

TALLER DE CNC CAD/CAM 5° AÑO

INTRODUCCIÓN AL CNC CAD/CAM

En el ambiente de control numérico, se define a un sistema controlado numéricamente, como una máquina o proceso controlado por un programa. El programa está formado por un conjunto de números y letras que siguen un estándar por la EIA (Electronic Industries Association) ó la ISO (International Standards Organization).

La evolución del control numérico desde el manejo de cintas de papel perforadas para la codificación del programa, hasta el manejo de sistemas CAD/CAM ha dado origen a la necesidad de conocer diferentes áreas y terminologías; algunos ejemplos son los siguientes:

- CAD: Computer Aided Design (Diseño asistido por computadora).
- CAM: Computer Aided Manufacturing (Manufactura asistida por computadora).
- NC: Numerical Control (Control numérico).
- CNC: Computer Numerical Control (Control numérico computarizado)

El control numérico involucra diferentes áreas de conocimiento que son necesarias para el mejor aprovechamiento de la tecnología disponible, dichos conocimientos están íntimamente relacionados y se vuelve imperiosa la necesidad de manejarlos de manera simultánea.

La responsabilidad de un técnico de procesos o de manufactura, generalmente tiene relación con la interpretación del diseño que se presenta en el dibujo de la pieza, la elección de la herramienta de corte, la generación del programa óptimo de NC, su verificación y puesta a punto para la corrida de producción.

Actualmente, en la industria es frecuente el uso de programas para computadora que ayudan, facilitan y simplifican el trabajo.

Principios de CAD/CAM

Este capítulo trata sobre el diseño asistido por computadora (CAD, Computer Aided Design) y la manufactura asistida por computadora (CAM, Computer Aided Manufacturing). Con estas herramientas informáticas se diseñan las piezas y se realizan cálculos muy confiables sobre sus dimensiones, pesos, esfuerzos y centros de gravedad sin tener que realizarlas físicamente. Permite reducir el costo y el tiempo necesario para la fabricación de cualquier pieza. Por medio del CAM se consigue programar la maquinaria utilizada en los procesos productivos, reduciendo los tiempos necesarios para el cambio de series.

Conceptos

Cronológicamente, los sistemas CAD fueron los primeros en aparecer, luego aparecieron los CAM y finalmente se llegó al concepto CIM (Computer Integrated Manufacturing); Esto ocurrió así debido a que cada nuevo sistema se basó en el anterior o al menos lo usó como base.

Muchos de los sistemas CAD/CAM en uso están diseñados y pensados para automatizar funciones manuales, independientemente de si la función en particular que cumplirán será un análisis de ingeniería, diseño conceptual, dibujo, documentación o la programación de la maquinaria de manufactura e inspección.

Tecnología CAD

Es un sistema que incorpora uno o más computadoras para realizar algunas de las funciones y los cálculos necesarios en el proceso de diseño.

La principal característica de un sistema CAD es que permite diseñar en forma interactiva y al mismo tiempo facilita la definición y construcción de una base de datos que alimenta todo el sistema de información interno de una empresa. Otro aspecto importante es la abolición del papel para los diseños realizados, ya que se pueden almacenar en medios ópticos y/o magnéticos.

Este sistema utiliza varias tecnologías como son sistemas gráficos para computadora, CAE (Computer Aided Engineering) que se utiliza para evaluar y efectuar el análisis de ingeniería de una pieza.

Tecnología CAM

Es un sistema que incorpora una o más computadoras para llevar a cabo tareas de organización, programación y control de las operaciones necesarias para la manufactura del producto, se encarga de la utilización de la informática en la automatización y control de los procesos de producción desde el control de máquinas herramientas hasta la gestión de producción, almacenamiento y transporte.

Este sistema incluye tecnologías que emplean: Máquinas - herramientas controladas numéricamente (MHNC), Sistemas Flexibles de Manufactura (FMS) e inspección asistida por computador.

Un FMS es un sistema integrado que incluye distintas tecnologías de automatización para obtener flexibilidad en las operaciones de un taller de trabajo, disminuyendo el costo de la producción.

La inspección asistida por computadora recopila automáticamente la información del control de calidad y la analiza estableciendo informes estadísticos, aislando problemas del proceso de producción. La tecnología CAM está relacionada con la robótica.

La tecnología CAM tiene ventajas en cuanto a la productividad de la fuerza de trabajo, mejor calidad del producto y menor tiempo de preparación, además permite:

- Extracción automática de información de los dibujos CAD para poder realizar la conversión a programas de control numérico y robots.
- Planeación automática de procesos.

- Diseño y operación de pruebas y medidas automatizadas a las piezas y ensambles para garantizar de esta manera la calidad de los productos.

Al implementar un sistema CAD/CAM se obtienen los beneficios siguientes:

- Disminución del ciclo de producción
- Integración de la ingeniería a funciones como el diseño, análisis y manufactura
- Incrementa la productividad
- Disminuye tiempos de dirección de procesos
- Planeación eficiente y control de la calidad
- Mejora el control de procesos de producción
- Reducción de costos de producción
- Precios más competitivos de los productos ofrecidos
- Mayor precisión y rapidez durante la creación de diseños.

Sistemas CAD/CAM

La implementación de sistemas CAD/CAM es una decisión fundamental que depende de la tecnología que se necesitará en una empresa-trabajo en particular. Si el trabajo que se realizará es una sola pieza, que a largo plazo solo sufrirá pequeñas modificaciones, se necesitará un sistema CAD simple; en cambio, si se habla de productos con múltiples piezas y con necesidad de intercambiabilidad, estamos hablando de una computadora con mayores prestaciones y un software más potente.

En el mundo del CAD/CAM, el primer foco está apuntando a la geometría del diseño.

Es al mismo tiempo, la herramienta con la que el sistema se construye y la primera constante en cualquiera de sus aplicaciones. Muchos sistemas CAD/CAM disponibles están confinados a la creación de diseños y dibujos a través de los gráficos de una computadora. Otros proveen un juego más comprensivo de herramientas y geometría, tal y como lo permite la geometría actual. En la figura 1.1 se muestra un esquema de cómo opera un sistema CAD/CAM.

