



Especificaciones

Dimafix® es un adhesivo “inteligente” ya que varía sus propiedades de adherencia con el rango de temperaturas habitualmente usado para impresión 3D. En la Figura 1 se presenta el incremento de la adherencia al aumentar la temperatura de la base de impresión.

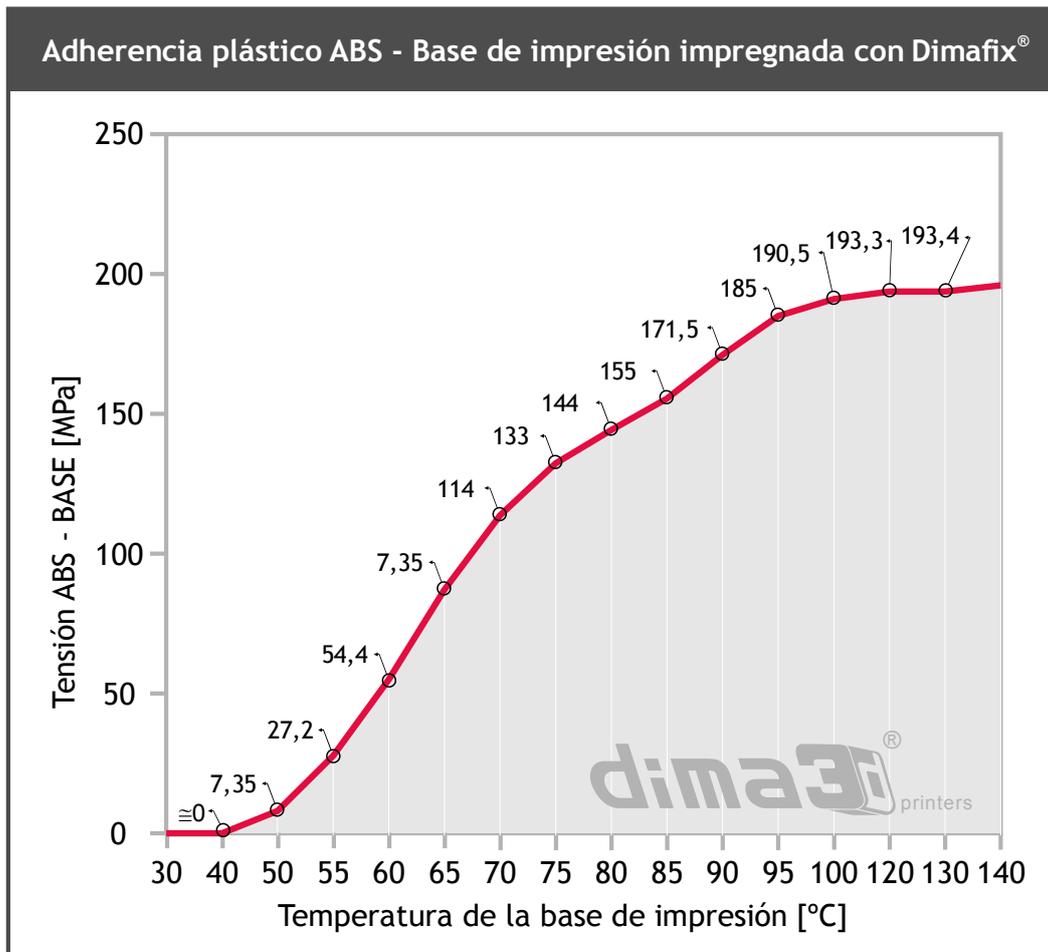


Figura 1: Curva de Tensión de la interfase base-ABS según la temperatura de la base

Dimafix® ofrece máxima adherencia de la pieza a la superficie de impresión entre el ABS y el cristal convencional de impresoras 3D del mercado, así como en cristales tratados térmicamente y boro-silicatos. Para cada impresión y tipo de piezas hay una temperatura óptima en la cual Dimafix® evita el “warping” completamente como presentamos a continuación en la Figura 2.



Modo de funcionamiento con ABS

Dimafix® permite que la adherencia entre la pieza en impresión y la superficie cambie con la temperatura de la base. Esta característica especial permite diferenciar cuatro zonas de trabajo o rangos de temperatura (Figura 2) en las cuales podremos configurar nuestra impresora para imprimir ABS de forma satisfactoria.

