

Aristech Acrylics® lleva más de 30 años siendo líder en el diseño de productos acrílicos reforzados con fibra de vidrio. Muchos fabricantes de equipos originales y de otros tipos han descubierto nuevas posibilidades de uso para las placas acrílicas de Aristech Acrylics®. Las ventajas de los productos de Aristech Acrylics® moldeados por colada continua son ilimitadas en cuanto a diseño, configuración, colores, fabricación y aspecto superior de la superficie. Dé rienda suelta a su imaginación. Elija las placas acrílicas de Aristech Acrylics® para todos sus elementos sanitarios.

### Introducción

Este Boletín Técnico explica cómo fabricar una bañera tradicional de 152 cm (Imagen 1) a partir de las placas acrílicas de Aristech Acrylics® reforzadas con resina de poliéster, rellenos seleccionados y fibra de vidrio troceada. Se ofrece un procedimiento general con el suficiente detalle como para que un posible fabricante pueda acometerlo, siempre que se base en el soporte técnico disponible de los fabricantes de los equipos y las materias primas elegidas. Con la operación descrita se pueden producir entre 225 y 250 unidades por turno de ocho horas (siete horas hábiles).



**Imagen 1. bañera de 152 cm (60")**

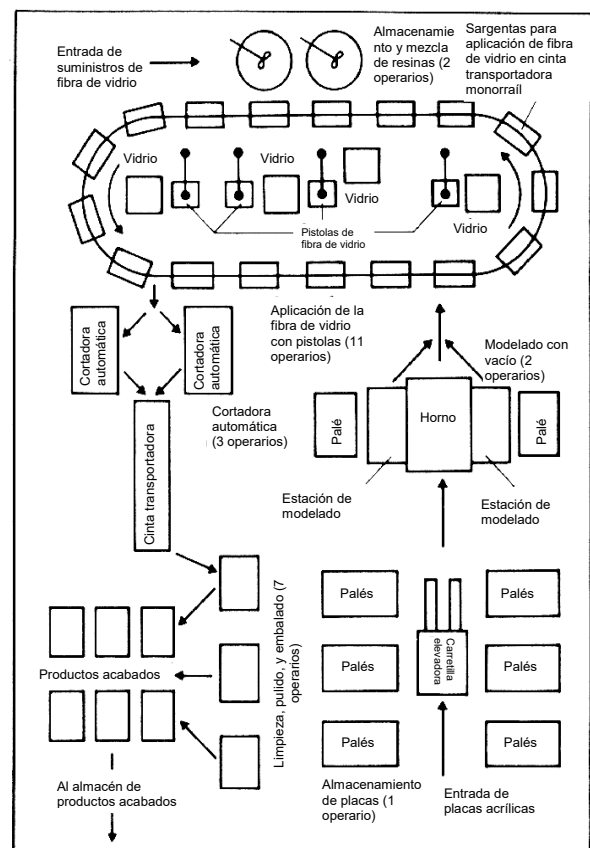
### Distribución de planta

En la Imagen 2 se muestra el diagrama de flujo de una planta tradicional. El aspecto más importante de la distribución de una planta es mantener el material o el producto moviéndose continuamente a través de una línea de montaje. Las instalaciones de producción deben tener entre 900 y 1.400 m<sup>2</sup>, excluida la superficie de almacenamiento de productos acabados. Cada operación se abordará en una secuencia de avance, que comienza con el manipulado y almacenamiento de las placas acrílicas y finaliza en el embalado y almacenamiento de los productos acabados.

### Zona de manipulado y almacenamiento de placas acrílicas

El tamaño de placa habitual para este procedimiento es de entre 2 y 3,2 mm de grosor, 107 cm de ancho y 170 cm de largo, y se suministra en palés de madera que llevan

alrededor de 200 placas, con un peso total de 900 kg. El material se almacena tal y como se recibe, es decir, en posición horizontal y apilado en palés. Por lo general, los palés se apilan hasta un máximo de cuatro alturas. Lo habitual es contar con un inventario de entre cinco y ocho colores. Cada pila de palés solamente debe tener un único color y se debe dejar suficiente espacio entre y alrededor de las pilas para que maniobre con comodidad una carretilla elevadora, de manera que se puedan transportar los palés hasta las máquinas de modelado con vacío con el mínimo esfuerzo. El almacenamiento se debe organizar teniendo en cuenta el mix de productos. Es muy aconsejable adoptar una gestión del inventario de las placas de tipo first-in, first-out. Esto implica utilizar siempre antes las placas más antiguas disponibles, y colocar los nuevos palés en la base de las pilas. Cada palé deberá etiquetarse claramente con el número de color y el de identificación que corresponda, de manera que el operario de la carretilla pueda seleccionar de forma sencilla el material adecuado y que los operarios de la máquina de modelado con vacío puedan anotar fácilmente en su registro cualquier problema mediante los números de color y de palé. En la zona de almacenamiento no se precisa ningún equipamiento especial aparte de una carretilla elevadora con una capacidad de carga de 1.200 kg.