El modelado en tres dimensiones (3D) es la puerta de entrada a un ambiente CAD/CAM completo; a pesar de que los sistemas 3D no son ocupados necesariamente para todos los ambientes de diseño, ingeniería y manufactura, muchos de los sistemas tridimensionales CAD/CAM pueden replicar las funciones de sistemas 2D y 3D si así se requiere. El modelado por sólidos es el último método de diseño de geometría para el ambiente CAD/CAM.

Aplicaciones

La base de cualquier sistema CAD/CAM es la plataforma de software usada en generar y documentar el modelado de una parte o documento y es el llamado corazón del sistema.

Es a través de aplicaciones que la verdadera eficiencia de los sistemas CAD/CAM en términos de ahorro en producción y costos relacionados con el proceso se pueden ver realizadas.

Las aplicaciones en el ambiente CAD/CAM pueden ser clasificadas en: Función, Diseño, Análisis, Documentación, Planeación de producción, Manufactura, Control de calidad, Simulación, Soporte logístico, etc.

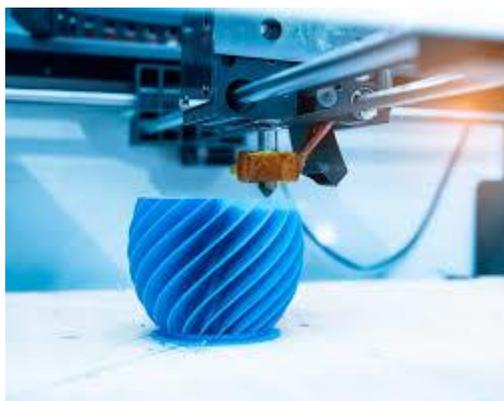
Al manejar aplicaciones de manufactura, el proceso se puede dividir en dos categorías: generación y uso. Lo más importante es la generación de datos, y su transmisión está en manos de la correcta implementación del CAM, el cual en el sistema CAD/CAM implica que el diseño y la manufactura están estrechamente ligados. La idea es que el CAM utilice los datos generados por el CAD adecuadamente.

El rango y la profundidad de las aplicaciones CAM varían hoy enormemente y abarcan desde máquinas herramientas relativamente simples hasta aquellas altamente automatizadas que predominantemente se manejan a través de gráficos y generación de superficies.

Una lista parcial de aplicaciones actuales de manufactura con CAD/CAM se presenta a continuación:

Oxicorte, taladrado, perforado, maquinado, soldado, colocación y ensamble de piezas, diseño de herramientas, diseño de moldes, doblado de tubos, extrusión, estampado y embutido, programación de robots, impresión de tableros de circuitos y recubrimiento de cables.

IMPRESIÓN 3D



INTRODUCCIÓN

La impresión 3D es una tecnología innovadora que permite crear objetos físicos a partir de modelos digitales, utilizando distintos materiales como plásticos, resinas o metales. Esta herramienta, que hace unos años parecía futurista, hoy está al alcance de escuelas, laboratorios y pequeñas empresas, y está transformando profundamente sectores como la medicina, la arquitectura, el diseño industrial y la educación.

Incorporar contenidos sobre impresión 3D en la escuela secundaria tiene como objetivo acercar a los estudiantes al mundo de la tecnología aplicada, fomentando el pensamiento creativo, la resolución de problemas y el diseño. A través de esta herramienta, los alumnos no solo pueden imaginar ideas, sino también **verlas materializadas**, lo cual promueve el aprendizaje activo, significativo y basado en proyectos.

En el contexto educativo, la impresión 3D permite trabajar de manera transversal con diversas áreas del conocimiento: matemática (mediciones, geometría), arte (diseño y estética), tecnología (software de modelado y funcionamiento de la impresora) y ciencias naturales (materiales, estructuras, sostenibilidad). Además, estimula habilidades del siglo XXI como la innovación, el trabajo en equipo y la autonomía.

En un mundo cada vez más digital y automatizado, conocer el funcionamiento y las aplicaciones de la impresión 3D brinda a los estudiantes herramientas útiles para su futuro profesional, y los conecta con los desafíos y oportunidades del presente. Por eso, este apunte propone un primer acercamiento a esta tecnología, explorando sus fundamentos, usos y posibilidades creativas.

TÉCNICAS DE MANUFACTURA

Históricamente, han existido tres técnicas de manufactura bien difundidas. A las mismas las podemos clasificar como:

Manufactura Extractiva: Consiste en la remoción sucesiva y controlada de material, partiendo de una materia prima base, hasta obtener la pieza deseada. Ejemplos de este tipo de manufactura son la escultura a partir de bloques de granito, o bien procesos de mecanizado

CNC en los cuales se parte de un “bloque” metálico con sobrematerial y se lo trabaja por arranque de viruta hasta obtener la pieza deseada.

Manufactura por Fundición: Consiste en calentar nuestra materia prima hasta fundirla, para luego verter dicho fundente en un molde. Al enfriarse y solidificar, obtendremos nuestra pieza con la geometría del molde en el cual hemos vertido nuestra materia prima. Este método de manufactura se corresponde, por ejemplo, con la técnica utilizada para fabricar una barra de chocolate e infinidad de piezas de ingeniería en las cuales nuestro fundente es metálico, por ejemplo, acero o aluminio.

Manufactura por Conformado: La manufactura por conformado consiste en aplicar un esfuerzo mecánico a nuestra pieza para deformarla (conformarla) hasta la geometría deseada, sin aplicación de calor (al menos no hasta el estado líquido de la materia prima). Como ejemplo, podemos mencionar el trabajo manual con arcillas o procesos industriales como el estampado de chapas en los cuales, con ayuda de una matriz y una prensa hidráulica, una placa plana de metal adquiere otra forma compleja por aplicación de una gran fuerza mecánica.

