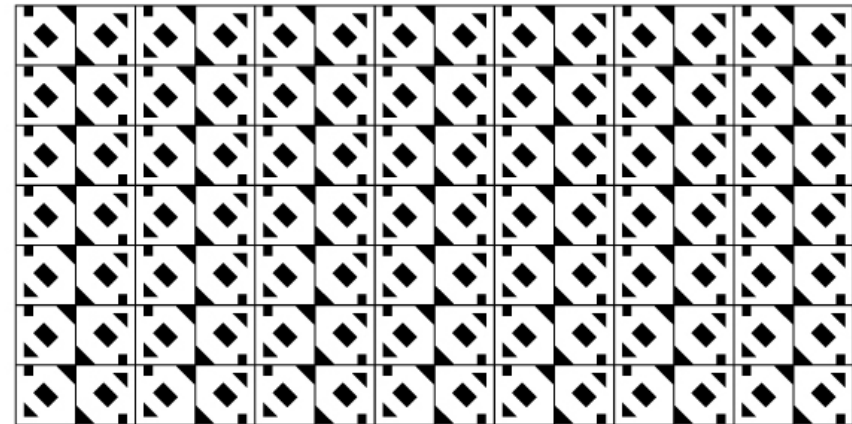
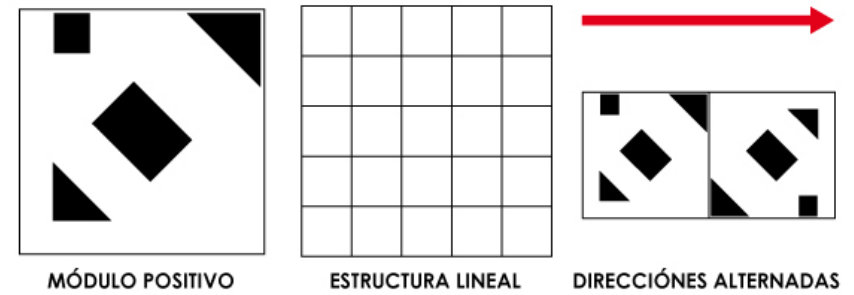


Imagen 4.93 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Minimalista: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

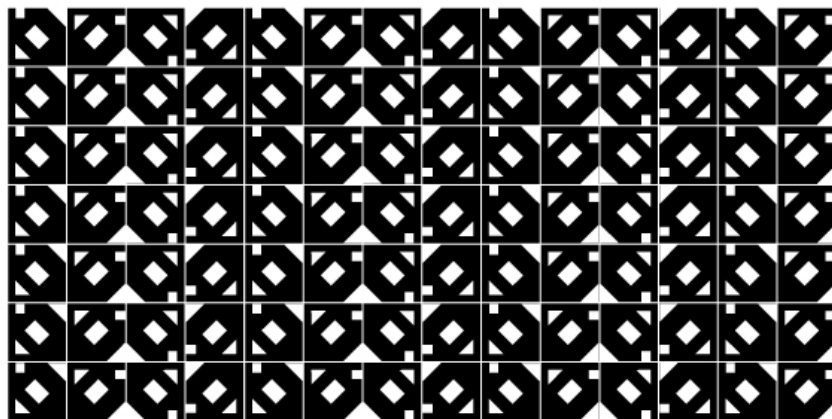
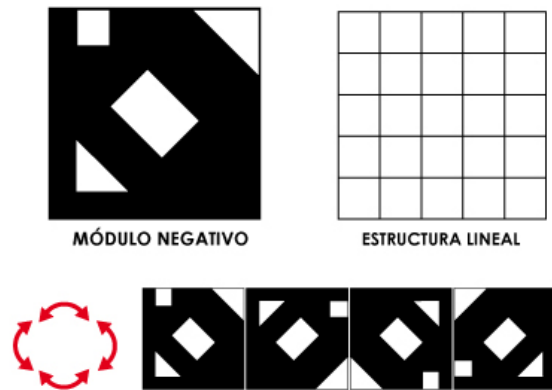


Imagen 4.94 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Minimalista: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

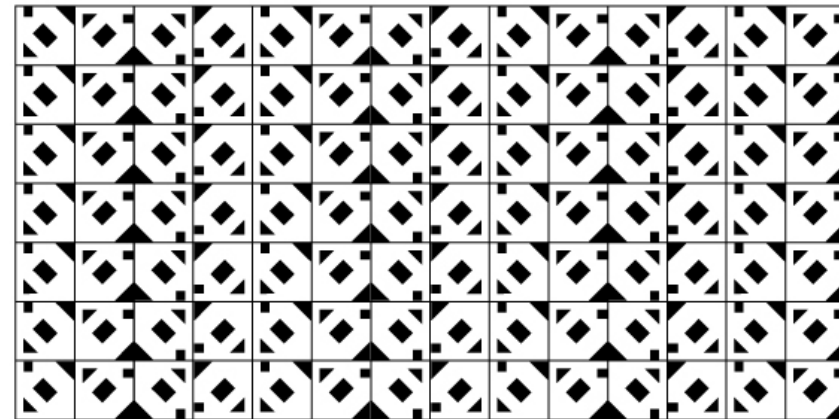
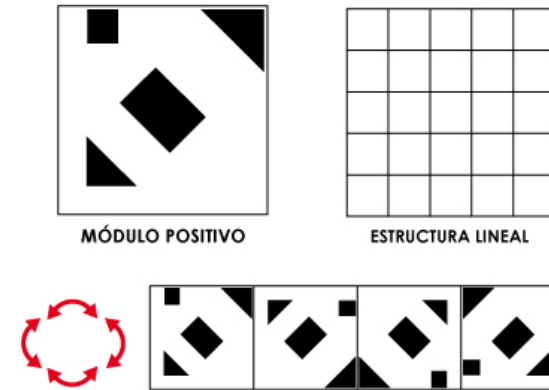


Imagen 4.95 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Minimalista: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección similar, siguiendo una disposición lineal.

