La extrusión de materiales poliméricos.

El procesado por extrusión se basa en comprimir el material y hacerlo fluir a través de una matriz para generar un producto con una sección transversal determinada.

Este tipo de proceso de fabricación de productos con materiales poliméricos constituye la base sobre la que se han desarrollado otro tipo de procesos que emplean variantes del equipo básico de extrusión (moldeo por inyección, extrusión-soplado).

Asimismo, algunos de los productos obtenidos por extrusión son empleados como materia prima en otros tipos de procesos para la fabricación de productos (termoconformado).

La extrusión de materiales poliméricos.

Se pueden distinguir 3 clases de extrusión, que básicamente se diferencian en el tipo de materia prima que se emplea y en el uso del producto extruido.

Extrusión seca | Extrusión húmeda | Hilatura

Desde el punto de vista operativo, a su vez, se distinguen 2 modalidades, que atienden al tipo de equipo que se emplea para forzar la salida del material a través de la boquilla de extrusión.

Extrusoras de tornillo | Extrusoras de pistón

La extrusión de materiales poliméricos.

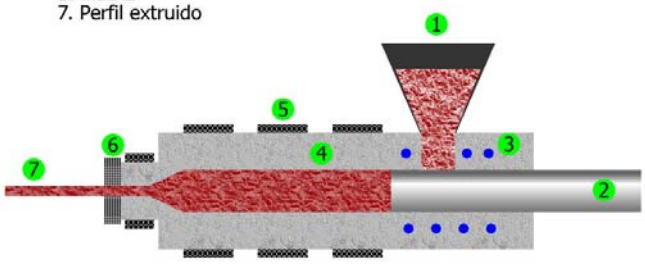
La extrusión húmeda sólo es propia de máquinas de pistón, aplicándose a aquellos casos en los que el material tiene un disolvente o plastificante líquidos (nitrato de celulosa, acetato de celulosa).

La extrusión seca es el procedimiento más empleado, siendo las extrusoras de tornillo las más usuales y restringiéndose las de pistón a la extrusión de termoestables, materiales sensibles a la temperatura y PTFE.

En este caso el material es calentado hasta el punto de fluidez adecuado para producir su salida por la boquilla.

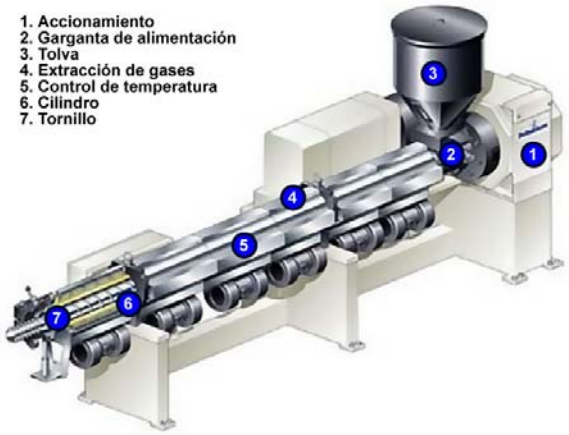
Extrusora de pistón.

1. Tolva
2. Pistón
3. Circuito refrigeración
4. Cilindro
5. Camisa calefactoras
6. Matriz
7. Perfil extruido



Extrusora de tornillo.

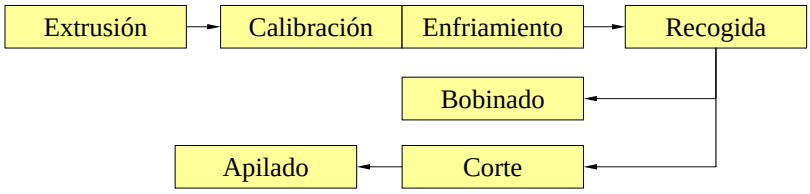
1. Accionamiento
2. Garganta de alimentación
3. Tolva
4. Extracción de gases
5. Control de temperatura
6. Cilindro
7. Tornillo



Extrusora de tornillo.

La instalación típica de extrusión.

El material extruido por la extrusora es preformado por la matriz de extrusión y sale de máquina a la temperatura de procesado del material. Por estos motivos se precisa de una instalación posterior que ajuste las dimensiones del producto, lo enfríe hasta la temperatura ambiente y lo almacene y recoja para su uso.