**Imagen 2. diagrama de flujo de una planta tradicional**

### Zona de modelado con vacío

La zona de modelado con vacío debe estar cerrada y relativamente exenta de corrientes de aire y polvo en suspensión. Esta zona debe mantenerse limpia en todo momento. Las entradas desde la zona de almacenamiento de las placas pueden ser puertas similares a las de los garajes, que solamente se abran cuando se traiga un palé para abastecer a la máquina de modelado con vacío. La salida a la zona de aplicación de la fibra de vidrio tendrá que mantenerse abierta, por lo que conviene que la zona de aspiración esté a presión positiva, para reducir al mínimo la entrada de residuos procedentes de la zona de aplicación de la fibra de vidrio.

### Aparatos de limpieza de las placas

A medida que las placas se retiran individualmente del palé, y antes de sujetarlas en la máquina de modelado con vacío, deben limpiarse para eliminar el polvo, la suciedad y las partículas que se hubiesen podido adherir. Las placas suelen tener un poco de electricidad estática, especialmente si la humedad relativa es inferior al 50%. La limpieza es más eficaz si se utiliza un aparato antiestático conectado a una manguera de aire. Estos dispositivos se pueden comprar a las empresas 3M o Simco. (Consulte las direcciones completas de las fuentes de suministros en el Boletín Técnico n.º 159). Este aparato se conecta a una manguera de aire estándar que trabaja a 2,1 kg/cm<sup>2</sup> (30 psi), y se acciona mediante un pulsador que va en la boquilla del aire. Basta con soplar aire en ambas caras de la placa para quitar las partículas adheridas y eliminar la electricidad estática. Es importante eliminar la electricidad estática para evitar que las partículas se vuelvan a adherir a la placa de inmediato. Si una placa está muy sucia, debe limpiarse con un paño antiestático como los que suministra la empresa Detron Manufacturing.

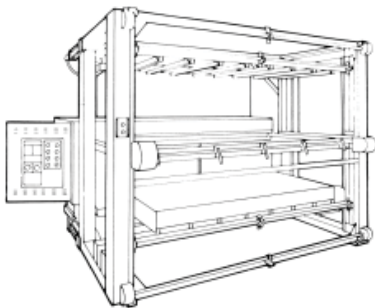


Imagen 3 Máquina de modelado con vacío

### Máquinas de modelado con vacío

La máquina de modelado con vacío (ver Imagen 3) debe ser de tipo automático, con placas superior e inferior de movimiento vertical. El bastidor de sujeción de las placas se debe activar mediante cilindros de aire y desplazarse horizontalmente al interior de un horno de infrarrojos con calentadores tanto en la parte superior como en la inferior. Los calentadores superiores quedan habitualmente a una distancia de 25 cm de la placa, y los inferiores, a 50 cm. Ambos se controlan mediante temporizadores porcentuales de 15 s. La estructura de la máquina debe ser lo bastante robusta para soportar las fuerzas que ejerce la presión de aire de hasta 3,5 kg/cm<sup>2</sup> (50 psi), si hubiera que utilizar la presión de aire en el modelado para obtener radios muy cerrados en la pieza. La máquina de modelado con vacío debe contar con una estación de modelado a cada lado del horno.

Esto permite no sólo que la parte izquierda del molde quede en un lado y la derecha al otro, eliminando los costosos cambios de molde, sino que saca más partido a los hornos eléctricos, ahorrando entre un 40 y un 45% de energía respecto a la configuración de estación sencilla de modelado. Esta clase de equipo produce una bañera cada dos minutos. Si fuera necesaria una producción aún mayor, se podrían añadir más máquinas o de mayor tamaño, utilizando múltiples moldes. Una máquina giratoria de cuatro estaciones que disponga de dos moldes puede producir una bañera por minuto. El inconveniente de las máquinas giratorias es que precisan más superficie y son más complejas a la hora de realizar reparaciones y cambios de molde. Las máquinas con un solo horno y estación doble de modelado con vacío, aptas para albergar un molde en cada cara, suelen disponer de bastidores de sujeción de 120 x 185 cm. Los bastidores se deben ajustar por la parte interior para sujetar una placa de 107 x 170 cm. Los fabricantes de maquinaria de modelado con vacío suelen estar preparados para proporcionar un considerable asesoramiento y soporte técnico. Por lo general, disponen de maquinaria preparada para que un posible cliente las vea en condiciones reales de trabajo. Muchos de los fabricantes hacen demostraciones de sus máquinas de modelado con vacío al posible cliente con piezas de éste para mostrarle el procedimiento antes de la compra.