Es momento ahora de introducir una cuarta técnica de manufactura, de surgimiento mucho más reciente que las tres anteriores. La misma se conoce como Manufactura Aditiva.

Manufactura Aditiva: La manufactura aditiva es una técnica de fabricación que consiste en la creación de objetos mediante la adición progresiva de material. Por la esencia del método productivo, la manufactura aditiva es un proceso en el cual se minimizan los desperdicios, y mediante el cual se pueden obtener diversas geometrías difícilmente alcanzables mediante métodos de manufactura tradicionales. Su contraparte es la manufactura extractiva. Resulta interesante destacar que estos procesos de manufactura son altamente automatizados, por lo cual suelen no requerir supervisión.

¿QUÉ ES LA IMPRESIÓN 3D?

Como bien se puede concluir del apartado anterior, la impresión 3D es un método de manufactura aditiva que consiste en la deposición controlada de material, hasta obtener cierta geometría deseada. Si bien existen varias técnicas diferentes de impresión 3D (las cuales veremos más adelante), algo en común en todas ellas es que la creación de objetos se da por la aplicación de sucesivas capas, una tras otra, las cuales hacen que el objeto impreso vaya “creciendo” según cierta orientación.

TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN 3D

En este apartado veremos una reseña de las diversas tecnologías de Impresión 3D existentes, para luego centrar el resto del alcance del curso en una de ellas.

IMPRESIÓN 3D SLA/DLP

La impresión 3D SLA, también conocida como estereolitografía, es un proceso de fabricación por adición que emplea una resina que cura mediante luz ultravioleta en un tanque, y un proyector láser ultravioleta para construir los objetos. Los objetos tridimensionales son obtenidos mediante la adición de finas capas, impresas una encima de otra. Cada capa es una sección transversal del objeto que el láser traza en la superficie de la resina, que es el material consumible. La resina líquida cura y se solidifica mediante la exposición al láser de luz ultravioleta, quedando así la capa recién solidificada pegada a la capa previa que existía debajo suyo.

Una vez que la capa a imprimir ha sido creada, la plataforma de elevación del equipo desciende una distancia equivalente al grosor de una capa de resina solidificada (típicamente entre 0.025 y 0.15 mm). En este momento, se deposita una capa fina de resina líquida entre el fondo de la cubeta y la pieza impresa, lista para ser solidificada. De esta forma se va creando, capa a capa, una pieza tridimensional. Una vez que la pieza tridimensional se ha completado, ésta se sumerge en un baño químico que retira el exceso de resina y, posteriormente, es curada en un horno de luz ultravioleta.

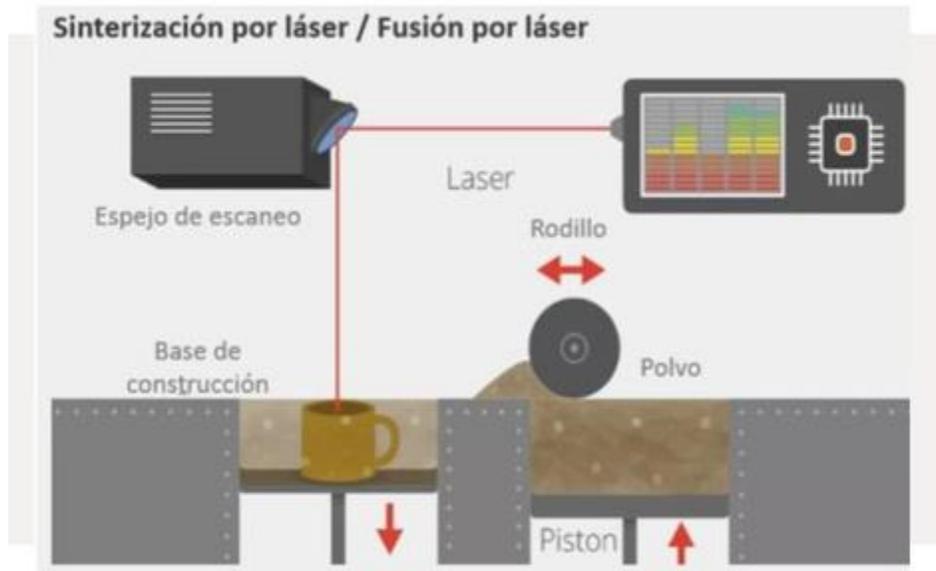
La estereolitografía necesita de estructuras para soportar la pieza a la plataforma de elevación de forma que se evite la deflexión de la pieza por gravedad. Los soportes suelen ser generados automáticamente durante la preparación del modelo en el software de impresión, aunque podrían requerir intervención manual.

Una variante de este tipo de tecnología, aunque con un principio similar, es la impresión DLP (Digital Light Projection). En este tipo de equipos, en vez de un proyector láser, en la parte inferior de la cubeta se tiene una pantalla LCD que emite “imágenes” de luz ultravioleta con la forma de la capa a solidificar. Es un enfoque que da excelentes resultados con costos de equipos mucho menores, aunque no todos los equipos DLP tienen la precisión de un proyector SLA al depender el tamaño mínimo de área a solidificar del tamaño de los píxeles de la pantalla LCD. Por ende, cuanto mayor resolución tenga dicha pantalla, resulta de mayor calidad la pieza obtenida.

IMPRESIÓN 3D SLS

El SLS (o Sinterizado Láser Selectivo) es una técnica de adición de prototipado rápido, utilizada para pequeños volúmenes de piezas que requieran ser funcionales, y cuyo principio básico de funcionamiento es el sinterizado de finos polvos para darle forma tridimensional a un objeto.

La producción de objetos mediante SLS requiere el uso de un láser de alta potencia (por ejemplo, un láser de CO₂) para fusionar pequeñas partículas de plástico, metal, cerámica o cristal en un objeto de geometría deseada.