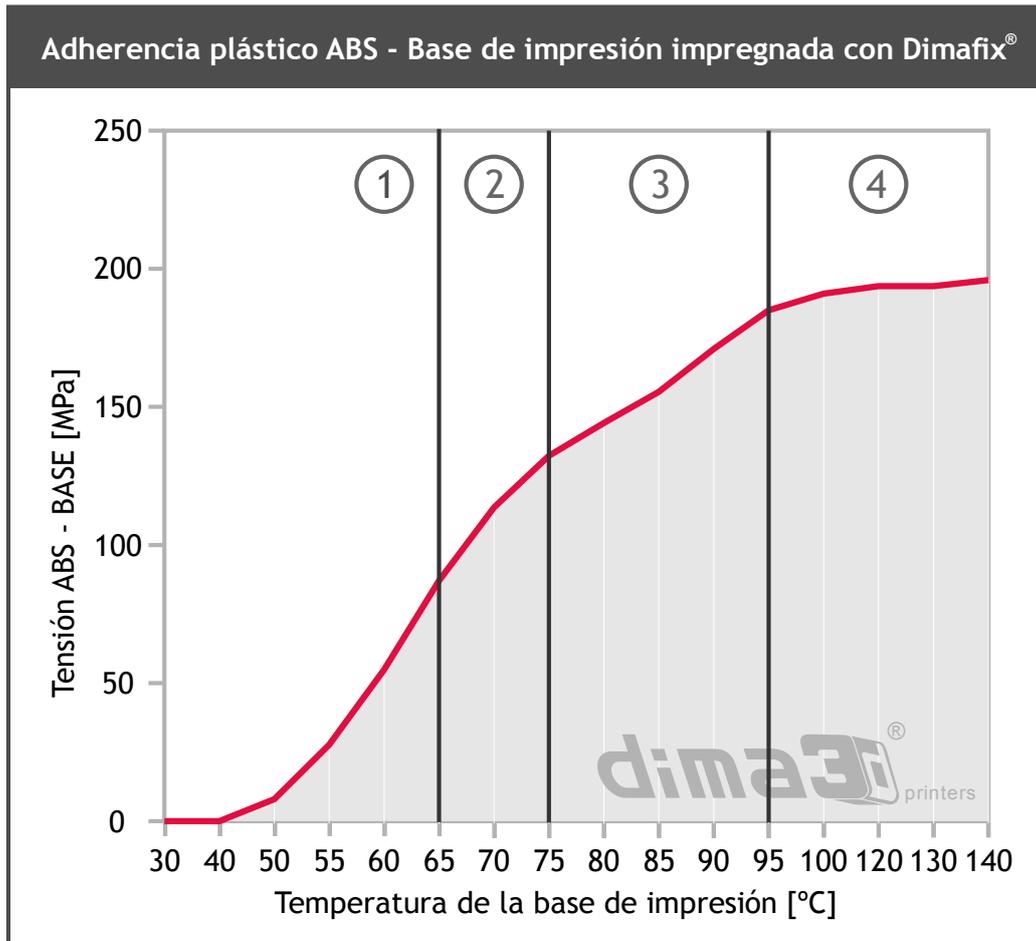


Figura 2: Discriminación de zonas de uso del DimaFix®

Los rangos de temperaturas de la base de impresión condicionan el poder de adherencia de Dimafix®, y por tanto se pueden realizar algunas recomendaciones según el tipo de pieza a imprimir (el resumen se presenta en la Figura 3):

- **Zona 4:** Temperatura entre 95°C y 120°C. Zona de máxima adherencia, se puede imprimir cualquier tipo de geometría y dimensiones. La tensión de adherencia base-pieza es máxima, soportando cualquier factor de concentración de tensiones. Óptimo para asegurar calidad en aristas vivas y vértices, lugares especialmente propensos a concentración de tensiones internas derivadas de la distribución tensional por la temperatura. Recomendable para impresiones complejas especialmente duraderas con piezas especialmente voluminosas (Máximo área de impresión probado: 480 x 240 mm y más de 48 horas de impresión continuada).



• **Zona 3:** Temperatura de la base entre **75°C y 95°C**. Zona de adherencia alta, pudiendo imprimir cualquier tipo de geometría, especialmente aquellas que su base no supere 200x200mm (base de impresión estándar de impresoras de escritorio). Recomendable para asegurar calidad en aristas vivas y vértices. Son estos los lugares más propensos a la concentración de tensiones internas en piezas que no superen grandes dimensiones y/o volúmenes de enfriamiento (derivadas de la distribución tensional por la temperatura). De uso en impresiones de larga duración.

• **Zona 2:** Temperatura de la base entre **65°C y 75°C**. Zona de adherencia media, recomendada para piezas sencillas sin aristas vivas ni geometrías complejas. Bases con aristas redondeadas, chaflanes, curvas, evitando aristas vivas y perfiles estrechos, alargados y macizos al mismo tiempo. De uso en impresiones de duración media.

• **Zona 1:** Temperatura menor a **65°C**. Zona de auto-retirado de la pieza. Tras la impresión la base se apaga disipando el calor y se enfría bajando a temperaturas inferiores a **65°C**. La pieza se va liberando de la base, hasta quedar completamente suelta a temperatura ambiente.