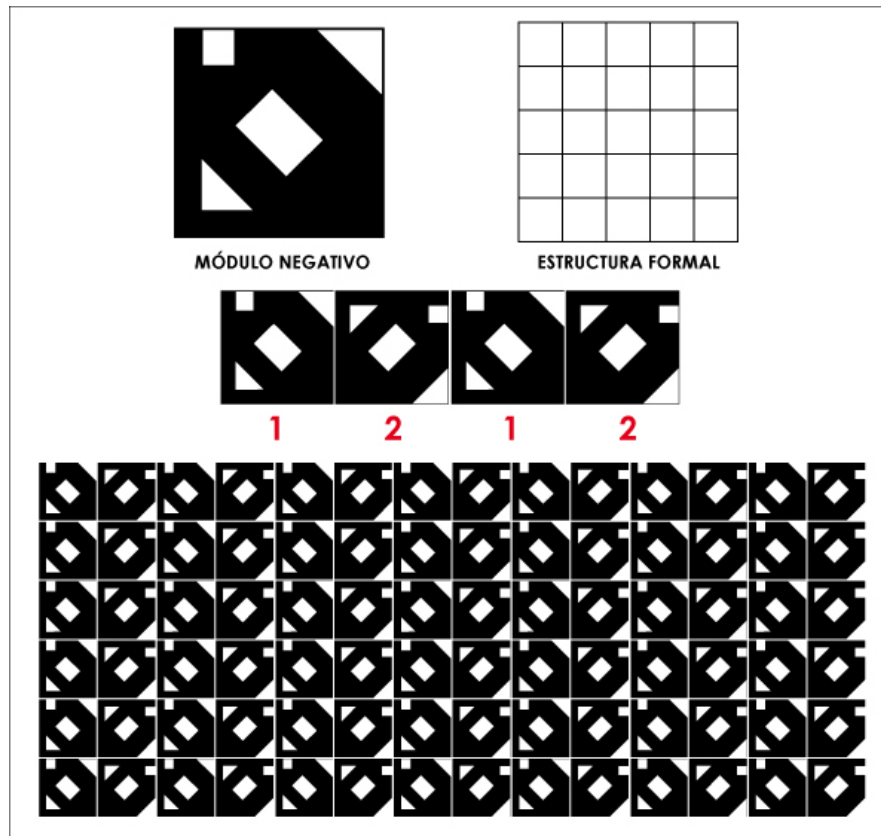


Imagen 4.96 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Minimalista: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección similar, siguiendo una disposición lineal.

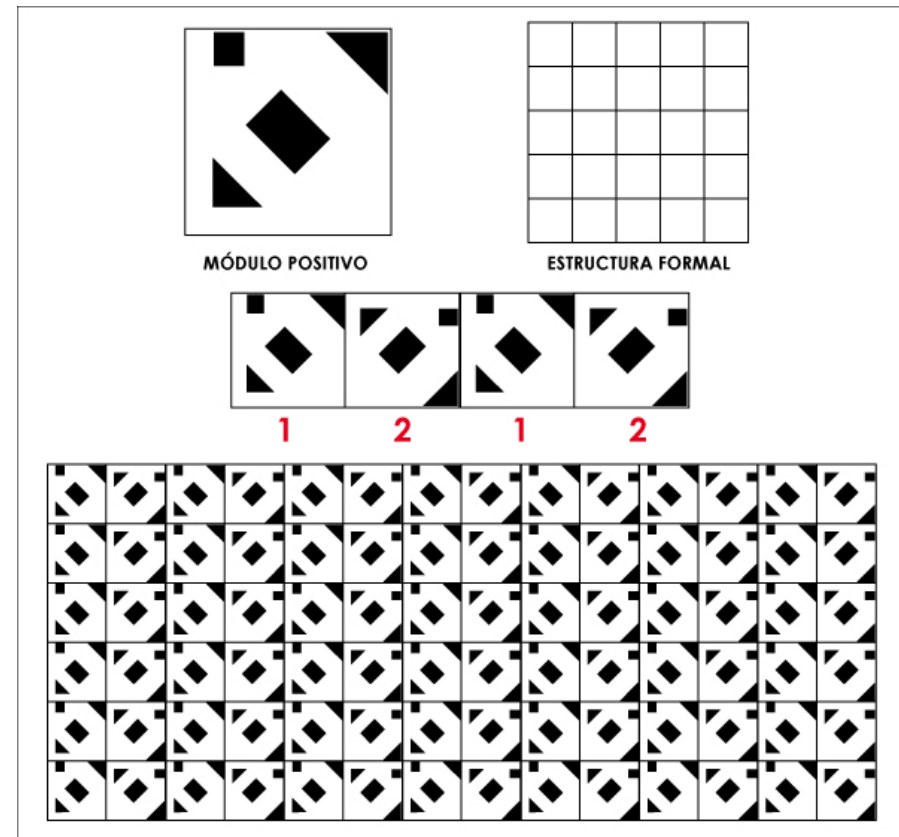


Imagen 4.97 Ejemplo con módulo de forma positiva



Panel diseño Minimalista: módulo con forma negativa, dentro de una estructura de gradación, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

Panel diseño Minimalista: módulo con forma positiva, dentro de una estructura de gradación, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

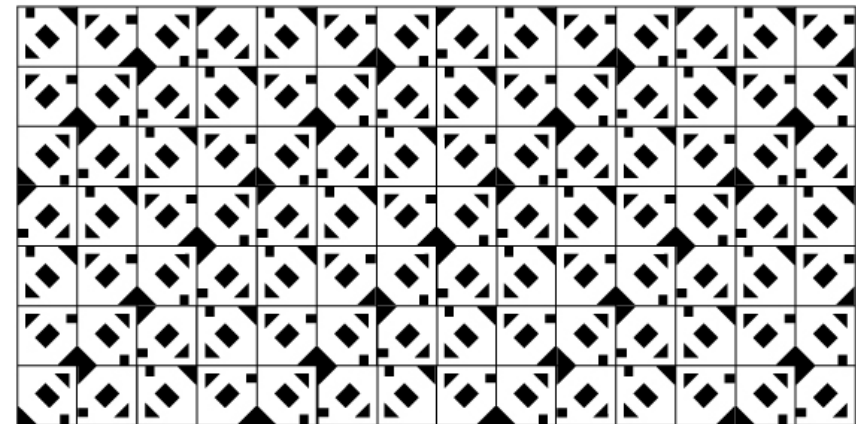
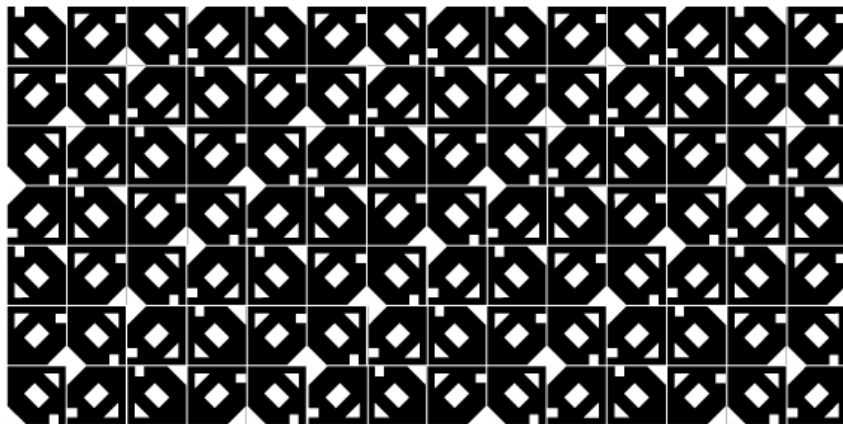