El láser fusiona de forma selectiva material en forma de polvo en una cubeta mediante el barrido de finas capas transversales que van, así, generando el objeto tridimensional. La información dimensional de la pieza a imprimir proviene de un archivo informático que ha sido generado mediante software CAD o escaneado a partir de un objeto real. Una vez que la sección transversal, o capa, se van formando, la cubeta de polvo desciende una distancia equivalente al espesor de la capa formada, y una nueva capa de material base es añadida a la superficie. El proceso es así repetido tantas veces como capas se necesiten fundir hasta crear el objeto tridimensional.

El equipo SLS precalienta el material polvo base en la cubeta a una temperatura ligeramente inferior a la de fusión de dicho material. De esta forma hace que la fusión del material por calentamiento sea más sencilla.

Al contrario que en otros procesos de fabricación por adición, como la SLA y el FDM, la sinterización selectiva por láser no necesita de soportes ya que la parte sinterizada está todo el tiempo rodeada de polvo sin sinterizar que actúa de soporte.



Algunos equipos SLS usan un polvo de un único componente, como en el sinterizado directo de metal por láser. La mayoría de los equipos utilizan un polvobi-componente, típicamente polvo recubierto o una mezcla de polvos. Comparado con otros métodos de fabricación por adición, el SLS puede producir piezas a partir de un rango relativamente amplio de materiales de polvo. Estos incluyen polímeros como el Nylon (puro, con fibras de vidrio u otras fibras), o poliestireno, metales que incluyen acero, titanio, aleaciones y compuestos.

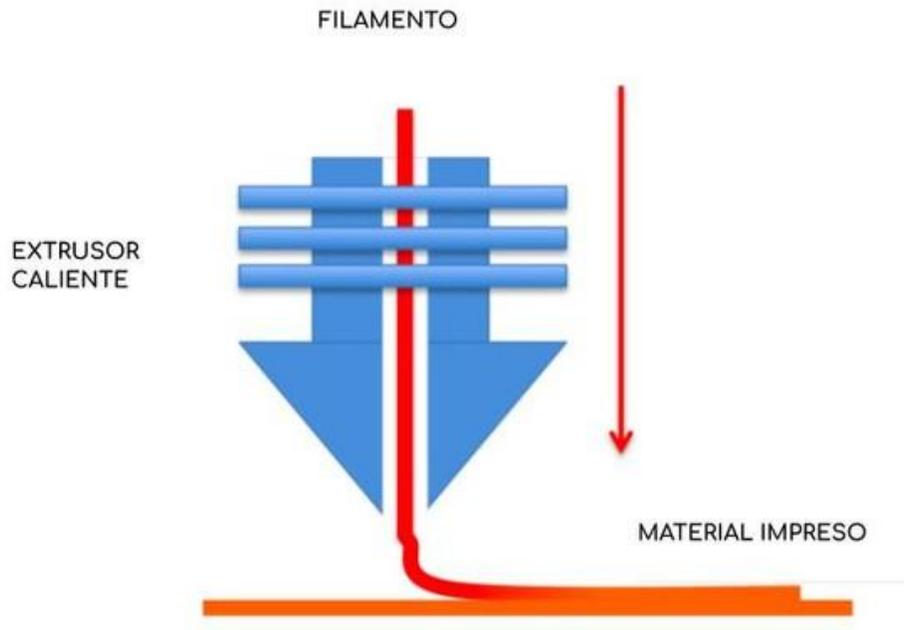
IMPRESIÓN 3D FDM

Esta tecnología, cuyas siglas provienen del inglés Fused Deposition Modeling o Modelado por Deposición Fundida, es considerada a menudo el método existente más sencillo, y es en la cual basaremos el alcance del presente curso de aquí en adelante.

La impresión FDM se basa en 3 elementos principales: una plataforma de impresión en la que se imprime la pieza, una bobina de filamento que sirve como material de impresión y un cabezal de extrusión a través del cual fluye el filamento. En resumen, el filamento es succionado y fundido por el extrusor de la impresora 3D, que deposita el material de forma precisa, capa por capa, sobre la plataforma.



Una vez que la plataforma calefaccionada y el pico del extrusor llegan a las temperaturas configuradas, comienza a extruirse un filamento de material sobre la plataforma a través de una boquilla que se mueve sobre 3 ejes (x, y, z) comandada por un código-G generado previamente en un software de impresión 3D. Al finalizar cada capa, la plataforma se separa del extrusor y comienza la impresión de la siguiente.



Durante la impresión, se pueden utilizar soportes para mejorar la calidad de ciertos modelos que serían difíciles de imprimir satisfactoriamente si no se utilizaran. Su función es apoyar las partes en voladizo del modelo sobre una estructura fina y fácil de remover una vez finalizada la impresión.

Estos soportes pueden estar hechos del mismo material que el objeto impreso o en un material que sea soluble en agua o demás soluciones. Algunas impresoras de este tipo incluso están equipadas con varios extrusores para combinar varios colores o materiales (por lo general la principal ventaja del doble extrusor es la posibilidad de aplicar materiales de soporte).

COMPONENTES DE LA IMPRESORA 3D

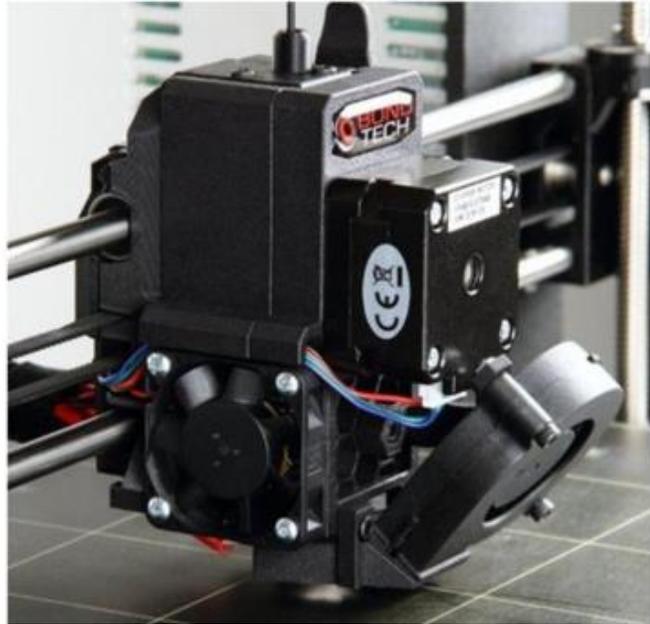
En este apartado, describiremos los principales componentes de las impresoras 3D por deposición de material fundido (FDM) y su rol en el proceso de impresión.