Figura 3: Tabla zonas de uso



Análisis de tensiones y deformaciones:

Dimafix® crea una interfase entre el polímero (ABS) y el sustrato (cristal). Esta es la que proporcionará la adherencia necesaria para evitar que las tensiones internas, debidas al gradiente de temperatura multidimensional (función de temperaturas en el sólido), no despeguen la pieza de dicho sustrato.

Por el estudio de elasticidad de sólidos, toda geometría sólida, libre de restricciones físicas, isótropa, homogénea y que consta de un gradiente de temperaturas lineal (se calienta de forma homogénea), se deforma sin sufrir ningún tipo de tensión interna. Sin embargo, en nuestro caso:

- 1 - El sólido está adherido a la interfase de adhesivo Dimafix® para conseguir una superficie totalmente plana y sin deformaciones. Esto implica que ya no es libre, teniendo restricciones físicas en la cara que lo une a la base de cristal.
- 2 - El gradiente de temperaturas no es lineal. Hay 2 focos de calor, uno debido a la deposición de material fundido por la boquilla del extrusor, y otro debido a la aplicación de temperatura de la base de impresión, que en primer lugar permitirá activar la acción de Dimafix®.
- 3 - El sólido no es isótropo por su forma de conformado: Impresión 3D. Está conformado por deposición sucesiva de capas de material polimérico. Esto asegura falta de isotropía en sus propiedades.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se ha realizado un análisis mediante métodos FEA (Finite Element Analysis) con software CAE (Computer Aided Engineering). El software utilizado ha sido ANSYS V.14, módulos "Steady-State Thermal" y "Static Structural".

Consideraciones y condiciones del estudio realizado:

- 1- La Geometría será la descrita en la Figura 4, impresa sobre su base menor. Utilizada frecuentemente en impresión 3D como test de adherencia a la base de impresión.

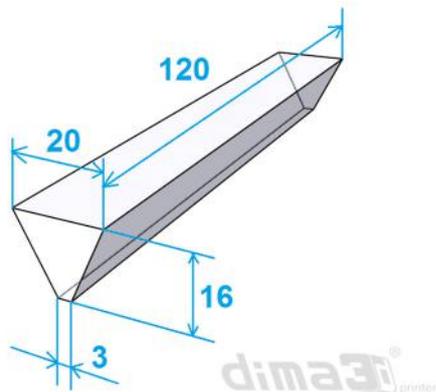


Figura 4: Geometría de la pieza (dimensiones en mm)



- 2- Base de datos propia de material para el análisis. Ver Figura 5 (datos de ABS en MATWEB para los valores de temperatura en los que se encuentra en las diferentes posiciones de la geometría).

Overview of materials for Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Extruded			
Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	0.350 - 3.50 g/cc	0.0126 - 0.126 lb/in ³	Average value: 1.06 g/cc Grade Count:377
Water Absorption	0.0250 - 2.30 %	0.0250 - 2.30 %	Average value: 0.407 % Grade Count:78
Moisture Absorption at Equilibrium	0.150 - 0.220 %	0.150 - 0.220 %	Average value: 0.200 % Grade Count:23
Water Absorption at Saturation	0.300 - 1.03 %	0.300 - 1.03 %	Average value: 0.734 % Grade Count:20
Viscosity	255000 - 255000 cP @Temperature 240 - 240 °C	255000 - 255000 cP @Temperature 464 - 464 °F	Average value: 255000 cP Grade Count:1
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Rockwell R	90.0 - 119	90.0 - 119	Average value: 107 Grade Count:209
Hardness, H358/30	85.0 - 104 MPa	12300 - 15100 psi	Average value: 93.1 MPa Grade Count:9
Ball Indentation Hardness	80.0 - 120 MPa	11600 - 17400 psi	Average value: 98.6 MPa Grade Count:24
Tensile Strength, Ultimate	24.1 - 73.1 MPa 20.0 - 52.0 MPa @Temperature -18.0 - 90.0 °C	3500 - 10600 psi 2900 - 7540 psi @Temperature -0.400 - 194 °F	Average value: 38.5 MPa Grade Count:148 Average value: 35.8 MPa Grade Count:3
Tensile Strength, Yield	20.0 - 73.1 MPa 64.0 - 64.0 MPa @Temperature -18.0 °C	2900 - 10600 psi 9280 - 9280 psi @Temperature -0.400 °F	Average value: 43.2 MPa Grade Count:329 Average value: 64.0 MPa Grade Count:1
Elongation at Break	1.40 - 110 % 15.0 - 15.0 % @Temperature -18.0 °C	1.40 - 110 % 15.0 - 15.0 % @Temperature -0.400 °F	Average value: 25.2 % Grade Count:247 Average value: 15.0 % Grade Count:1
Elongation at Yield	1.70 - 20.0 %	1.70 - 20.0 %	Average value: 3.41 % Grade Count:129
Modulus of Elasticity	0.778 - 6.10 GPa 2.81 - 2.81 GPa @Temperature -18.0 °C	113 - 885 ksi 408 - 408 ksi @Temperature -0.400 °F	Average value: 2.30 GPa Grade Count:220 Average value: 2.81 GPa Grade Count:1

Figura 5: Engineering data from MATWEB

- 3- Condiciones de contorno de temperatura:

a) Temperatura del extrusor: 240°C. Aplicada de forma uniforme en la cara de la base superior del prisma trapezoidal. Representa una simplificación de la temperatura generada por el Nozzle al expulsar el plástico.

b) Convección natural homogénea en todos los 4 laterales de la pieza.