Imagen 4.98 Ejemplo con módulo de forma negativa

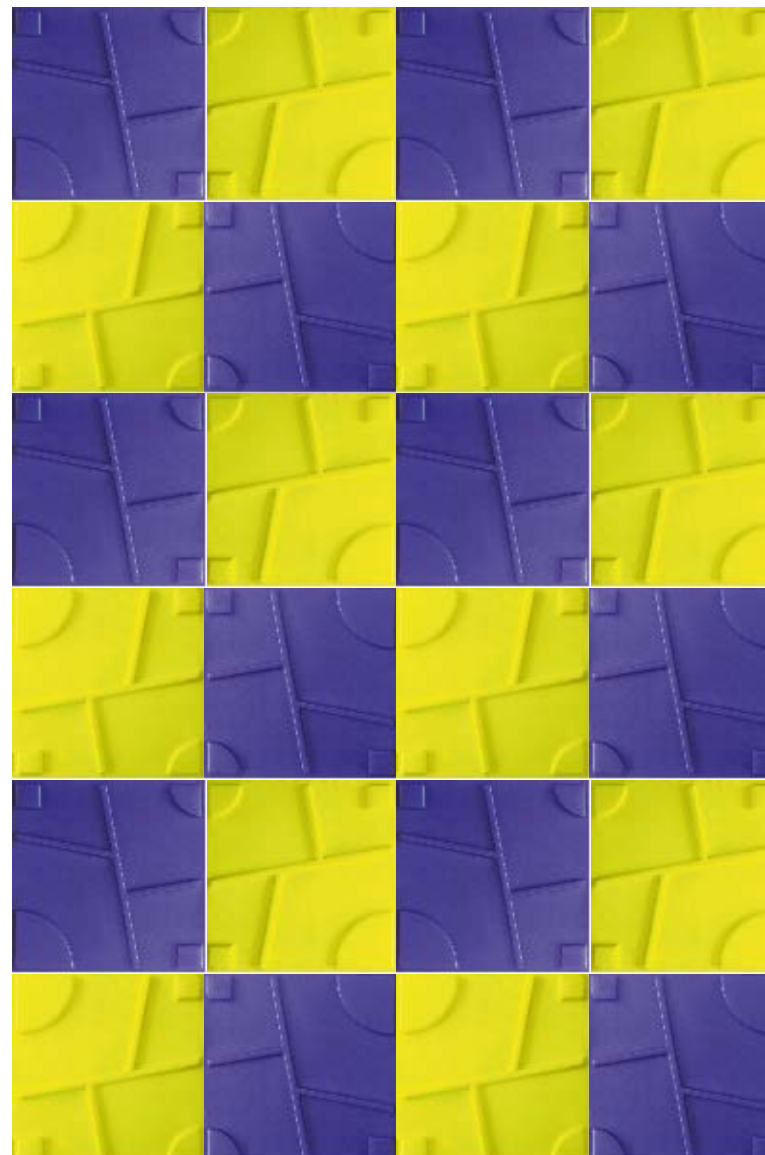
Imagen 4.99 Ejemplo con módulo de forma positiva



### 4.3.6 Panel diseño Pop Art



*Imagen 4.100 Paneles Pop Art*



*Imagen 4.101 Paneles Pop Art armados*

Panel diseño Pop Art: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección alternada, siguiendo una disposición lineal.

Panel diseño Pop Art: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección alternada, siguiendo una disposición lineal.

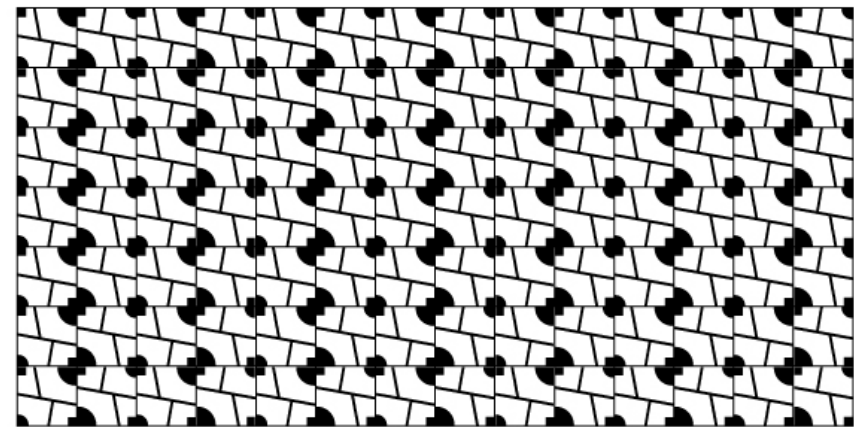
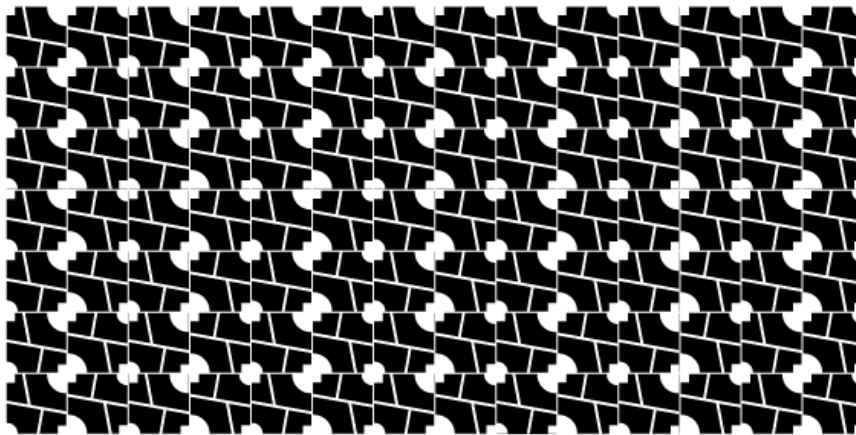
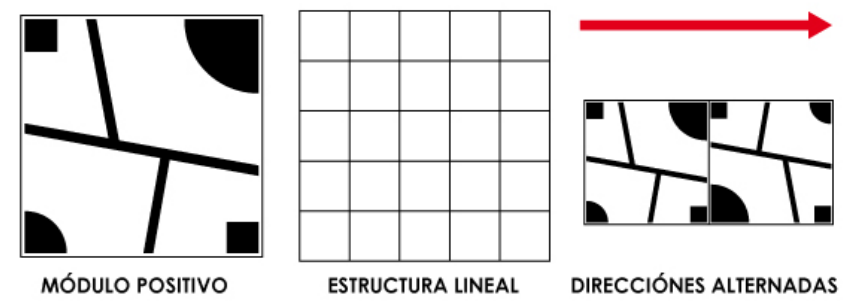
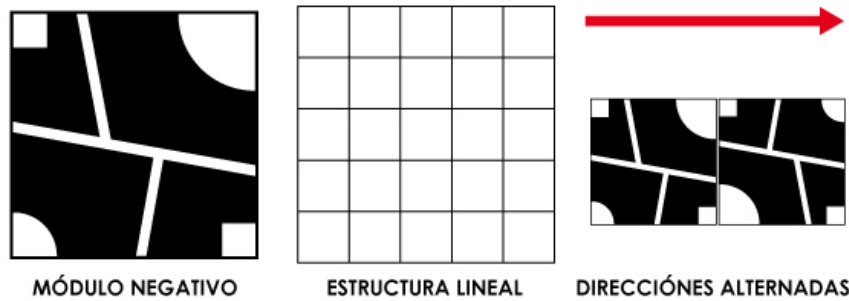