La instalación típica de extrusión.

Los distintos elementos que conforman la instalación son variables y dependen del tipo de producto que se desea obtener. Como consecuencia de ello, las instalaciones que se disponen a continuación de la extrusora son específicas de cada tipo de perfil extruido (láminas, películas, recubrimientos, etc.)

No obstante, como norma general el grado de importancia que cada elemento tiene en la buena calidad del equipo extruido se resume en el siguiente esquema:

Equipo auxiliar de enfriamiento, arrastre y recogida (50%)	Extrusora (25%)	Material y sus propiedades (25%)

La instalación típica de extrusión.

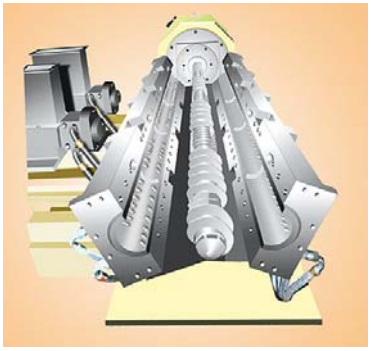
El ajuste de dimensiones y el enfriamiento del material se efectúa normalmente de forma simultánea mediante los calibradores

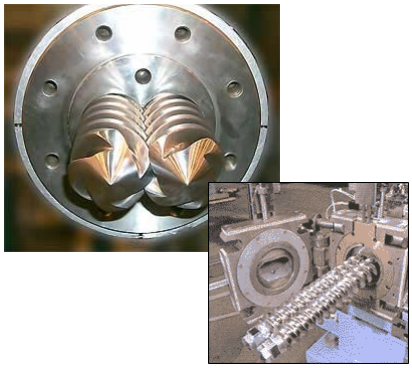
La instalación típica de extrusión.

Los perfiles calibrados y enfriados se retiran del interior de los calibrados mediante equipos de arrastre, que pueden simultáneamente efectuar ciertos postprocesados al perfil extruido.

El equipo de extrusión de tornillo.

Las extrusoras empleadas en la actualidad son la de tornillo, pudiendo ser de un único husillo o husillos múltiples, en función de su aplicación.

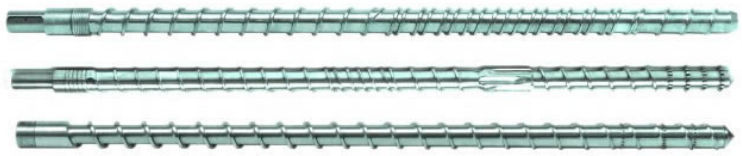




El equipo de extrusión de tornillo.

Los husillos tienen una geometría especifica en función del tipo de máquina y del tipo de material extruido.

Monohusillo



Doble husillo

El equipo de extrusión de tornillo.

Los parámetros característicos de las extrusoras de tornillo son:

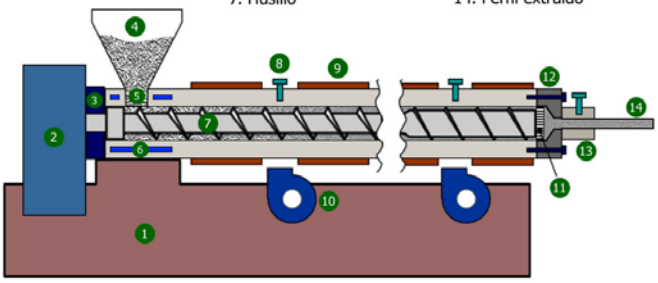
Diámetro del husillo.
Caracteriza la capacidad de producción del equipo y oscila entre los 18 mm (laboratorio), 200 mm (producción de perfiles) y 600 mm (preparación de blends y producción de materias primas).
La producción, aunque depende de otros parámetros, puede oscilar entre los 2 kg/h para 25 mm y los 450 kg/h para 200 mm.

Relación longitud/diámetro del husillo.
Caracteriza el tipo de material que se puede emplear y las fases que puede incluir en su fabricación, pudiendo oscilar entre valores de 16:1 y 30:1.

El equipo de extrusión de tornillo.

Los componentes básicos de la extrusora de tornillo son los siguientes.