### Herramientas o moldes

Las únicas herramientas aptas para esta clase de operación son las de aluminio fundido con envoltura o bobinas refrigerantes exteriores. En la Imagen 4 se muestra un molde típico. Hay muchos fabricantes especializados en esta clase de herramientas. Los precios son muy variables, y oscilan entre 10.000 y 28.000 USD por herramienta. Los pasos necesarios para fabricar estas herramientas son los siguientes:

1. La bañera se diseña y describe mediante interpretaciones de diseñadores y diagramas de ingeniería.
2. Los diagramas se utilizan para realizar un patrón de madera.
3. El patrón de madera se utiliza para hacer un molde de aluminio.

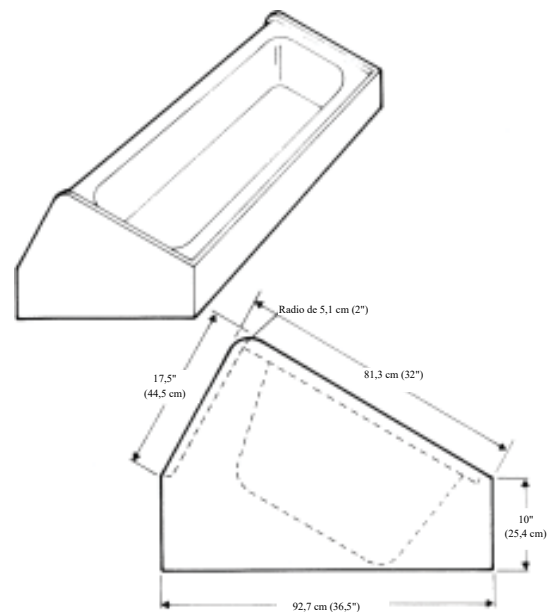


Imagen 4 Vista isométrica del molde de la bañera

El molde de aluminio se acaba a mano mediante un lijado con lija de grado 600. Los orificios de vacío, si no se han realizado al fundir el molde, se taladran con una separación de una pulgada en el núcleo de los radios ocultos. Estos orificios pueden tener hasta 1,6 mm (1/16") de diámetro. En el fondo plano de la herramienta se deben taladrar orificios de 0,5 mm de diámetro, o más pequeños si es posible, a una distancia de una pulgada entre centros. Estos orificios impiden que se quede aire atrapado, lo que podría producir una textura deficiente (granos) en el fondo de la pieza modelada. Si se utiliza una textura modelada en el fondo del molde, estos orificios de vacío no son necesarios. Se deben ubicar varios orificios de 6,4 mm de diámetro en la cavidad del desagüe para permitir la rápida salida del aire durante la fase del modelado con vacío.

### Zona de aplicación de la fibra de vidrio

La zona de aplicación de la fibra de vidrio tiene que estar separada de las otras zonas debido a la naturaleza de este proceso. Las resinas de poliéster contienen monómero de estireno, que es inflamable y debe manipularse de forma que se limite la exposición de los operarios a sus vapores. Los procedimientos y precauciones son distintos de unos países a otros, dependiendo de los códigos de construcción y de las normas internas de seguridad específicas de la empresa. Antes de implantar una actividad de aplicación de fibra de vidrio, debe consultar con la Agencia del Código de Construcción local, la Agencia para la Seguridad y la Salud en el Trabajo y la Agencia de Protección Medioambiental. La zona debe contar con ventiladores de extracción adecuados y/o cabinas de pulverización. La zona en su conjunto puede ser una gran «cabinas de pulverización» si dispone de ventiladores de extracción adecuados y cuenta con ventilación. Los vapores del estireno son más pesados que el aire, por lo que es necesario disponer de ventiladores a la altura del suelo. El personal que trabaje en esta zona deberá utilizar mascarillas respiratorias y protección ocular. El único procedimiento de aplicación de fibra de vidrio que se utiliza con éxito en la actualidad es la técnica de aplicación de virutas mediante pistolas pulverizadoras. También se están evaluando los procedimientos de prensa de moldeado en frío y el moldeado en bolsa con vacío como posibles alternativas, pero no han demostrado su eficacia para la producción de bañeras tradicionales.

### Pistolas de fibra de vidrio

Hay varios fabricantes de pistolas de aplicación. El precio de los equipos oscila entre 3.500 y 10.000 USD, y especialmente en este caso ocurre lo que se suele decir: «tanto pagas, tanto tienes». Los equipos más caros (ver la Imagen 5) utilizan una corriente doble de poliéster pulverizado sin aire que dispone de un mezclador catalizador externo. La fibra de vidrio se corta aparte en trozos, por lo general de 2,5 cm de longitud, y se impulsa al interior del patrón de pulverización a una distancia de entre 7 y 13 cm frente a las boquillas dobles de pulverización. La pulverización doble es la que mejor humedece las fibras de vidrio.