Imagen 4.102 Ejemplo con módulo de forma negativa

Imagen 4.103 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Pop Art: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

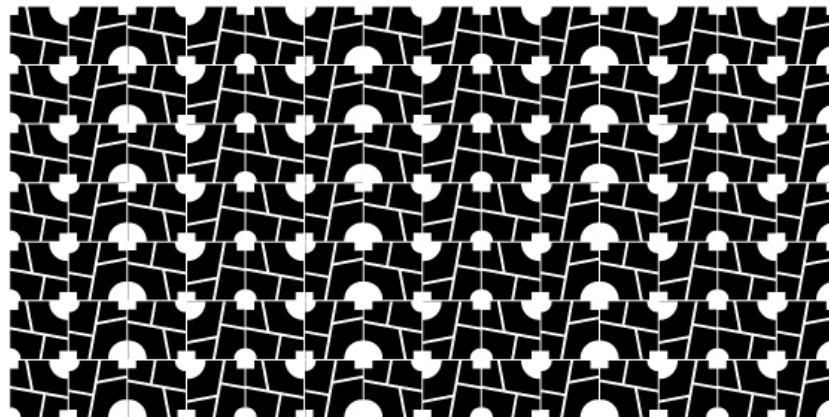
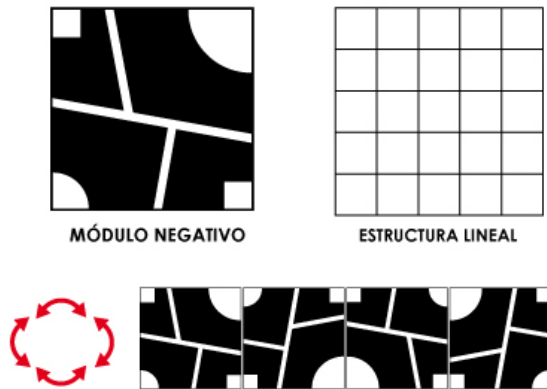


Imagen 4.104 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Pop Art: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

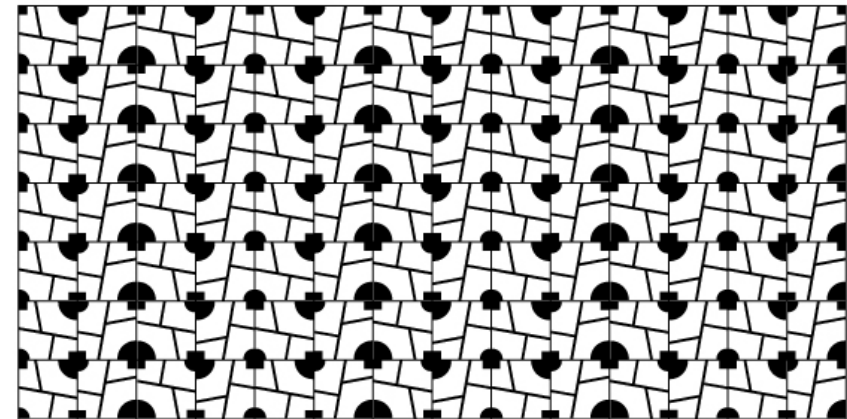
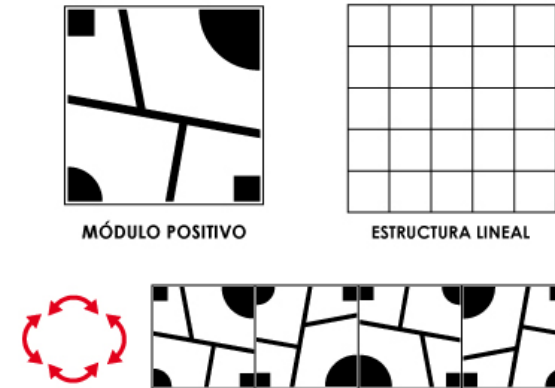


Imagen 4.105 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Pop Art: módulo con forma negativa, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección similar, siguiendo una disposición lineal.

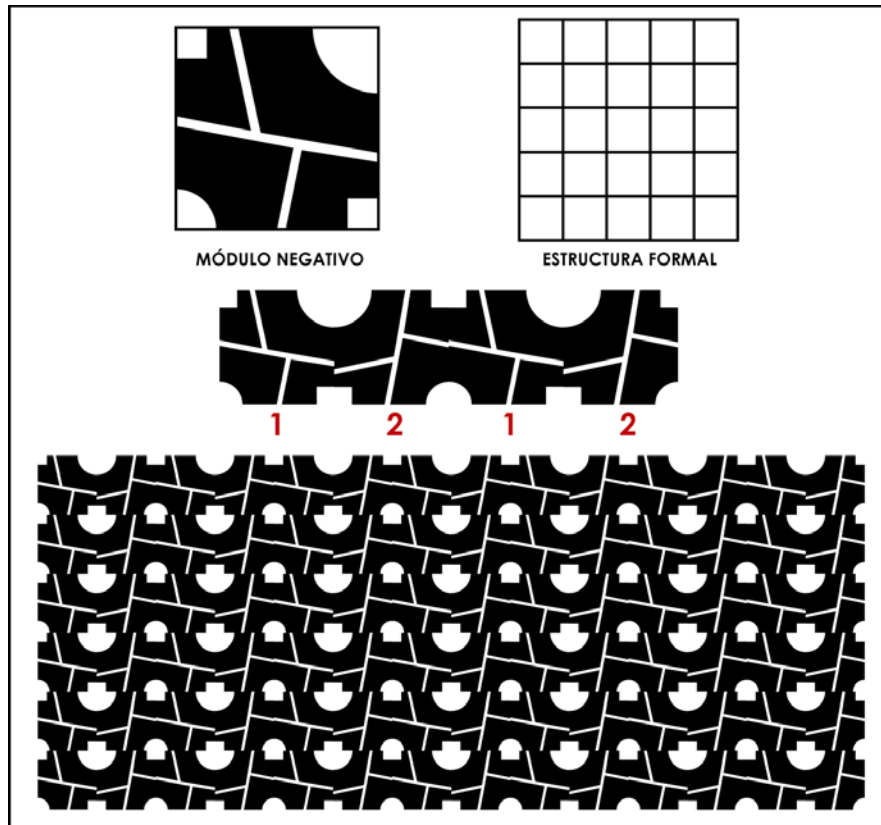


Imagen 4.106 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Pop Art: módulo con forma positiva, dentro de una estructura formal, el módulo se repite en una dirección similar, siguiendo una disposición lineal.