1. Bancada
2. Motor y transmisión
3. Cojinete de empuje
4. Tolva
5. Garganta de alimentación
6. Refrigeración garganta
7. Husillo
8. Termopar
9. Camisas calefactoras
10. Ventiladores refrigeración
11. Filtro y plato rompedor
12. Cabezal
13. Matriz
14. Perfil extruido



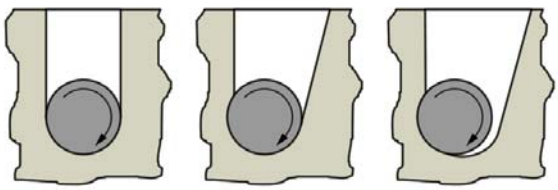
El sistema de accionamiento.

El accionamiento de las extrusoras se basa en un motor de velocidad variable y un mecanismo de transmisión de engranajes, que permite hacer girar el husillo dentro de un rango de velocidades. Dicha velocidad debe ajustarse al tipo de material y matriz empleado en cada ocasión.

La transmisión ataca el husillo por el extremo, de forma que el husillo se apoya en un cojinete que soporta el empuje axial que el material provoca sobre el husillo al fluir hacia la salida del cilindro.

La garganta de alimentación.

La entrada de material al husillo tiene lugar por la garganta de alimentación desde la tolva. Dicha garganta debe tener la forma adecuada para permitir la entrada del material en función de la forma de la materia prima (polvo, granza, tiras/láminas).



El cilindro.

El cilindro proporciona una de las superficies que genera la cizalladura del material y permite la transmisión de calor desde/hacia el material.

Aunque los ratios L/D oscilan entre 16:1 y 30:1, son habituales los ratios entre 20:1 y 24:1, siendo preferibles los cilindros de mayor longitud para permitir la correcta fusión del material.

El cilindro está fabricado con materiales de elevada resistencia al desgaste por fricción en caliente y con una buena resistencia a la corrosión.

A su alrededor, se disponen los elementos calefactores y refrigeradores que proporcionan la temperatura adecuada del polímero en las distintas zonas.

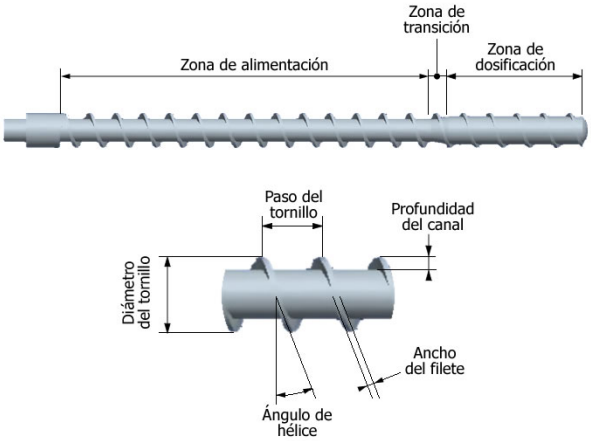
El tornillo.

El husillo de la extrusora puede ser considerado como el componente principal de la extrusora, ya que debe conducir el material sin fundir desde la garganta de alimentación hasta la matriz de extrusión, con un régimen de salida uniforme, a la temperatura adecuada y con una total homogeneidad.

Para cumplir esta función, los tornillos presentan una gran variedad de diseños, con características específicas en función del tipo de material a extruir y del tipo de operación a realizar con el material (preparación de materiales, mezclas, extrusión de perfiles). No obstante, todo diseño de tornillo precisa de 3 partes básicas:

Zona de alimentación | Zona de transición | Zona de dosificación

El tornillo.



El tornillo.

La zona de alimentación tiene por objeto el calentamiento del material hasta su temperatura de fusión y su transporte hacia la sección siguiente.

La zona de dosificación es la encargada de homogeneizar el material fundido y conseguir el caudal uniforme y adecuado a la salida del cilindro.

La zona de transición o compresión aprovecha el cambio de la sección del canal para provocar la compresión del material (del orden de 2 a 4 veces más que en la zona de alimentación) e impedir que el material no fundido pase a la zona de dosificación.

El tornillo.

Una diferencia significativa surge entre los husillos de extrusión de perfiles y los husillos de preparación y mezcla de materiales (tornillos tipo torpedo o plastificadores).

Los primeros están preparados para generar la presión necesaria para vencer la resistencia que la matriz opone a la salida del material, mientras que los segundos están diseñados para generar el máximo caudal de salida, con una homogeneidad adecuada, no produciendo apenas trabajo mecánico.