EL EXTRUSOR

El primer elemento a analizar, será el extrusor. Esta pieza es la encargada de actuar sobre el filamento para hacerlo avanzar o retroceder a través de la boquilla calefaccionada. En sus configuraciones más convencionales, el extrusor consiste en un motor Paso a Paso (el cual detallaremos más adelante), una polea dentada acoplada al mismo, y un pequeño rodamiento el cual a través de un resorte presiona el filamento contra la polea dentada, permitiendo que en su giro traccione sobre el material logrando su avance. Encontraremos dos tipos de extrusores en las impresoras:

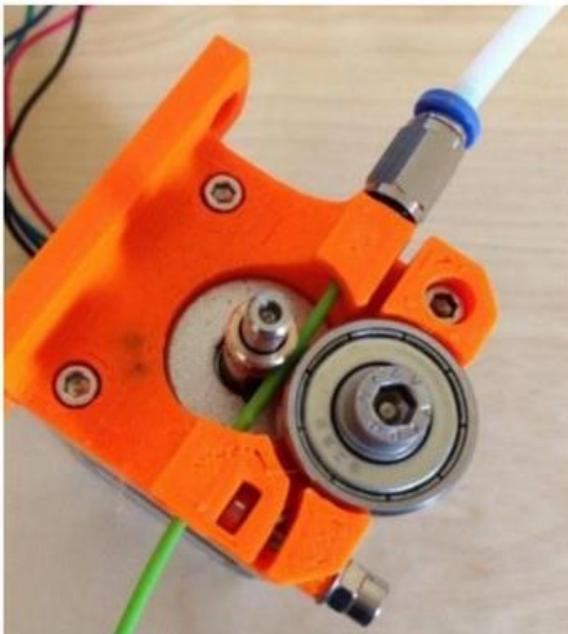
EXTRUSOR DIRECTO

Diremos que el extrusor es directo cuando el mismo está ubicado directamente sobre la boquilla calefaccionada (Hotend) y se mueve acoplado a la misma durante todo el proceso de impresión.



En un sistema de extrusor directo, el filamento es “tirado” por el motor, lo cual trae ciertas ventajas a la hora de imprimir materiales elásticos. Por otra parte, la adición del peso del motor y el extrusor al cabezal de la impresora, puede hacer que se pierda calidad a menos que se trabaje a velocidades de impresión bajas.

EXTRUSOR BOWDEN: En los sistemas de extrusor tipo Bowden, el extrusor propiamente dicho se encuentra fuera del carro de la impresora (generalmente acoplado a su estructura



fija) y está conectado al Hotend de la misma a través de un tubo de teflón, por dentro del cual se desplaza el filamento que el extrusor acciona.

A diferencia de los extrusores directos, los extrusores Bowden “empujan” el filamento desde atrás a través de la boquilla, por lo cual suelen no ser ideales para imprimir materiales flexibles pero dan excelentes resultados para otros plásticos más convencionales como el PLA, ABS o PETG, permitiendo mejorar las velocidades de impresión ya que se libera una gran cantidad de peso del cabezal al encontrarse el motor y extrusor fuera del mismo.

EL HOTEND

La boquilla de extrusión, conocida usualmente como Hotend (Extremo Caliente, en inglés) es la pieza en la cual el material se calienta hasta fundirse, cuando el extrusor lo hace fluir a través. El mismo se puede dividir, a su vez, en varias partes:

DISIPADOR: El disipador del hotend es una pieza de aluminio, reconocible por su “aletado”, cuya función es evitar que el material alcance temperaturas elevadas en la zona del hotend más alejada de la boquilla. Si el material llegara a fundirse muy “arriba”, se generarían condiciones adversas para la extrusión, provocando defectos en la impresión.

VENTILADOR: El ventilador del Hotend, suele ir acoplado al disipador, y su función es reforzar la refrigeración del mismo.