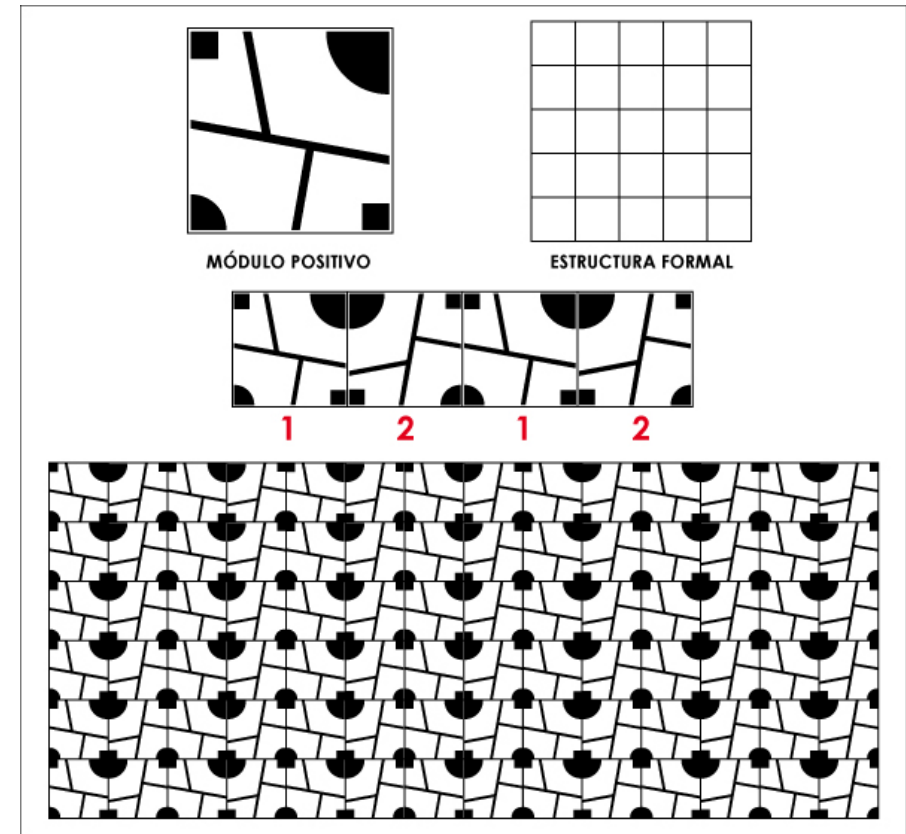


Imagen 4.107 Ejemplo con módulo de forma positiva

Panel diseño Pop Art: módulo con forma negativa, dentro de una estructura de gradación, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

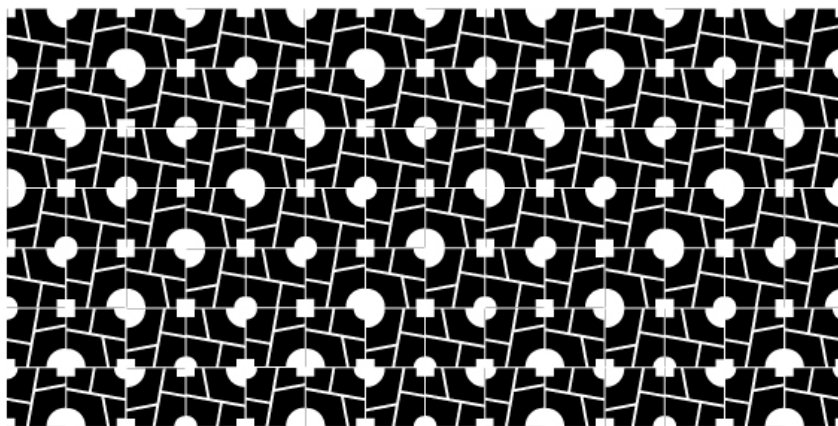


Imagen 4.108 Ejemplo con módulo de forma negativa

Panel diseño Pop Art: módulo con forma positiva, dentro de una estructura de gradación, el módulo se repite en una dirección indefinida, siguiendo una disposición lineal.

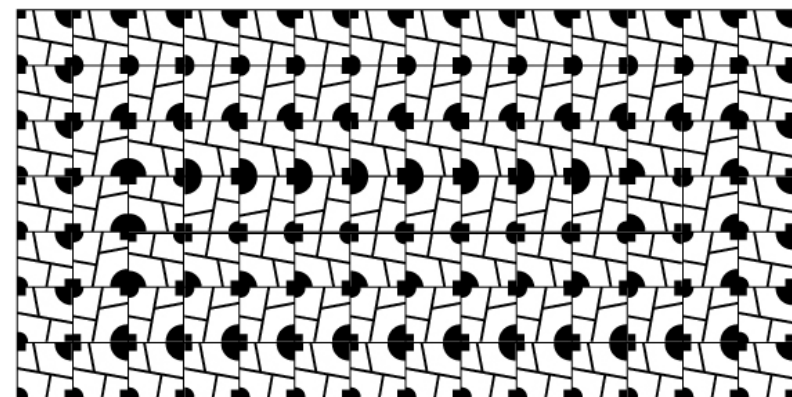


Imagen 4.109 Ejemplo con módulo de forma positiva





## 4.4 APLICACIÓN DE PANELES EN ESPACIOS: CORPORATIVO Y RESIDENCIAL.

### 4.4.1 Aplicación de panel Art Deco

Como se puede apreciar en la fotografía se ha aplicado el diseño de panel Art Deco dentro de un espacio corporativo y residencial.

Los paneles están ubicados en el caunter principal del local comercial y en el residencial se encuentran ubicados en un área social como se muestra a continuación.

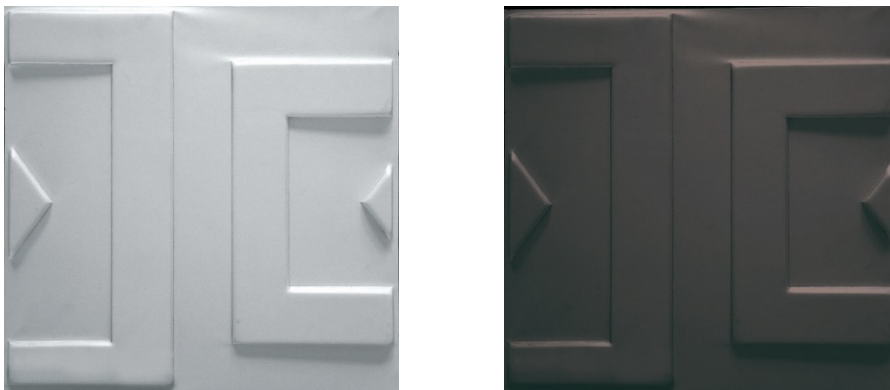


Imagen 4.110 Paneles Art Deco



4.111 Local Comercial Zamodi previo a la propuesta de diseño con paneles.



Imagen 4.112 Espacio residencial previo a la propuesta de diseño con paneles

- Aplicación del diseño de panel Art Deco en un espacio corporativo.