El tornillo.

Tornillo de paso constante y profundidad de canal distinta

Tornillo de paso constante y profundidad de canal variable

Tornillo de paso variable y profundidad de canal constante

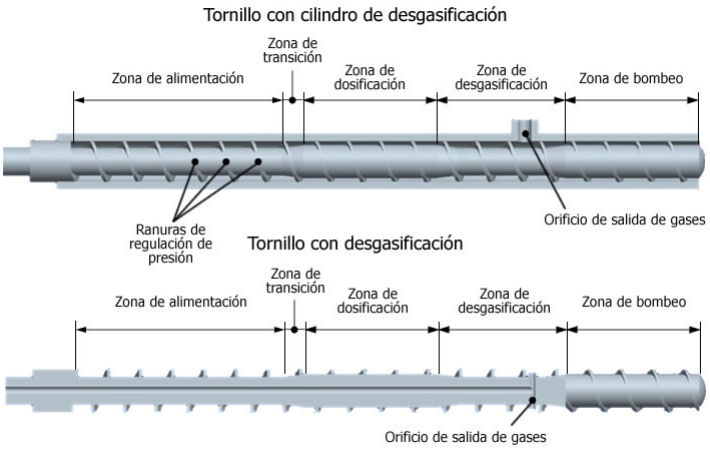
Tornillo de paso constante y torpedo liso

El tornillo.

En aquellos casos en los que el material presenta gran cantidad de gases/vapores durante el proceso de extrusión (humedad, disolventes, gases absorbidos), se hace necesario la extracción de los mismos antes de que salga el material por la boquilla.

Para esto, se emplean los tornillos con cilindro de desgasificación o los tornillos con desgasificación, que disponen de dos zonas a continuación de la de dosificación para facilitar la salida de los gases una vez el material ha sido comprimido (zona de desgasificación y zona de bombeo).

El tornillo.



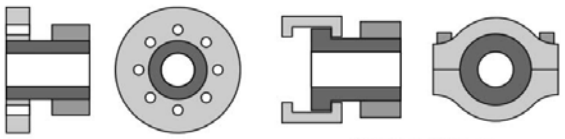
El cabezal.

El cabezal es el elemento situado entre el cilindro y la matriz, teniendo como misión el adaptar esta última al cilindro, permitir su sustitución y alojar en su interior el plato rompedor y el filtro.

El sistema de montaje de cabezal debe permitir su apertura con facilidad, ya que de ello depende el cambio de matriz, de los elementos internos y la limpieza del cilindro.

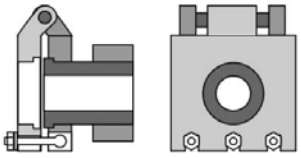
El diseño del cabezal debe facilitar la salida del material, siendo norma general que el ángulo de salida sea tanto más agudo cuanta mayor es la viscosidad del material.

El cabezal.



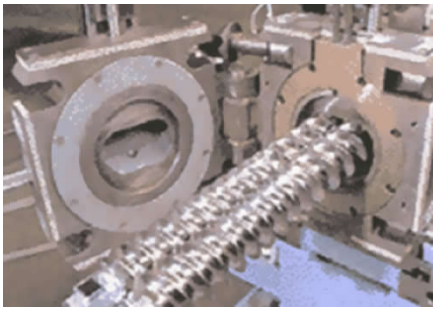
Cabezal con sistema de brida con tornillos y tuercas

Cabezal con sistema de mordazas

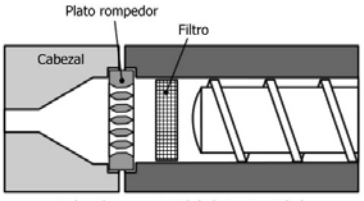


Cabezal con sistema de charnela o bisagra

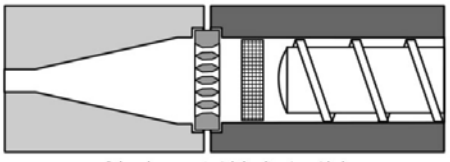
El cabezal.



El cabezal.



Cabezal para material de baja viscosidad



Cabezal para material de alta viscosidad

El cabezal.