-Temperatura entorno: 18.6°C

-Fluido: Aire.

-Velocidad del aire: 0.01m/s.

-Humedad relativa: 91%.

c)- Temperatura de la base variable según el ensayo.

- 4- Rociado uniforme de Dimafix® sobre el área de cristal en el que irá la pieza impresa.

- 5- Base de cristal / derivados de compuestos de boro-silicatos sin tratar la superficie.

Para el análisis se estudiarán cinco valores de temperatura de la base, determinando los gradientes de temperatura que provocan, junto con la restricción de la base, la aparición de tensiones internas que posteriormente estudiaremos.



Análisis del gradiente de temperaturas multidimensional

Durante la impresión, la pieza tiene zonas a diferentes temperaturas. Estas variaciones de temperatura a lo largo del sólido, unidas a las condiciones de contorno descritas, propician la aparición de tensiones internas que hacen que el sólido se deforme.

Para el estudio de las deformaciones es necesario conocer el gradiente de temperaturas multidimensional: la función de temperaturas espacial en cada diferencial de volumen de la geometría. Las diferentes zonas del sólido quedan limitadas mediante curvas isotermas. En cada volumen diferenciado la porción de sólido estará a la misma temperatura.

En el área inferior del prisma trapezoidal se aplica la temperatura de la base donde se produce un flujo de calor ascendente (dirección del eje Y, mismo sentido). En la base superior se aplica el polímero en estado fundido a temperatura de 240°C, lo que produce un flujo de calor descendente (dirección del eje Y, sentido opuesto). Ambos flujos de calor descritos anteriormente se producen por conducción. Al mismo tiempo, se produce disipación térmica de calor por convección entre las paredes del sólido y el medio que rodea la pieza.

En la Figura 6 se puede apreciar que cuando la base está a 70°C, el volumen isoterma del sólido en la base comienza a la temperatura de 58.9°C (área azul oscuro), debido a una baja conductividad térmica del material y a una baja sollicitación en la selección de tamaño de elementos FEM.

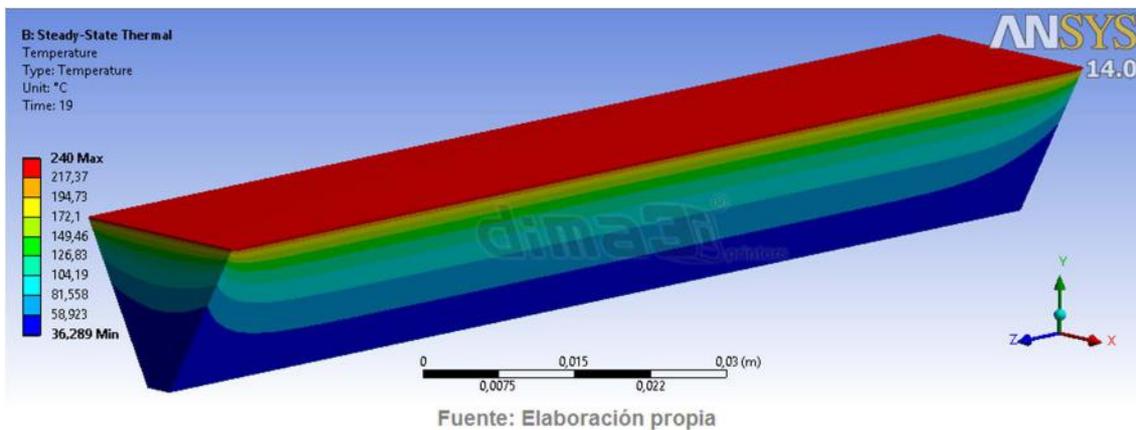


Figura 6: Gradiente de temperaturas con la Tbase = 70°C

En cambio, al establecer la temperatura de la base de impresión a 80°C se puede apreciar en la Figura 7 la aparición de un volumen isoterma (color azul claro) en la base inferior del prisma. Se observa que el gradiente o función de temperaturas no es lineal.