*Imagen 4.113 Propuesta de diseño con paneles Art Deco en espacio comercial.*

- **Aplicación del diseño de panel Art Deco en un espacio residencial.**



*Imagen 4.114 Propuesta de diseño con paneles Art Deco en espacio residencial.*

#### 4.4.2 Aplicación de panel Art Nouveau.

En esta imagen se ha aplicado el diseño de panel Art Nouveau dentro de un espacio corporativo y residencial.

Los paneles están ubicados en el caunter principal del local comercial y en el residencial se encuentran ubicados en un área privada como se muestra a continuación.

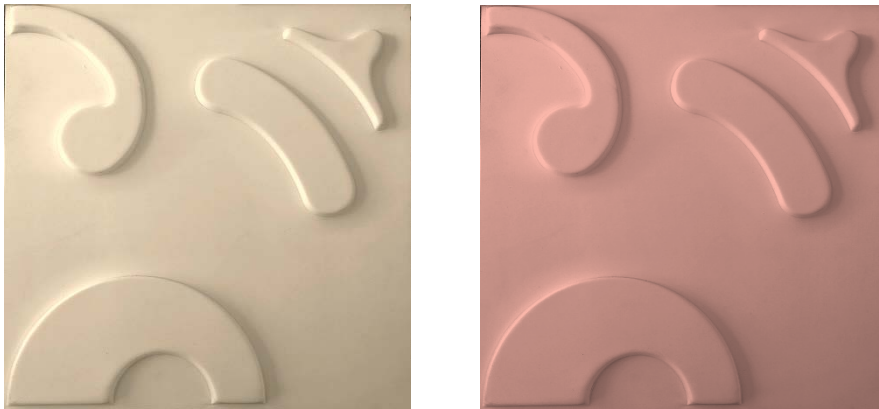


Imagen 4.115 Paneles Art Deco



Imagen 4.116 Local Comercial previo a la propuesta de diseño con paneles.

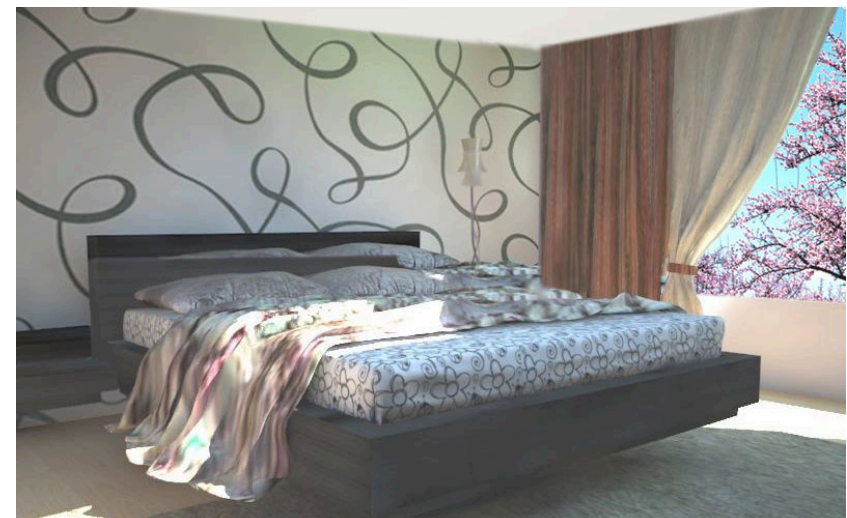


Imagen 4.117 Espacio residencial previo a la propuesta de diseño con paneles.

- **Aplicación del diseño de panel  
Art Nouveau en un espacio corporativo.**



*Imagen 4.118 Propuesta de diseño con paneles Art Nouveau en espacio comercial.*

- **Aplicación del diseño de panel Art Nouveau en un espacio residencial.**



*Imagen 4.119 Propuesta de diseño con paneles Art Nouveau en espacio residencial.*

### 4.4.3 Aplicación del diseño de panel Minimalista.

En esta imagen se ha aplicado el diseño de panel Minimalista dentro de un espacio corporativo y residencial.

Los paneles están ubicados en el caunter principal del local comercial y en el residencial se encuentran ubicados en un área privada como se muestra a continuación.



Imagen 4.121 Local Comercial previo a la propuesta de diseño con paneles.

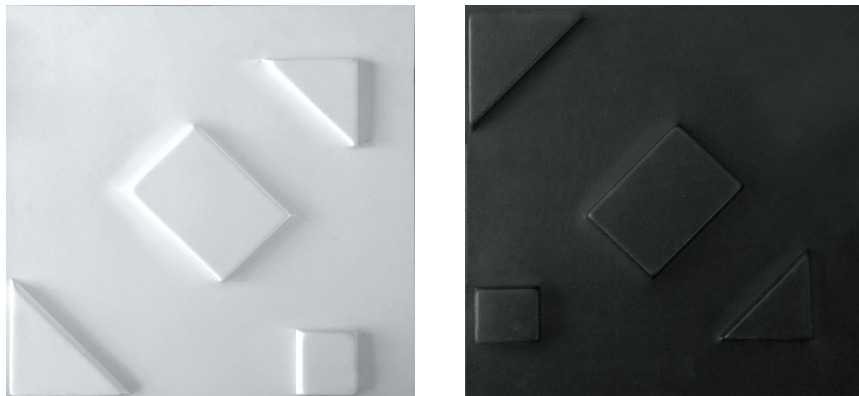


Imagen 4.120 Paneles Minimalistas



Imagen 4.122 Espacio residencial previo a la propuesta de diseño con paneles.

- **Aplicación del diseño de panel Minimalista en un espacio corporativo.**



*Imagen 4.123 Propuesta de diseño con paneles Minimalistas en espacio comercial.*



- **Aplicación del diseño de panel Minimalista en un espacio residencial.**



*Imagen 4.124 Propuesta de diseño con paneles Minimalistas en espacio comercial.*

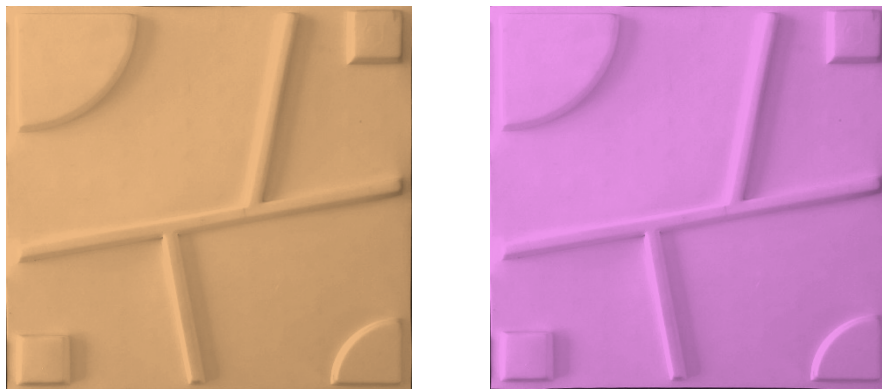
#### 4.4.4 Aplicación de panel Pop Art.