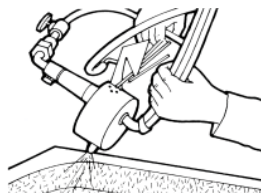


Imagen 5 Pistola de fibra de vidrio

Este equipo también está diseñado para pulverizar una mezcla al 50% de resina de poliéster e hidróxido de aluminio, que es necesario en la actualidad para que el producto acabado cumpla las exigencias de la normativa contra incendios. El hidróxido de aluminio es un sólido que se vende en forma de polvo, y que se mezcla con la resina de poliéster. Esta mezcla es más viscosa y más difícil de bombear. Sin embargo, los equipos más caros disponen de bombas y equipamiento auxiliar que puede manejar esta mezcla. No recomendamos ningún fabricante en concreto. La mayoría ofrece equipos comparables que van desde los modelos más económicos a los más lujosos. Como grupo, los fabricantes de pistolas de fibra de vidrio suelen ser muy colaboradores con los posibles clientes. Disponen de laboratorios de aplicación donde realizan demostraciones de los equipos, y a veces también las realizan en las instalaciones de los posibles clientes. Por lo general cuentan con un magnífico servicio técnico.

### Rodillos

No hay mucho que decir acerca de los rodillos, aunque esta operación tiene la misma importancia que la de la aplicación de la fibra de vidrio. Los rodillos son de aluminio, y constan de una serie de pequeños discos de una anchura de alrededor de 9,5 mm. Estos discos se disponen en diversas configuraciones, con rodillos que van desde los de entre 18 y 23 mm (que asemejan los rodillos que se utilizan para pintar las paredes) a los pequeños, de entre 12 y 25 mm de anchura, para desplegar los radios interiores más cerrados. Consulte la Imagen 6 para ver una disposición clásica. Estos rodillos los suministran los fabricantes de pistolas de fibra de vidrio.

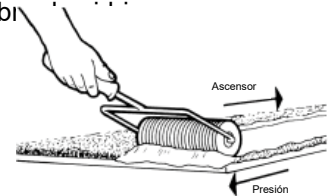


Imagen 6. Rodillo

### Tanque mezclador de resina y suministro centralizado de resina

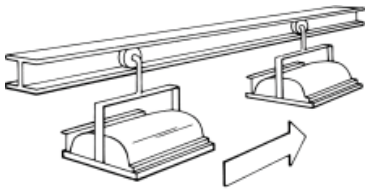
Resulta aconsejable disponer de un sistema centralizado de suministro de resina para las pistolas de fibra de vidrio. Esta operación consiste habitualmente en dos tanques centrales de suministro, en los que se mezclan la resina de poliéster y el hidróxido de aluminio y se mantienen en constante agitación. Es aconsejable que tengan una capacidad de 1.900 litros. Lo habitual es que un tanque esté en uso mientras se produce la mezcla en el otro. Un tanque, 2.700 kg aproximadamente, proporciona suficiente mezcla como para fabricar 135 bañeras. Los proveedores de resina de poliéster ofrecen una excelente asistencia técnica para implementar sistemas de suministro de resina.

### Sargentas para aplicación de fibra de vidrio

Las piezas acrílicas del modelado con vacío de las bañeras son frágiles y no autosustentantes. Por lo tanto, es preciso añadir sargentas (ver Imagen 7) para apoyar las piezas acrílicas durante la aplicación de fibra de vidrio. Una vez que las piezas han pasado por esta etapa, por supuesto que ya son autosustentantes. Lo mejor es que los refuerzos sean de resina epoxi/vidrio o de vidrio de poliéster de alta temperatura. Esta construcción permite la transferencia de calor durante la reacción exotérmica de la resina de poliéster, y sus láminas son muy resistentes a los cambios ambientales de temperatura y humedad.



Los refuerzos de fibra de vidrio deben ser casi una réplica exacta de una bañera vuelta del revés. El patrón de construcción de los refuerzos se debe tomar de la cara posterior de una pieza acrílica modelada con vacío que se haya modelado a partir de una placa más gruesa. A continuación ya se puede aplicar la fibra de vidrio a esta pieza por la cara posterior, para conferirle rigidez, luego encerarla por la cara acrílica para liberarla, y colocar un laminado de resina epoxi/vidrio o poliéster/vidrio de 3,2 mm de grosor en el patrón. Las piezas a las que se haya aplicado la fibra de vidrio se colgarán luego de extensiones suspendidas de una cinta transportadora elevada que hacen la función de refuerzos de sustentación. Los refuerzos de vidrio se suelen realizar en las instalaciones propias. Estas clases de refuerzos de poliéster tendrán que ser más gruesos y no serán tan estables desde el punto de vista dimensional. No obstante, los refuerzos de poliéster/vidrio se utilizan habitualmente en el sector.