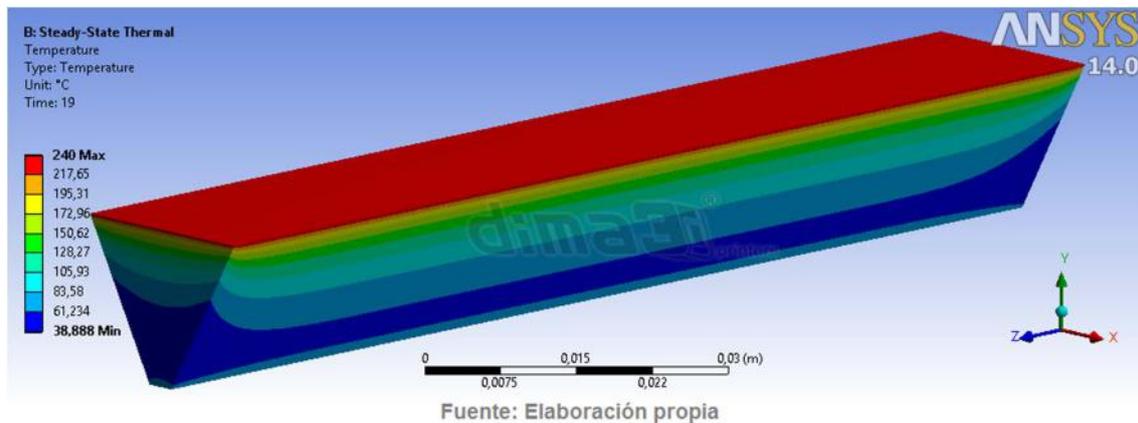


Figura 7: Gradiente de temperaturas con la $T_{base} = 80^{\circ}\text{C}$

Del mismo modo, al aumentar la temperatura de la base a 90°C , como se observa en la Figura 8, el volumen isotermo de color azul claro aumenta en relación al mostrado en la Figura 7.

Se observa otro fenómeno con efecto positivo al tener mayor temperatura en la base: el valor de la derivada del gradiente de temperaturas multidimensional disminuye, lo que permite concluir que la homogeneidad de temperaturas en el interior del sólido aumenta.

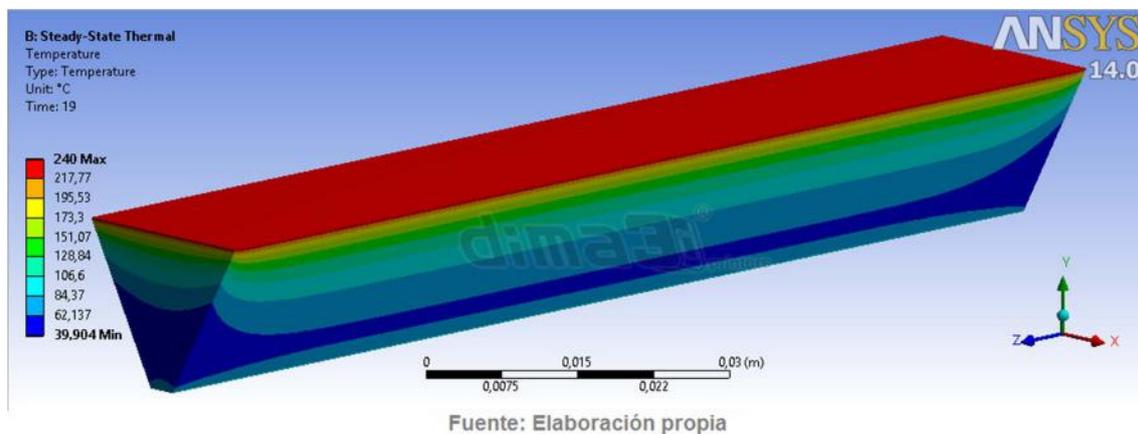


Figura 8: Gradiente de temperaturas con la $T_{base} = 90^{\circ}\text{C}$

Finalmente, cuando la temperatura de la base es de 110°C , y siguiendo el razonamiento anterior, la homogeneidad en los valores de temperatura aumenta al unirse los dos volúmenes isotermos (Figura 9). Se diferencian dos volúmenes isotermos a menor temperatura en los extremos del prisma. En ellos, la derivada del gradiente multidimensional de temperaturas será máxima (aunque también es máximo el valor de tensión de adherencia sólido-sustrato en la base). Unido a las condiciones de contorno descritas, explica la aparición de tensiones internas que provocan las deformaciones en los extremos, debidas fundamentalmente a la aplicación de material fundido en la parte superior.