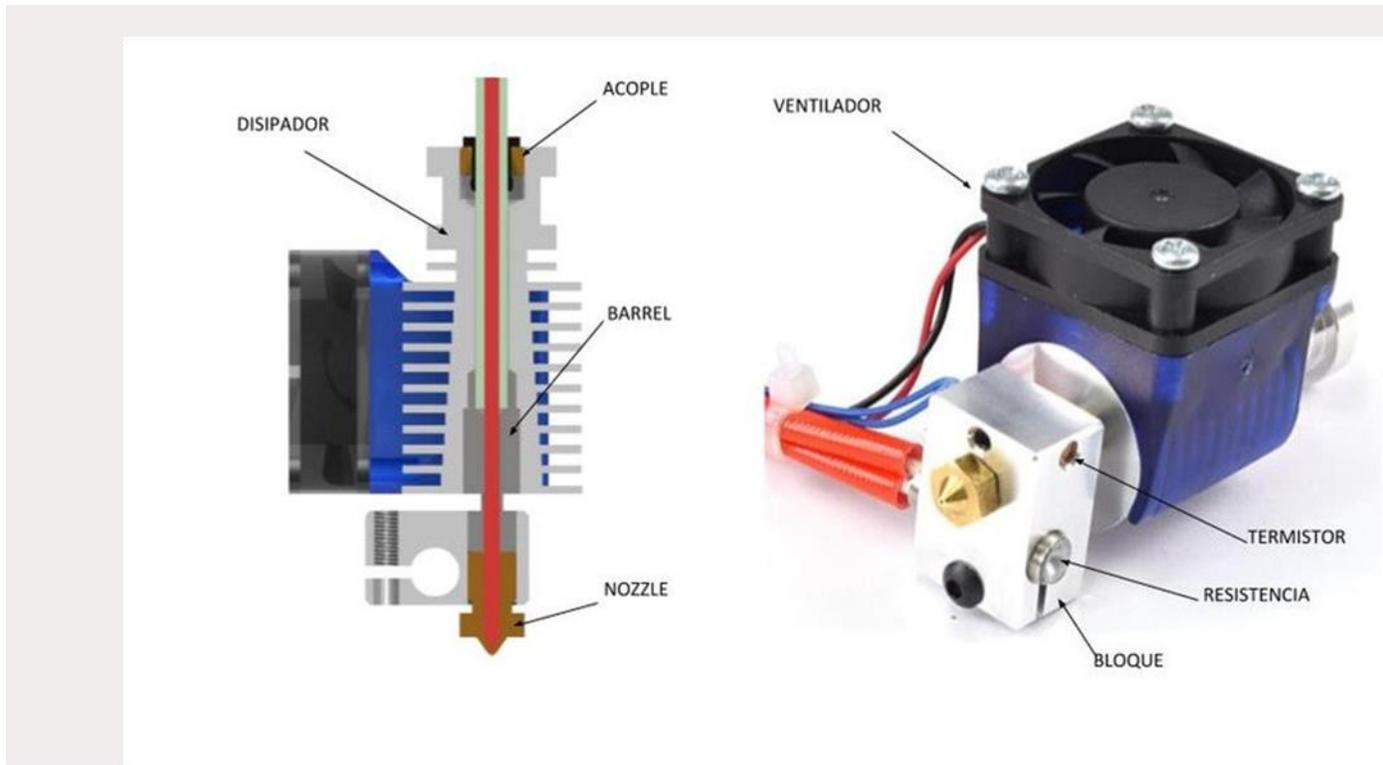
BLOQUE: El bloque es una pieza prismática metálica, en la cual se fijan tres componentes: El Nozzle (boquilla), la resistencia y el termistor, los cuales describiremos a continuación.

NOZZLE: El nozzle, conocido también como boquilla, es una pequeña pieza roscada e intercambiable con una apertura circular que determinará el diámetro que tendrá nuestro material al salir de la impresora. Es la última pieza a través de la cual fluye el material, y la que en definitiva lo depositará durante la impresión. El nozzle estándar de las impresoras 3D es de 0,4mm (de diámetro del orificio de salida) pero el mismo puede ser fácilmente reemplazado por nozzles de mayor o menor tamaño. **RESISTENCIA:** La resistencia es un cartucho cilíndrico que se encarga del calentamiento del Hotend, y por lo tanto, de brindar al equipo la temperatura necesaria para extruir material.

TERMISTOR: Es un pequeño sensor de temperatura, que se comunica con la placa base de la impresora indicando la temperatura a la que se encuentra el Hotend en todo momento, para realizar las correcciones necesarias (activar o desactivar la resistencia) y mantener la temperatura adecuada.

BARREL: es una pieza cilíndrica con doble rosca, que acopla el bloque con el disipador, haciendo tope en el Nozzle, y generando así un conducto a través del cual avanza el filamento.

ACOPLE: Es la pieza que mantiene el tubo teflonado en su lugar, impidiendo que se salga del Hotend.



CAMA CALIENTE

La cama caliente es una placa usualmente cuadrada o rectangular, que sirve como plataforma de impresión, y que se calefacciona hasta una temperatura configurada por el usuario (y que dependerá) dependiendo del material a imprimir. La cama caliente es una gran resistencia y tiene en el centro de la misma un termistor con el cual la impresora, al igual que sucedía en el Hotend, conoce exactamente a qué temperatura está operando en todo momento. Si bien no es necesario contar con cama caliente para imprimir ciertos materiales sencillos como el PLA (del cual hablaremos bastante más adelante), resulta indispensable para trabajar con materiales de mayor grado técnico.

A diferencia de lo que sucedía hace unos años, en la actualidad la mayoría de las impresoras cuentan con cama caliente, aunque podemos encontrar algunas excepciones muy económicas en las cuales este elemento no se incluye, lo cual resulta una limitación para dichos equipos.



ELECTRÓNICA

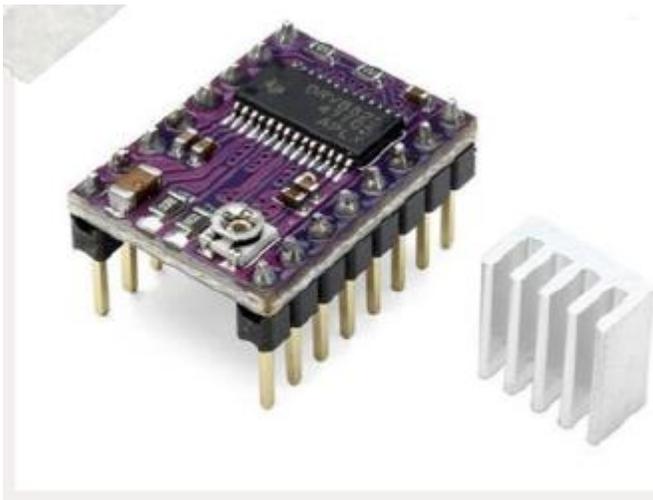
La electrónica de la impresora 3D está compuesta por una gran cantidad de partes y elementos que, en conjunto, resultan en todo el sistema de control que permite la automatización del proceso de impresión. Veremos algunos de los elementos más importantes:

PLACA CONTROLADORA: Es el cerebro de la impresora. Esta placa se encarga de ejecutar todos los movimientos y funciones, y es donde se conectan los demás componentes electrónicos. Existen diversos modelos de placas controladoras, por lo general cada impresora comercial tiene su placa propia, y la misma determina la cantidad de motores, extrusores y “accesorios” que podemos conectar a nuestro equipo. Suelen estar basadas en Arduino.