**Imagen 7 Refuerzos en la cinta transportadora**

### Sistema de cinta transportadora

La mejor forma de trasladar las piezas desde la zona de modelado con vacío a la de aplicación de fibra de vidrio y luego a la de corte, es utilizar un sistema de cinta transportadora monorraíl elevada. Esta cinta transportadora se controlará y se desplazará a una velocidad de entre 1 y 1,2 m por minuto. Una vez finalizada la aplicación de la fibra de vidrio, la cinta debe pasar por un horno de curado de 9,1 m a una temperatura de entre 38 y 54 °C, o se debe dejar un tramo de cinta de aproximadamente 36,5 m entre las zonas de aplicación de la fibra de vidrio y de corte para que el material cure a temperatura ambiente. Existen diversos proveedores de sistemas de monorraíl elevado que proporcionan asistencia técnica para implementar todo el sistema.

### Zona de corte

La zona de corte debe ser cerrada para contener el polvo del corte y los residuos. Es necesario disponer de equipos adecuados de recogida de polvo para reducir al mínimo las partículas en suspensión. El personal que trabaje en esta zona deberá utilizar mascarillas respiratorias y protección ocular. En la bañera reforzada con fibra de vidrio debe recortarse la rebaba a lo largo del borde a ambos lados del faldón y a lo largo del fondo del zócalo. Además, se deben realizar los orificios para el desagüe y el rebosadero.

### Equipo de corte automático

El equipo automático consta de un bastidor de sujeción y una serie de sierras móviles (fresas) dotadas de hojas de corte con punta diamantada.

### Equipo de corte manual

También es posible cortar las bañeras manualmente. El bastidor de sujeción está diseñado de manera que dispone de una guía perimetral a lo largo de toda la pieza. Una sierra o fresa neumática con hojas con punta de diamante se desplaza manualmente alrededor de la pieza para eliminar la rebaba.

### Cintas transportadoras

Es aconsejable colocar las piezas que salen de esta zona

en una cinta transportadora horizontal. Esta cinta llevaría las piezas desde la zona de aplicación de fibra de vidrio, pasando por la zona de corte, hasta la de acabado y embalado.

### Zona de acabado y embalado

Esta zona se puede combinar con la de almacenamiento y manipulado de las placas acrílicas, o bien ser una zona independiente. El muelle de carga estará en el exterior inmediato de esta zona. Aquí no es preciso ningún equipamiento especial. Las piezas cortadas se limpian y luego embalan con cartón ondulado. Existen muchos proveedores de cartón que ofrecen una excelente asistencia técnica para diseñar el embalaje y proporcionan prototipos para su evaluación.

### Materiales y cantidades utilizadas

#### A. Placas acrílicas

Por lo general, las placas tienen 2 mm de grosor, 107 cm de ancho y 170 cm de largo. Se suministran en palés. Cada placa tiene una superficie de 1,8 m<sup>2</sup> y pesa 4,4 kg. La bañera completa, tras el recorte, contiene alrededor de 3,6 kg de acrílico.

#### B. Resina de poliéster

Se recomienda utilizar poliésteres de uso general, diseñados para unir placas acrílicas moldeadas por colada continua. Estas resinas deben estar diseñadas para admitir entre un 45 y un 50% (en peso) de hidróxido de aluminio y para utilizarse con pistolas de pulverización de fibra de vidrio. Por lo general, los proveedores de resina de poliéster brindarán recomendaciones específicas respecto a la clase de hidróxido de aluminio y el catalizador necesarios. (se consumirá un 1% en peso de catalizador en relación al uso de resina)

#### C. Lana de vidrio

Se recomienda utilizar fibra de vidrio transparente de 60 hilos continuos (sin trazador) con recubrimiento de silano. Este material se suele suministrar en ovillos de 15 kg.

#### D. Aglomerado

Lo habitual es colocar en el fondo de la bañera una pieza de aglomerado de entre 13 y 16 mm de grosor recubierta de fibra de vidrio para aumentar la rigidez y resistencia. Esta pieza es de unos 61 cm de ancho y 122 cm de largo, y se extiende entre el zócalo y el fondo de la bañera. Esta pieza pesa alrededor de 4,5 kg. Es posible que sean necesarios otros elementos para aportar rigidez, de cartón o madera, en determinadas zonas.

#### E. La mezcla de resina

La mezcla de resina contiene por lo general un 41% de resina de poliéster, un 41% de hidróxido de aluminio, y un 18% de trozos de vidrio. A cada bañera se le aplican unos 18 kg de esta mezcla. Tras el recorte, permanecen unos 16 kg.

#### F. Peso

Según los pesos antes indicados, la bañera acabada pesa unos 24 kg.

#### G. Coste de la materia prima

Con la información antes indicada y los precios actuales de las diversas materias primas, el coste del material se puede calcular con gran sencillez (ver Cuadro 1). Obviamente, el coste de las materias primas debe aumentarse con arreglo a la eficacia en el uso del material y los índices de residuos. Una operación bien realizada tendrá un índice de eficacia de uso de entre un 90 y un 95%, y el índice de residuos del producto acabado estará por debajo del 5%.