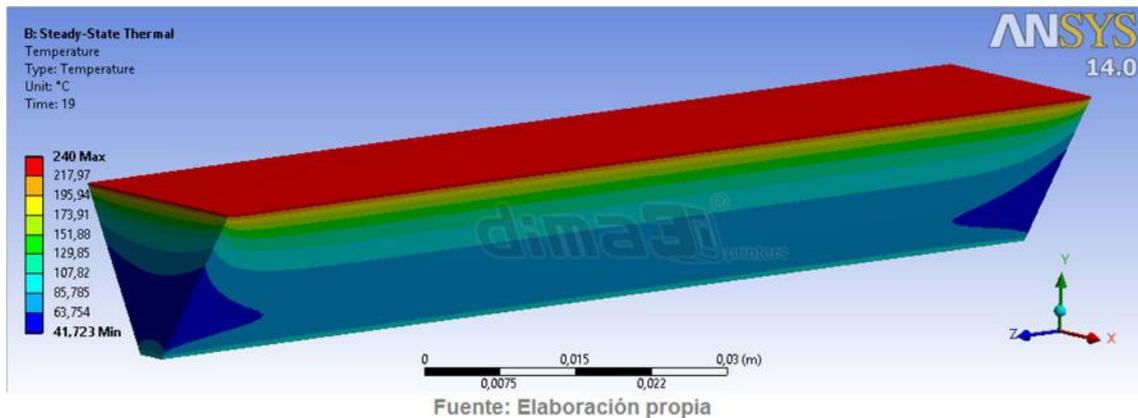


Figura 9: Gradiente de temperaturas con la $T_{base} = 110^{\circ}\text{C}$

Durante la impresión, como se puede observar en las Figuras 6 a 9, la zona de menor temperatura (50°C) se reduce a medida que aumenta la temperatura de la base, lo que provoca mayor homogeneidad en dicha propiedad a lo largo del sólido. Como conclusión podemos admitir que la homogeneidad térmica del sólido aumentará según aumenta la temperatura de la base.

Aumentando la homogeneidad de la temperatura, el valor de las tensiones internas del sólido, provocadas por gradientes muy pronunciados en diferenciales pequeños del sólido de estudio, disminuye.

La conclusión final es que al aumentar la temperatura de la base, por un lado se activan las propiedades de adherencia de Dimafix®, y por otro lado disminuyen las tensiones internas del sólido, en una acción conjunta con la interfase proporcionada por Dimafix®.

Análisis de deformaciones en la impresión con ABS: Warping

A continuación estudiaremos la deformación o “warping” que se produce:

- sin uso del Dimafix®, y
- cómo el uso de Dimafix® reduce hasta eliminar completamente el warping.

Para describir los resultados nos basaremos en el análisis del mayor valor nominal de la deformación. Podremos concluir como el valor de la deformación de la esquina del sólido disminuye notablemente al usar Dimafix® frente al uso de las mejores lacas convencionales. Así, la impresión con laca convencional (Figura 10) presenta un valor de deformación de 2,089mm en el eje Y.



En las figuras 11 a 14 se puede apreciar como el valor de la deformación cae notablemente con la temperatura de la base cuando se emplea Dimafix®. Esto es consistente con el valor de adherencia descrito en la Figura 1 y su mejora con el incremento de la temperatura de la base.

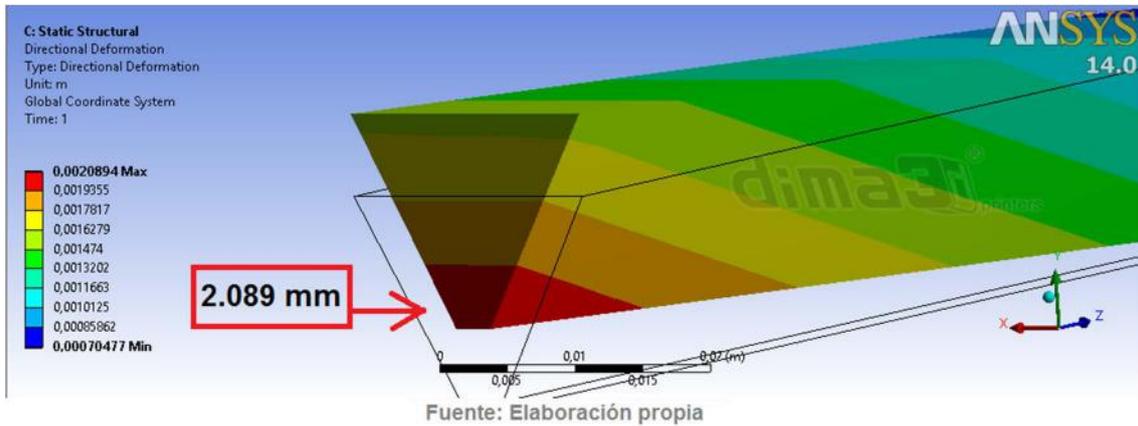


Figura 10: Deformación producida por el efecto de las tensiones internas en impresión con lacado convencional a 75°C



Figura 11: Deformación producida por el efecto de las tensiones internas en impresión con Dimafix® a 75°C