En esta imagen se ha aplicado el diseño de panel Pop Art dentro de un espacio corporativo y residencial.

Los paneles están ubicados en el caunter principal del local comercial y en el residencial se encuentran ubicados en un área privada como se muestra a continuación.



*Imagen 4.126 Local Comercial previo a la propuesta de diseño con paneles.*



*Imagen 4.125 Paneles Pop Art*



*Imagen 4.127 Espacio residencial previo a la propuesta de diseño con paneles.*

- **Aplicación del diseño de panel Pop Art en un espacio corporativo.**



*Imagen 4.128 Propuesta de diseño con paneles Pop Art en espacio comercial.*

- **Aplicación del diseño de panel Pop Art en un espacio residencial.**



*Imagen 4.129 Propuesta de diseño con paneles Pop Art en espacio residencial.*

## 4.5 CUADRO DE COSTOS.

<b>CUADRO DE COSTOS POR PANEL</b>					
<b>MATERIA PRIMA</b>					
Distribuidora IMEVI Importadora de medios visuales	Polímero: Sintra / 1mm	Tamaño Plancha 1,22cm * 2,44cm	N° Unidades 10 c/plancha 42cm x 42cm	Valor Plancha: \$ 12 usd	Valor por Unidad \$ 1,20 usd
<b>MANO DE OBRA</b>					
Valor mensual Obrero de Equipo \$366usd segun ministerio de trabajo SUELDO BÁSICO	La Termoformadora requiere al menos dos obreros Total Salario: \$732	<b>Manufactura</b> Cantidad de Paneles 4 unidades x hora	<b>Valor diario a pagar</b> \$18,30 c/obrero <b>Total Mano de Obra:</b> (\$18,30 x 2):\$36,60 diarios	\$2,29 usd valor/hora (\$2,21 x 2obreros): \$ 4,42 valor operarios de cada panel	\$4,58 / 4 unidades valor cada panel: \$1,15 usd
<b>CIF: Costo Indirecto de Fabricación</b>					
Consumo Energía Eléctrica / hora	Niquelinas 220 v	Valor Consumo Watt / mensual \$ 65 usd	Unidades al Mes 160h.mensual x 4 paneles c/h 640 paneles	Valor Consumo Watt / por unidad \$ 65 usd / 640 paneles \$ 0,10 ctvs	Valor por Unidad \$ 0,10 c/p
Valor Maquinaria ( Ensamblaje )	Valor \$ 1500	Depreciación Maquinaria 10 años	(\$150 /10 años) \$150 Anual	(\$150 /12 meses) :\$12,5 (\$12,5 /640 paneles) :\$0,02	Valor por Unidad \$ 0,02 c/p
Recubrimiento: Pintura - Caucho EVA	① Pintura Latex \$ 17 c/galón \$ 17 / 100 paneles \$ 0,17 ctvs. c/p	② Pintura Esmalte \$ 25 c/galón \$ 25 / 100 paneles \$ 0,25 ctvs. c/p	③ Caucho Eva (Fomix liso) \$ 1,5 c / plancha \$ 1,5 / 4 paneles \$ 0,38 ctvs. c/p	④ Caucho Eva (Fomix texturado) \$ 3,5 c / plancha \$ 3,5 / 4 paneles \$ 0,89 ctvs. c/p	Valor por Unidad ① \$ 0,17 ctvs. c/p ② \$ 0,25 ctvs. c/p ③ \$ 0,38 ctvs. c/p ④ \$ 0,89 ctvs. c/p
Empaque Embalaje	Tiraje minimo de producción: 1000 cajas	Tamaño: 31cm x 31cm x 10cm	① Impresión: Monocromática \$0,45 c/caja	② Impresión: Fullcolor \$0,75c/caja	Valor por Unidad ① \$ 0,45 ctvs. c/p ② \$ 0,75 ctvs. c/p
<b>Costo Total</b> (Ocupando costos superiores)					<b>\$4,11</b>





# CONCLUSIÓN

El termoformado también conocido con los nombres de formado al vacío o termoconformado, como se pudo constatar en el desarrollo de tesis, se refiere al proceso en el que una lámina de cualquier polímero termoplástico es calentada hasta llegar a un estado de pandeamiento, quedando apta para su deformación utilizando un molde o matriz.

Durante este proceso considero que es una técnica apropiada para la realización de los paneles 3D que sirven de recubrimiento en superficies de paredes interiores, debido a su alto auge de utilización, que hoy en día los productos plásticos han alcanzado en los sectores de la industria en general.

Sacando conclusiones del proceso de experimentación mencionaré algunos aspectos de suma importancia durante el desarrollo de los paneles termoformados.

Al armar la caja al vacío, la aspiración funciona simplemente cuando el orificio de entrada de aire a la caja está ubicado en una de las caras laterales de la caja mencionada, ya que si se encuentra ubicado el orificio en la parte inferior la succión se produce únicamente de manera focal.

Otro aspecto primordial es que dependiendo del material a termoformar, las niquelinas se deben conectar a 110 V para polímeros de consistencia blanda como por ejemplo (caucho EVA) y para polímeros de consistencia rígida (PVC expanded) las niquelinas termoformarán el material estando conectadas a 220V.

Progresivamente constaté que cuando se termoforman polímeros utilizando un módulo simple, basta con la utilización de la succión para conseguir la forma requerida; mientras que para termoformar polímeros en un módulo diseñado con submódulos no basta simplemente la succión, sino que se implementa un proceso más, el de la utilización de su respectivo molde hembra para obtener las formas del panel bien definidas.

También se debe tomar en consideración que cuando se va a termoformar polímeros blandos, que en mi caso, experimenté con caucho EVA (fómix) el tiempo de calentamiento de la lámina para llegar a su punto exacto de deformación es de 10 segundos; mientras que para termoformar polímeros más rígidos, en este caso el PVC expanded (sintra), requiere de un



mayor tiempo de calentamiento que el mencionado anteriormente, es decir de 50 segundos para poder termoformar.

Por regla general se puede decir que el diseño de los moldes o módulos que se vayan a utilizar para este proceso, deben carecer de puntas extremadamente pronunciadas debido a que durante el proceso puede llegar a fisurar el material, lo cual impediría la debida succión del polímero por los escapes de aire que se generarían.