## Cuadro 1

Material	Cantidad utilizada
Placas acrílicas de 2,0 mm	1,8 m <sup>2</sup>
Resina de poliéster	7,4 kg
Catalizador	0,073 kg
Hidróxido de aluminio	7,4 kg
Lana de Fibra de vidrio	3,3 kg
Aglomerado	0,74 m <sup>2</sup>
Cartón	1 cada uno

## Desarrollo del procedimiento y mano de obra directa utilizada

### A. Modelado con vacío

Basándose en el plan de producción, se colocan palés de placas acrílicas en ambas estaciones de modelado y se quitan las tapas de cartón. Los operarios anotan los números de palé, color y cantidad de piezas que se vayan a realizar en el registro o parte diario de trabajo. Se precalientan los hornos con el bastidor de sujeción en el interior y se ajustan los temporizadores porcentuales. Se carga una placa acrílica en el bastidor de sujeción (15 segundos) y se pone en marcha la máquina de modelado con vacío. La placa se calienta durante 90 segundos a una temperatura de unos 193,3 °C. La temperatura se puede medir mediante pirómetros sin contacto, etiquetas Telatemp de registro de temperaturas, líquidos indicadores Tempilaq, o termopares. Los temporizadores porcentuales deben ajustarse para alcanzar estas condiciones. Una vez calentada la placa, sale automáticamente del horno, se realiza el modelado con vacío (15 s) y se enfría (45 s). La pieza se retira (15 s) y se repite la secuencia. En la otra estación de modelado, se repite la misma secuencia, pero en desfase, de manera que mientras se calienta una placa, la otra está en el modelado y enfriamiento. En esta zona son necesarios dos operarios para las máquinas. Los palés con placas acrílicas se colocan junto a la máquina de modelado con vacío, y los palés antiguos los retira la carretilla elevadora y se los lleva a la zona de manipulado y almacenamiento. Los operarios de la máquina de modelado con vacío colocan las piezas modeladas en las sargentas de aplicación de fibra de vidrio. Es aconsejable mantener un buffer de entre 40 y 50 piezas modeladas entre las zonas de modelado con vacío y la de aplicación de la fibra de vidrio. Estas piezas modeladas «anidan» unas dentro de otras, por lo que no deben ocupar mucho espacio. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado para que las bañeras no sufran daños ni se arañen. Esta operación consume alrededor de cuatro minutos-persona por bañera producida.

### B. Aplicación de la fibra de vidrio

En esta zona son necesarios cuatro operarios para las pistolas de fibra de vidrio y otros siete para el despliegue. Cada operario de pistola de fibra de vidrio aplicará alrededor de 4,5 kg de resina/vidrio. Uno o dos operarios de despliegue estarán situados junto a los de las pistolas de fibra de vidrio. El tercer equipo de operarios de despliegue coloca los refuerzos de aglomerado en el fondo de cada bañera. Los dos primeros operarios de las pistolas aplicarán una capa de alrededor de 1,6 mm de grosor por toda la superficie inferior de la bañera, de manera tan uniforme como sea posible. El tercer operario colocará el aglomerado y aplicará otra capa uniforme de alrededor de 1,6 mm en el fondo. El cuarto operario aplicará resina principalmente en las zonas que precisen material extra. Este procedimiento admite variaciones. Un método alternativo consiste en que los equipos trabajen en cabinas de pulverización individuales y empiecen y acaben cada bañera. Esta operación consume alrededor de 22 minutos-persona por bañera producida. (Consulte el Anexo 1 para ver consejos relativos a buenas técnicas de aplicación de la fibra de vidrio, facilitadas por uno de los fabricantes de pistolas).

### C. Corte

La bañera recubierta con fibra de vidrio se retira de la cinta transportadora elevada y se coloca en la cortadora automática por los operarios de la zona de corte.

La máquina de corte se acciona mediante doble pulsador de seguridad, lo que requiere el uso de ambas manos. La máquina tarda alrededor de un minuto en recortar la pieza. La pieza se retira de la máquina de corte, se sopla con aire antiestático, y se coloca en una cinta transportadora para llevarla a la zona de acabado y embalado. Esta zona necesita dos máquinas de corte, dos operarios y un auxiliar. Los operarios y el auxiliar tendrán tiempo de cargar y descargar las cintas transportadoras y las máquinas. Esta operación consume alrededor de 6 minutos-persona por bañera producida.

### D. Acabado y embalado

Se inspeccionan las bañeras ya recortada y se corrigen las pequeños marcas y arañazos. Las bañeras con defectos más graves se dejan a un lado para repararlas o descartarlas. Las bañeras de primera calidad se embalan con cartones y se apilan para su envío o se trasladan a la zona de almacenamiento de productos acabados. En esta zona son necesarios siete operarios y se emplean unos 14 minutos-persona por cada bañera producida. Un operario se encargará de reparar las bañeras dañadas.