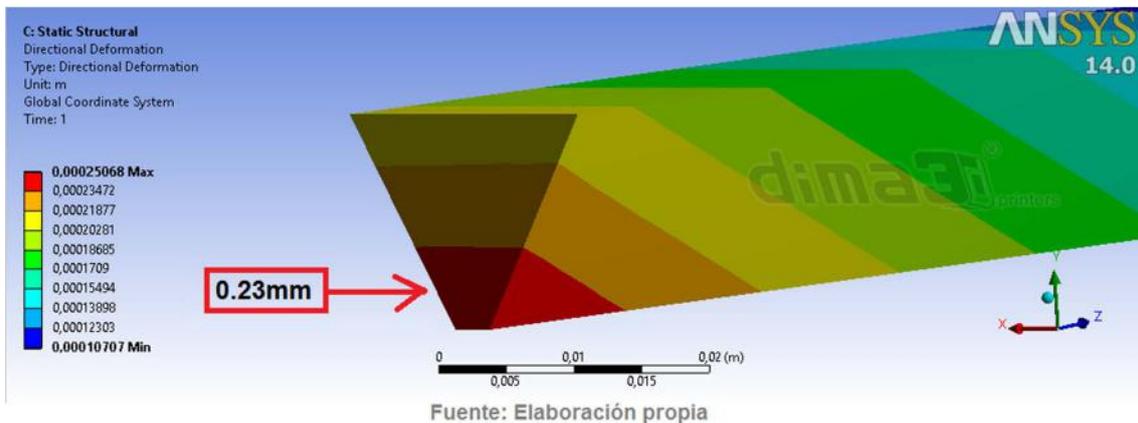


Figura 12: Deformación producida por el efecto de las tensiones internas en impresión con Dimafix® a 80°C

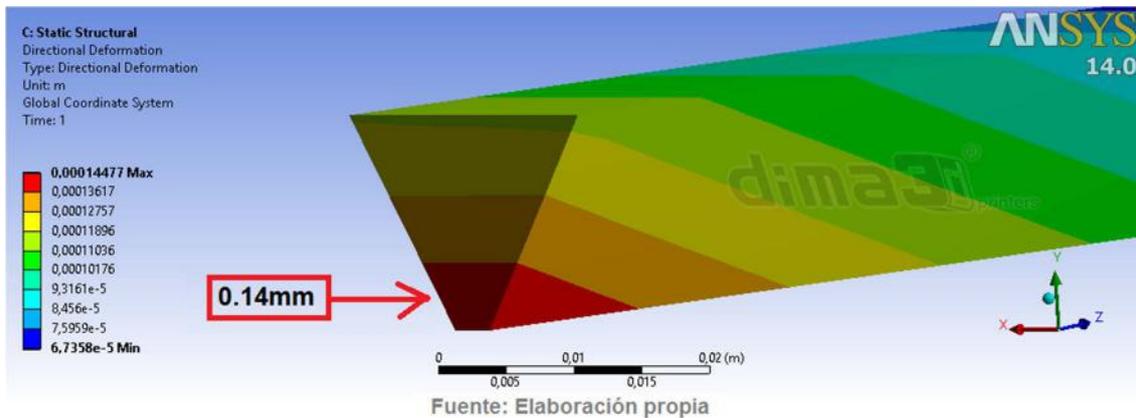


Figura 13: Deformación producida por el efecto de las tensiones internas en impresión con Dimafix® a 90°C

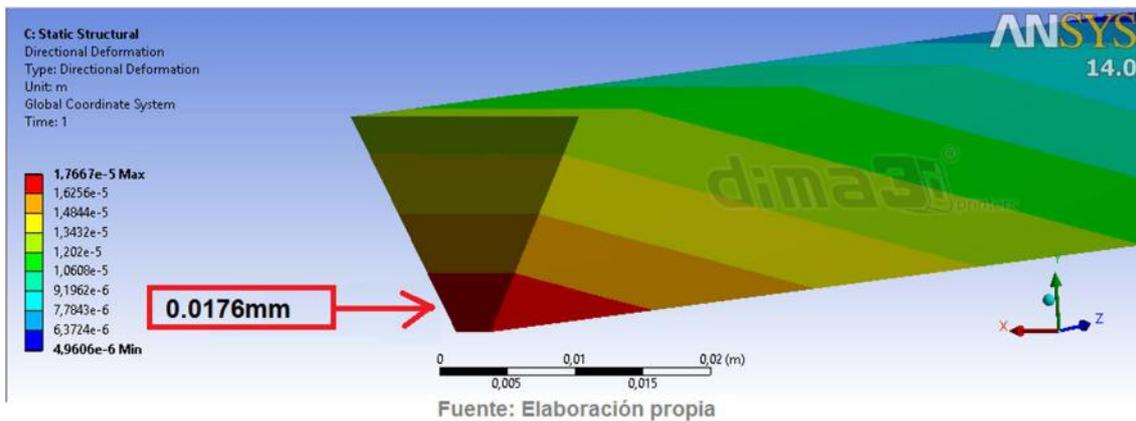


Figura 14: Deformación producida por el efecto de las tensiones internas en impresión con Dimafix® a 110°C

Las deformaciones mostradas en los análisis FEA anteriores son en dirección Y según el sistema de coordenadas local representado. La escala de colores indica la deformación (metros) en el extremo inferior del sólido objeto de estudio.