MOTORES PASO A PASO: Este es el tipo de motores utilizados en las impresoras 3D, debido a su tamaño compacto, su gran precisión y robustez. El tipo de motor estándar de las impresoras 3D lleva el nombre Nema 17, existiendo variantes según el torque máximo que pueden entregar.



DRIVERS: Los drivers son pequeños controladores que sirven de intermediarios entre la placa controladora y los motores, siendo los principales responsables de la precisión, suavidad y sonoridad de la impresora. En ciertas placas, estos drivers vienen incluidos en el PCB por lo cual no son reemplazables.



ENDSTOPS: Conocidos también como “finales de carrera”, son pequeños switches que utiliza la impresora al comienzo de la impresión para encontrar el punto de HOME, es decir, el punto donde la coordenada (x;y;z) es (0;0;0).



DISPLAY: Es la pantalla de la impresora, la cual permite moverse por el menú para realizar diversas tareas como modificar las temperaturas, mover los ejes, llevar a HOME, y navegar por la tarjeta SD para seleccionar el archivo que se desea imprimir. Cuando la impresión está en marcha, el display devuelve cierta información como las temperaturas, tiempo transcurrido, porcentaje completado, etc.



RESISTENCIAS: Encontraremos principalmente dos tipos: las que son un pequeño cartucho cilíndrico, mencionada anteriormente, que va ubicada en el Hotend y que es responsable de calentar el mismo para extruir plástico; y por otro lado, la cama caliente, la cual es una resistencia plana que se calienta para mejorar las condiciones de impresión. Ambas son comandadas por la placa controladora, ya sea que se deba elevar o disminuir las temperaturas, a través de lo sensado por los termistores.



TERMISTORES: Son pequeños sensores de temperatura mediante los cuales la impresora comanda a las resistencias activarse o desactivarse para variar las temperaturas.



FANS: Son pequeños ventiladores y pueden cumplir distintas funciones. Principalmente distinguimos dos. En primer lugar, tenemos al fan encargado de mejorar la refrigeración en el Hotend para evitar que el plástico se funda antes de lo previsto.

En segundo lugar, las impresoras suelen tener un fan, conocido como “fan de capa”, que mediante un ducto apunta a la salida del Nozzle para enfriar la capa que se acaba de imprimir. A diferencia del fan del Hotend, el fan de capa es variable en su velocidad, ya que su intensidad depende del material a imprimir.



FUENTE: Finalmente tenemos a la fuente. La misma es el componente que se conecta a la red eléctrica, y es la encargada de entregar energía en el voltaje y amperaje correctos a la placa, para alimentar todo el sistema. De la potencia de la fuente dependerá, entre otros, la velocidad de calentamiento del Hotend y la cama caliente.

CARACTERÍSTICAS DE LAS IMPRESORAS 3D

En este apartado, veremos las características principales de las impresoras 3D, las cuales son indispensables para la correcta selección de un equipo a la hora de adquirir uno.

VOLÚMEN DE IMPRESIÓN

El volumen de impresión probablemente sea el primer factor determinante a la hora de seleccionar un equipo. El mismo determinará el tamaño máximo de los objetos que podemos imprimir.

Este espacio de impresión está condicionado por el tamaño de la cama caliente y la altura máxima alcanzada por la impresora. Suele expresarse en milímetros, siendo valores comunes 200x200x200mm, 225x225x250mm, etc. Los dos primeros valores corresponden al tamaño de la cama caliente, mientras que el tercero es el despeje vertical que tiene la impresora.

TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN

La temperatura de extrusión de la impresora es la máxima alcanzada por el Hotend y que debemos asegurarnos sea suficiente para los materiales que deseamos imprimir. Para la mayoría de las impresoras comerciales, ronda los 250-260°C siendo más que suficiente para imprimir la gran mayoría de materiales básicos y de grado técnico intermedio, como el PLA, PET-G, ABS. Hay equipos industriales que alcanzan temperaturas de extrusión de hasta 450 o 500°C, las cuales son ideales para imprimir materiales de los más complejos como el PEEK.

TEMPERATURA DE CAMA

Al igual que la temperatura de extrusión, la temperatura máxima alcanzada por la cama caliente de la impresora es un factor a tener en cuenta a la hora de elegir un equipo.

Mientras que materiales sencillos de imprimir como el PLA o el PET-G pueden ser impresos con camas que alcancen los 60-70°C, existen materiales más demandantes que necesitan temperaturas de cama de 100°C o más lo cual resulta en una limitación importante del equipo.

CANTIDAD DE EXTRUSORES

Existen impresoras 3D con más de un extrusor (por lo general no más de dos) lo cual permite imprimir varios materiales a la vez en la misma capa. Esto resulta especialmente útil para utilizar dos colores diferentes, o incluso materiales distintos, siendo su mejor aplicación la impresión de material soluble para soportes los cuales mejoran notablemente la terminación de las zonas en voladizo.

Lo ideal para comenzar en la impresión 3D es centrarse en equipos con un solo extrusor, ya que la existencia de múltiples extrusores trae aparejada otra serie de complicaciones.

IMPRESORAS ABIERTAS/CERRADAS

Las impresoras 3D pueden clasificarse en dos tipos, existiendo a su vez algunas soluciones “intermedias”:

- **Impresoras abiertas:** No tienen ningún tipo de confinamiento, suelen ser más económicas y ocupar menos espacio. Son suficientes para imprimir la gran mayoría de materiales.
- **Impresoras cerradas:** En ellas el volumen de impresión se encuentra convenientemente “encerrado” por un confinamiento que crea una recámara en la cual la temperatura es más elevada que la ambiente, y resulta en impresiones más homogéneas. Es indispensable para la impresión de ciertos materiales técnicos.

Resulta importante aclarar que tomar una impresora abierta y “encerrarla” con alguna estructura externa no es una buena idea, ya que en ese caso la electrónica (placas, motores, etc.) se vería expuesta a temperaturas elevadas sin tener la posibilidad de evacuar el calor al ambiente. En las impresoras cerradas estas precauciones ya están cubiertas desde la etapa de diseño.