### E. Operaciones auxiliares

Son necesarias aproximadamente cuatro horas-persona en cada turno de ocho horas para mezclar un tanque de resina de 1.900 litros. El conductor de la carretilla consumirá alrededor de ocho horas-persona moviendo palés de placas acrílicas, aglomerado y otras materias primas durante el turno de ocho horas. El movimiento de los productos acabados requerirá otras ocho horas-persona. El mantenimiento se estima en alrededor de cuatro horas-persona. El Cuadro 2 resume los requisitos de mano de obra directa.

## Cuadro 2

_Operación	Mano de obra directa (Minutos-persona)	Cantidad de operarios
Modelado con vacío	4	2
Aplicación de la fibra de vidrio	22	11
Corte	6	3
Acabado y embalado	14	7
Operaciones auxiliares	6	3
Total	52	26

(Se estima que la eficacia de la mano de obra directa e indirecta es de entre un 83 y un 91%)

## Anexo

### Técnicas de aplicación de la fibra de vidrio con pistola

(Información por cortesía de Venus Products, Inc.)

Se debe sostener la pistola en una mano y el extremo de la pértiga en la otra. Así se controla el arrastre y las sacudidas de la pértiga y se pueden hacer movimientos rápidos y flexibles con la mano de la pistola. La mejor secuencia es hacer barridos horizontales como si aplicáramos pintura con pistola. No deje que se acumule mucho con cada pasada, ya que cuanto más mezcla se superponga, más probable es que la capa quede desigual. Mantenga la pistola a entre 61 y 102 cm del molde. El operario de la pistola debe mantener sus manos limpias. Es aconsejable que disponga de un recipiente con acetona limpia en la base de la pértiga.

Otros operarios ayudan al de la pistola, por ejemplo moviendo los moldes, posicionándolas y realizando otras operaciones más o menos complicadas. Dado que los laminadores trabajarán justo al lado, esta es la mejor forma de mantener la pistola funcionando la mayor parte del tiempo. Si la pistola trabaja a menos de 4,9 kg/cm<sup>2</sup> (70 psi), tendrá tendencia a atascarse. El operario tendrá que introducir el dedo en la parte delantera de la tapa y desenrollar el rollo de goma. Para comenzar con la lana de vidrio, se puede doblar e introducir en la guía, luego debe acoplarse al rollo de goma con un ligero giro, lista para funcionar, sin retirar la tapa.

La fibra queda levemente orientada en posición vertical o paralela a los ventiladores de resina. Esto es válido para todas las pistolas. Esto se puede utilizar como ventaja con el patrón MOLDEADOR DE PULVERIZACIÓN. Haciendo barridos hasta la brida de un molde formará un depósito en el borde con muy poco exceso. Las fibras también deben orientarse para reducir al mínimo las fracturas o roturas en los bordes. Se puede hacer una pasada para reforzar los bordes, en forma de pasada rápida a lo largo del borde, orientando el patrón en la dirección estrecha (vertical, en vez de la posición normal horizontal). Para evitar casi por completo el exceso de mezcla y los residuos, haga la pasada habitual hasta el borde del molde, sin rebasarlo, y a continuación haga las pasadas necesarias para reforzar el borde. Cuando se haya hecho la primera pasada con los rodillos impregnantes, aplique presión suficiente para arrastrar el laminado hacia el borde. Se puede forzar al laminado a deslizarse lo suficiente sobre el primer rollo como para obtener el grosor completo en el borde. Con un poco de práctica se consigue una bandeja prácticamente sin exceso y un reborde de unos 19 mm para recortar. Las pruebas de tracción muestran por lo general una diferencia de entre un 15 y un 25% debido a la orientación. Esto es válido para todas las pistolas y virutas. Las consideraciones del diseño pueden utilizar esta orientación como una ventaja, aumentando la resistencia en la dirección deseada sin aumentar el peso. Esta pistola que se utiliza con una sola mano se puede ajustar a 900 para realizar lapeados cruzados y vencer la orientación. Se puede conseguir una impregnación más rápida pulverizando una capa de resina antes de colocar la fibra. Esto es especialmente deseable si se trabaja junto a una capa de gel para evitar que se formen burbujas de aire. Ya que se dispone de un suministro centralizado de resina catalizada, el operario puede apoyar las boquillas contra la pared interior de un cubo y verter resina que se puede utilizar en labores diversas del taller que requieran resina catalizada. Si la presión es excesiva o no sujeta la boquilla contra la pared del cubo, se puede producir una salpicadura. Los laminadores deben tener un rodillo en cada mano a la hora de impregnar con rodillos pequeños, de entre 5,1 y 7,6 cm, uno para compactar y empapar las fibras, y otro rodillo para extraer el aire remanente y finalizar el laminado. Con un poco de práctica, se pueden usar ambos simultáneamente. Los rodillos de mayor tamaño (de 5,1 x 17,8 cm y 5,1 x 22,9 cm) deben utilizarse con un mango y con ambas manos para ejercer más presión y conseguir un laminado rápido y eficaz.