Los paneles de PVC expanded (sintra) termoformados que he realizado se les puede dar un acabado con pintura de agua, pintura esmalte o recubriéndoles con otro polímero termoformado como el caucho EVA (fómix) para generar una sensación visual diferente y agradable.

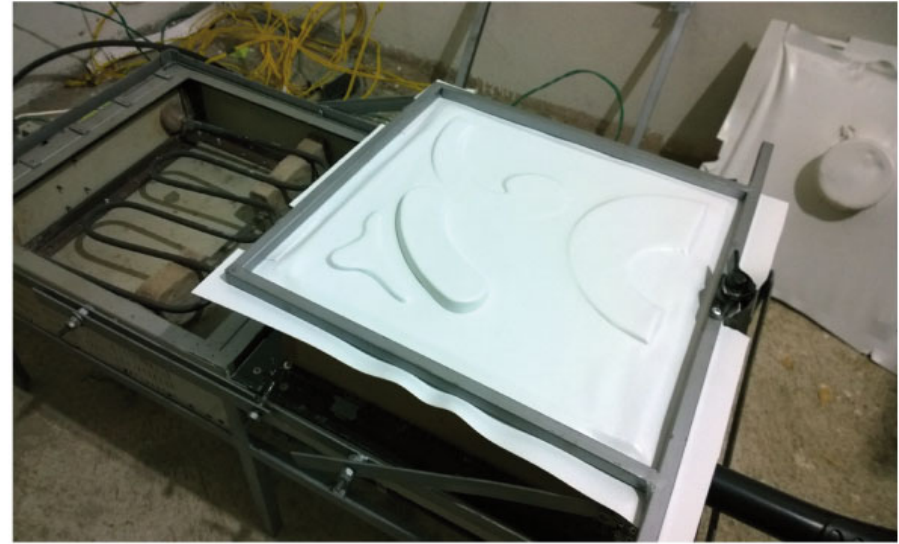
Finalmente daré a conocer las bondades de éste producto comenzando con la fácil aplicación de éstos paneles sobre una superficie, la cual se asemeja a la instalación de un papel tapiz, es decir, utilizando un pegante, que en mi caso fue cemento de contacto de alto desempeño y como una alternativa para cubrir las juntas, si se desea, entre panel y panel se puede colocar perfiles de aluminio para un mejor

acabado. Otra bondad es el corto tiempo de instalación, ya que se necesita aproximadamente 10 minutos para colocar 1 m<sup>2</sup> y su rendimiento es de 11 paneles por m<sup>2</sup>. Además por las cualidades del material utilizado estos paneles sirven como aislantes tanto térmicos como acústicos. Para su mantenimiento se recomienda limpiar con frecuencia los depósitos de polvo con la ayuda de una franela o aspiradora. En definitiva los paneles termoformados han llegado a ser útiles para ambientar espacios habitables sean de vivienda o comercio, debido a que la innovación en nuevos productos va cada día en aumento, presentándose como una buena alternativa de inversión por ser uno de los procesos más sencillos y económicos de todos al poseer grandes ventajas como la utilización de pocas herramientas, costo de ingeniería baja y menos tiempo, siendo ideal para el desarrollo de prototipos y un bajo volumen de producción, pues dentro del diseño, las formas se pueden producir espontáneamente cuando experimentamos.



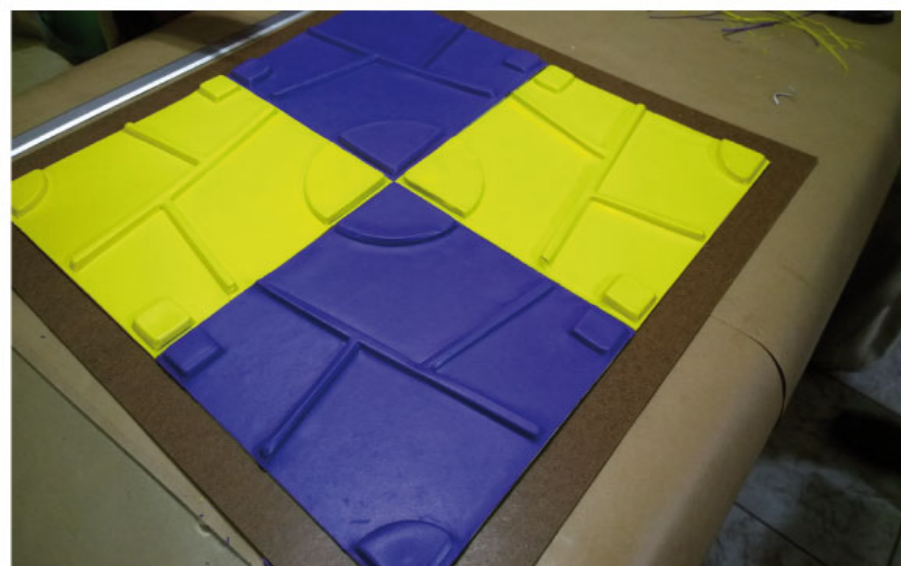
















## Referencias Bibliográficas.

Arte y Decoración. (29 de Octubre de 2012). *Arte y Decoración*. Obtenido de <http://arteydecoracion.net>

Capella, F. (1 de enero de 1996). *Termoformado: Procedimiento, maquinaria y materiales*. Obtenido de Interempresas.net: <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3765-Termoformado-Procedimiento-maquinaria-y-materiales.html>

catálogo diseño. (22 de Junio de 2013). *catálogo diseño*. Obtenido de <http://www.catalogodiseno.com>

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (Febrero de 2007). *Plásticos Protocolo*. Colombia.

Garavito, J. (2007). *Plásticos Protocolo*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Gómez, G. (2013). La revista del plástico con visión global. *Ambiente Plástico*, 20.

Interempresas. (01 de Enero de 1996). *Interempresas.net*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3765-Termoformado-Procedimiento-maquinaria-y-materiales.html>

Label, B. (17 de Noviembre de 2011). *Domo King*. Obtenido de <http://www.domoking.com>

Plastiglas. (s.f). *Plastiglas.com*. Obtenido de [http://www.plastiglas.com.mx/images/content/PLASTIGLAS\\_INST/uploads/1167953021504Termoformado.pdf](http://www.plastiglas.com.mx/images/content/PLASTIGLAS_INST/uploads/1167953021504Termoformado.pdf)

Plastiglas. (s.f). *www.plastiglas.com*. Obtenido de [www.plastiglas.com](http://www.plastiglas.com): [http://www.plastiglas.com.mx/images/content/PLASTIGLAS\\_INST/uploads/1167953021504Termoformado.pdf](http://www.plastiglas.com.mx/images/content/PLASTIGLAS_INST/uploads/1167953021504Termoformado.pdf)

RESINEX Group, Spain. (2015). *Resinex*. Obtenido de <http://www.resinex.es>

Urbina Polo, I. (16 de Junio de 2012). *di-conexiones*. Obtenido de <http://www.di-conexiones.com/?s=sleepbox>