Para concluir, se estudiará la deformación del extremo del sólido, donde la sollicitación tensional es máxima. En la Figura 15 se especifican las dos dimensiones, el sistema de ejes local, de estudio.

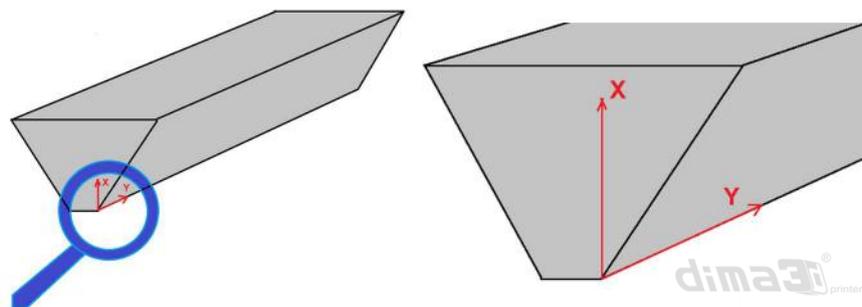


Figura 15: Detalle geométrico de estudio



En la Figura 16 se presentan los resultados usando la más común de las lacas empleadas frente al Dimafix® para las temperaturas 75°C / 85°C / 90°C / 110°C.

Los resultados confirman que las deformaciones del extremo del sólido son mucho menores con Dimafix® que con laca. Así, a la temperatura de 75°C, la deformación en el extremo con la laca en la base son cinco veces mayores que las que se producen con Dimafix® a esa temperatura.

En cuanto asciende la temperatura de la base, la adherencia de Dimafix® frente a un lacado convencional hace que las deformaciones en las piezas fijadas con lacas convencionales sean hasta más de 100 veces superiores.

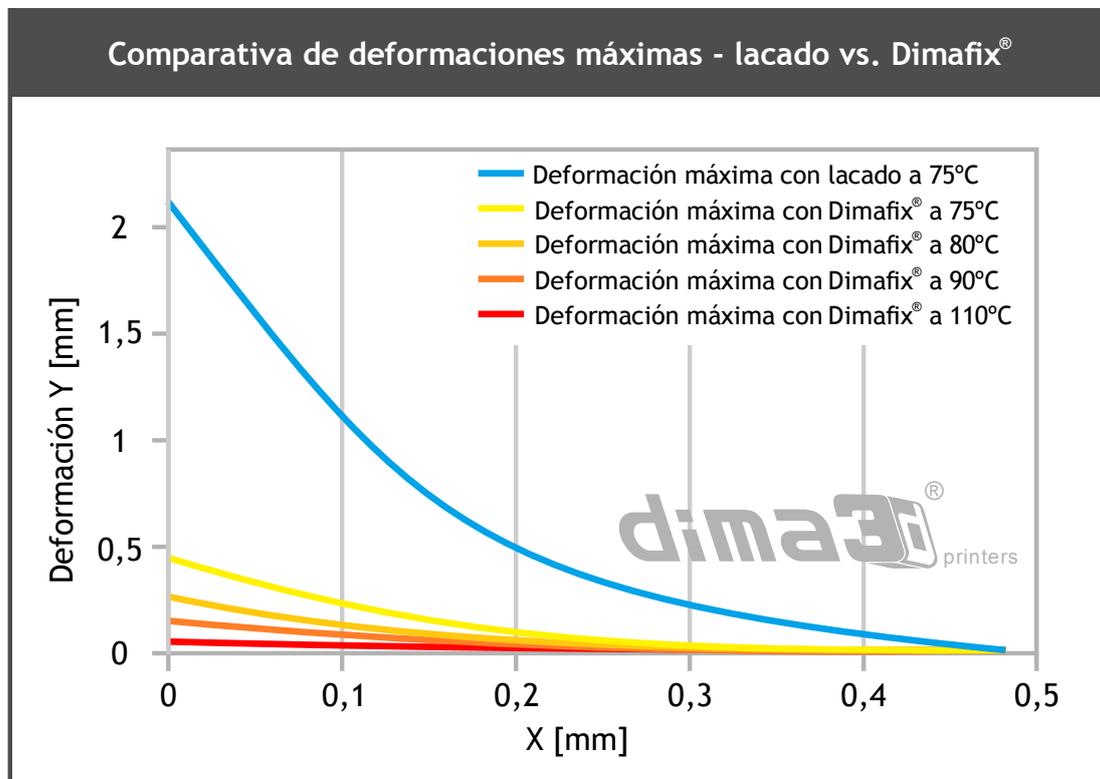


Figura 16: Comparativa de deformaciones a diferentes temperaturas: Dimafix® vs lacado convencional.