## Control de calidad

La proporción vidrio-resina se puede determinar realizando varias pruebas previamente o con pruebas de quemado. Una vez que el responsable haya determinado la cantidad de vidrio por pieza, el operario de la pistola debería acercarse al peso nominal con un margen del 2% tras realizar cinco piezas. Antes de fabricar una pieza, ajuste el cursor rojo de la escala a la cantidad de vidrio que es necesario pulverizar a cada pieza. La escala muestra en todo momento cuánto vidrio debe aplicarse y ofrece al operario una medición inmediata, con lo que se reduce el periodo de formación. Un uso eficaz de la escala contribuye a la calidad de las piezas, con un control muy estrecho del peso, lo que reduce los costes. No siempre se valora este sencillo dispositivo en su justa medida. El personal puede confiarse en exceso y no lograr utilizarlo y como consecuencia, perder el control. Durante las primeras ocasiones en que el operario utilice la pistola, es aconsejable que le acompañe un supervisor que le instruya en el funcionamiento. El supervisor puede vigilar el peso del vidrio y avisar al operario hasta que éste «coja el tranquilo». También puede observar el patrón y realizar ajustes para que se alcancen las características deseadas. Es muy importante que la plantilla se familiarice con las variaciones de material y equipos. La experimentación es valiosa para mantener el control de calidad. El MOLDEADOR DE PULVERIZACIÓN es meramente una herramienta. El partido que se le saque depende, en gran medida, de la pericia con que se utilice.

Se debe controlar la temperatura de la resina y la temperatura ambiente del laminado. Así se evita quedarse sin resina o que cure de forma inadecuada, y la producción será más rápida y de mejor calidad. Las características del MOLDEADOR DE PULVERIZACIÓN exigen el uso de un tratamiento de lana más suave que otros sistemas de aplicación con pistola. El sistema sin aire no dispone de mucho aire a alta presión para esparcir ampliamente las fibras, sino que quedan atrapadas entre los ventiladores de la resina y se impulsan hacia adelante, humedecidas por completo. Las fibras más suaves empapan más rápido y brindan un patrón más amplio y adecuado para conseguir refuerzos uniformes con menos orientación de las fibras. Se pueden producir puntos blandos si una boquilla se atasca y solamente se pulveriza una parte de la resina, o si el operario no mantiene la pistola a la distancia adecuada para que las dos resinas converjan en el punto de impacto. El desequilibrio de los ventiladores también puede contribuir a que esto ocurra. La resina y los catalizadores o promotores se deben mezclar antes de introducir las bombas en los contenedores, de lo contrario las bombas impulsarían resina que no cura. Puede resultar conveniente realizar algunos estudios y análisis de las piezas fabricadas para utilizar como ventaja la posible orientación de la fibra en diversas zonas del producto. El responsable debe elegir cuidadosamente a la persona más adecuada de su plantilla para manejar la pistola. Si tiene buena coordinación, cuida razonablemente el equipo y es concienzudo respecto a la calidad, la operación resultante se desarrollará de manera fluida y económica. Un excelente control de calidad reducirá los costes al mínimo y contribuirá a que la empresa esté saneada, sea rentable y competitiva, y tenga una reputación que la haga crecer y expandirse en el futuro.

*Para conocer las precauciones que adoptar y otras informaciones relativas al manipulado y exposición a este producto, consulte la correspondiente ficha de datos de seguridad del material, publicada por Aristech Surfaces LLC.*

Estas instrucciones se basan exclusivamente en la experiencia con los productos de Aristech Surfaces. La experiencia con los productos de otros fabricantes queda específicamente excluida. Para la mayoría de los usos, compruebe que cuenta con la aprobación de la normativa local y realice pruebas de adecuación para su aplicación. Estos procedimientos, técnicas y materiales propuestos solamente deben utilizarlos personas que cuenten con la formación adecuada en materia de manipulado seguro de los productos químicos y del equipo con que vayan a trabajar. No utilice disolventes aromáticos, limpie con un jabón suave y agua. No utilice productos abrasivos. Estas sugerencias se basan en una información considerada fiable. Sin embargo, Aristech Surfaces no ofrece ninguna garantía, promesa o representación, ni asume obligación o responsabilidad alguna, en lo referente a la absoluta exactitud o suficiencia de lo arriba expuesto, ni tampoco asegura que, en condiciones o circunstancias particulares, no sean necesarias medidas adicionales o de otro tipo.