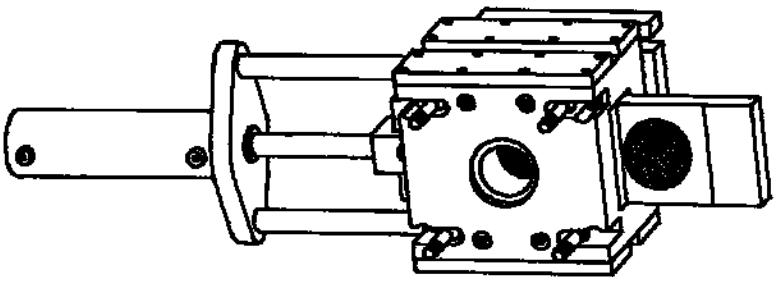
El plato rompedor tiene por misión la rotura del flujo del material procedente del husillo, de forma que adopte una dirección axial (y no helicoidal, tal y como tiene al salir del husillo).

Su diseño no debe presentar zonas muertas que provoquen la detención del material y debe permitir el paso del material con el mínimo rozamiento posible.

Entre el husillo y el plato se sitúa el filtro o paquete de mallas, que impide el paso de impurezas o material no fundido hacia el cabezal. Este filtro debe sustituirse periódicamente para evitar problemas de salida del material.

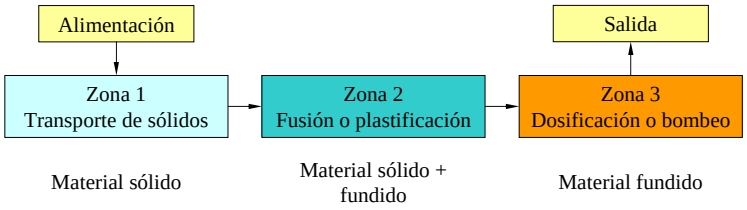
El cabezal.

Sistema automático de cambio de filtro.



El funcionamiento de la extrusora.

El material procesado en la extrusora desde su entrada en forma de granza, polvo, escamas, etc. hasta su salida en forma de plástico fundido y muy viscoso, evoluciona por varios estados físicos que definen tres zonas dentro del husillo.



El funcionamiento de la extrusora.

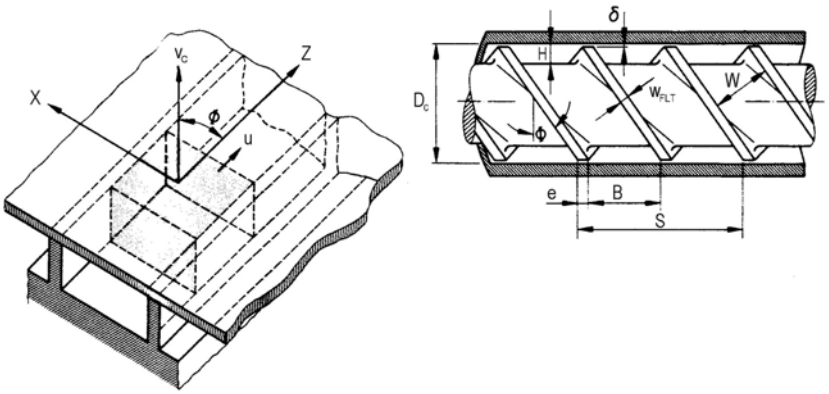
El comportamiento global de la extrusora depende del comportamiento del material en cada una de las zonas, de forma que si:

• $Q_1 < Q_3$ ó $Q_2 < Q_3$ se dice que el tornillo trabaja en vacío y que el material extrusionado sea de mala calidad, ya que a la zona de dosificación le llega el material en cantidad insuficiente.

•$Q_1 > Q_2 > Q_3$ se dice que la zona de dosificación controla la situación y el material extrusionado tiene buena calidad, ya que a la zona de dosificación le llega el material en cantidad suficiente. No obstante, no es recomendable que las desigualdades sean excesivas, ya que se pierde el control en la zona de dosificación.

El funcionamiento de la extrusora.

El esquema del flujo de material en el seno de la extrusora se resume en la figura siguiente:



El funcionamiento de la extrusora.

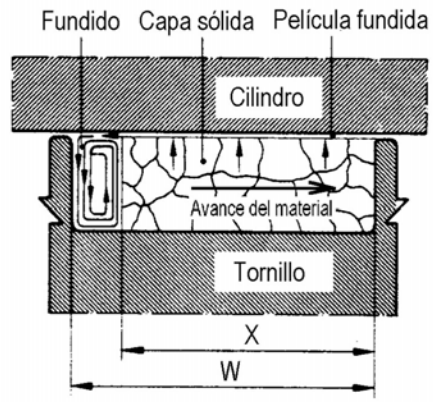
Conforme avanza el material, las partículas se van compactando y tienden a moverse como una masa maciza, al tiempo que se calienta y funde de forma progresiva.

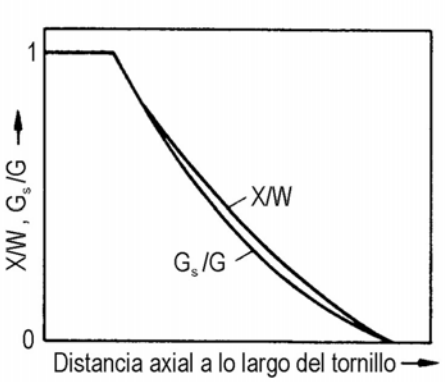
La fusión del material se produce a través de dos mecanismos:

• Por aporte de calor externo mediante el sistema de calefacción.

• Por disipación viscosa (fricción interna del material en el seno del tornillo) y rozamiento con las paredes del husillo y cilindro.

El funcionamiento de la extrusora.





Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de extrusión de perfiles

Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de extrusión de perfiles

Instalaciones de extrusión.

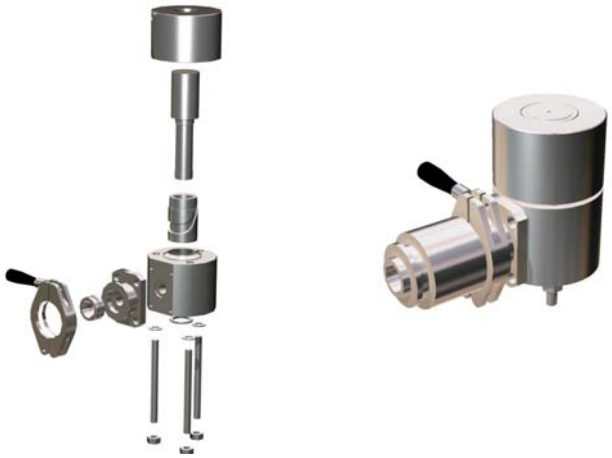
Instalación típica de extrusión de perfiles

Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de extrusión de película

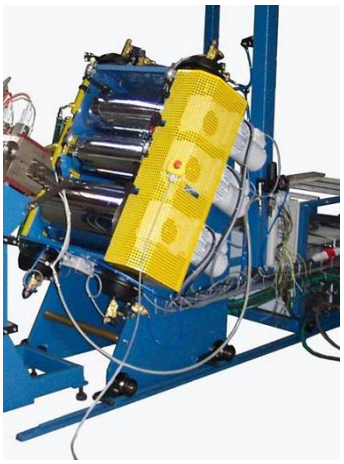
Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de extrusión de película



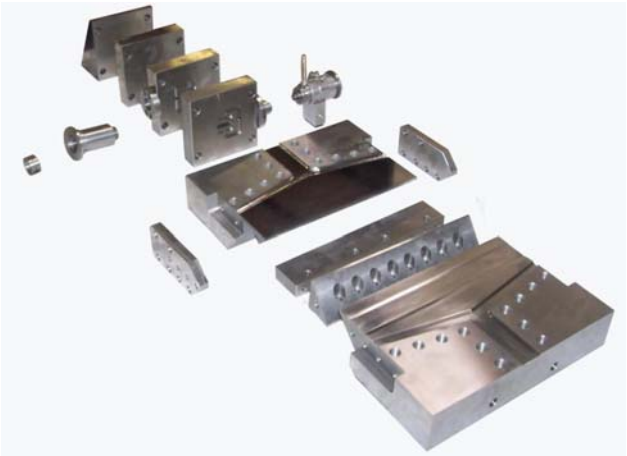
Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de extrusión de láminas



Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de extrusión de láminas



Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de extrusión de láminas

Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de extrusión de láminas

Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de recubrimiento de cables

Instalaciones de extrusión.

Instalación típica de recubrimiento de cables