OTRAS CARACTERÍSTICAS

Aquí numeraremos algunas otras características que podemos encontrar en las impresoras 3D, que no están presentes en todas y no suelen ser decisivas al momento de comprar una.

- **SENSOR DE FILAMENTO:** Es un pequeño switch a través del cual pasa el filamento antes de ingresar al extrusor, y detecta cuando se agota la bobina (o bien por algún motivo se corta y deja de tener continuidad) realizando de forma automática una pausa en la impresión e indicando al usuario que reemplace el rollo para continuar.
- **MEMORIA POR CORTE DE LUZ:** Es una característica presente cada vez en más equipos, permite reanudar la impresión desde el punto donde se quedó ante un corte en el suministro eléctrico, aunque suele suceder que al enfriarse la cama se pierde adherencia de la pieza y al retomar la impresión se termina desplazando el objeto, resultando en una característica útil únicamente para cortes de luz muy breves o accidentales.
- **AUTOLEVEL:** El sensor de autonivel es un dispositivo que va acoplado al cabezal de la impresora y que, al comenzar la impresión, mide la altura de diferentes puntos de la cama caliente para armar un mapa topográfico de la misma y compensar la diferencia de altura en el eje z durante las primeras capas, resultando así impresiones con buena adherencia a la cama sin ser tan crítica la precisión de la nivelación de la misma. Es una característica que ayuda mucho a quienes están iniciándose en esta tecnología, aunque al igual que las demás que hemos visto en esta sección, no resulta imprescindible

MATERIALES DE IMPRESIÓN

En la presente sección analizaremos en detalle los materiales más comunes en impresión 3D, sus características, parámetros recomendados de impresión y limitaciones técnicas que hay que tener en cuenta para la correcta aplicación de los mismos.



PLA

El PLA o ácido poliláctico (polylactic acid) es un poliéster biodegradable. Difiere de la gran mayoría de los termoplásticos por su origen: mientras que los plásticos más difundidos como el polipropileno, polietileno o el ABS son derivados del petróleo, el PLA es un derivado de recursos naturales y 100% renovables como el almidón de maíz o la caña de azúcar. Esto hace que sea catalogado como un bioplástico.

El PLA es y ha sido por mucho tiempo el plástico por excelencia de la impresión 3D.

Es un plástico que se imprime en un rango de temperaturas de 185 a 215°C, siendo opcional la utilización de plataforma calefaccionada. La estabilidad dimensional de la pieza durante la deposición de plástico es elevada, la adherencia entre capas superior al ABS y en general el equipo necesario para imprimir correctamente una pieza de ácido poliláctico es de menor costo, lo que hace que sea la elección de la mayoría de los usuarios.

La facilidad de impresión del PLA da mayor tolerancia a los parámetros de impresión, logrando que en la mayoría de los casos la terminación superficial, adherencia entre capas y la precisión dimensional sean superiores, a costa de propiedades mecánicas en general desmejoradas (frente al ABS o el PETG).

Surgen día a día nuevas formulaciones, con diferentes propiedades mecánicas, térmicas y químicas, que en general mantienen su facilidad de impresión e incluso llegan a superar al ABS en ciertas aplicaciones puntuales de piezas bajo sollicitaciones mecánicas.

En principio, la principal desventaja de la aplicación de PLA convencional en piezas impresas es la escasa resistencia mecánica del material. A su vez, la resistencia térmica del PLA es acotada, comenzando a deformarse las piezas al alcanzar unos 50°C por lo cual al menos las formulaciones básicas de PLA no son recomendables para aplicaciones en el exterior, sobre todo en zonas cálidas y situaciones de sol directo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">✓ Fácil de imprimir✓ Bajo costo✓ Gran variedad de colores✓ Buena precisión dimensional✓ No emana vapores nocivos	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Baja resistencia a las temperaturas<input type="checkbox"/> Baja resistencia mecánica<input type="checkbox"/> Puede volverse frágil<input type="checkbox"/> No es apto para aplicaciones exteriores

PARÁMETROS DE IMPRESIÓN DEL PLA

TEMPERATURA DE CAMA 45-60°C (OPCIONAL)	TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN 185-215°C	FAN DE CAPA 100%
---	---	-----------------------------------

OTRAS CONSIDERACIONES

Resulta conveniente que el fan de capa enfríe en todas las direcciones. La mayoría de las impresoras 3D tiene una comunidad que desarrolla accesorios imprimibles para instalar sin mayores dificultades, entre los cuales suelen encontrarse ductos de ventilación para mejorar el flujo de los ventiladores de capa.

Se pueden obtener piezas de PLA muy resistentes aumentando la cantidad de perímetros de la impresión, lo que genera una cáscara gruesa y con gran adhesión entre capas.

ABS

El ABS, llamado así por sus siglas en inglés Acrylonitrile Butadiene Styrene, es un polímero termoplástico, opaco y amorfo, derivado del petróleo. Presenta una temperatura de transición vítrea, a 105°C, por lo cual a mayores temperaturas comienza a adoptar un estado pastoso, sin llegar a presentar un claro punto de fusión. Su característica de termoplástico indica que puede ser calentado hasta su estado viscoso, enfriado y luego fundido nuevamente para un sucesivo conformado sin degradaciones significativas, por lo cual es altamente reciclable.

Es un plástico muy fácilmente maquinable y las bajas temperaturas a las que se puede conformar hacen que sea fácilmente adaptable al moldeado por inyección y la impresión 3D. Su costo es bajo, muy similar al de otros plásticos como el Polipropileno (PP).

Algunos ejemplos de elementos moldeados de ABS son los teclados de computadora, carcasas de herramientas eléctricas, tapas y teclas de luz, ladrillos LEGO, electrodomésticos y un sinnúmero de aplicaciones en la industria automotriz, incluyendo mecanismos alza-cristales y teclas del interior de los vehículos.

El ABS ha sido por mucho tiempo el material a utilizar cuando se necesitan piezas impresas en 3D con mejorada resistencia mecánica, destacándose su alta resistencia al impacto si la comparamos con el PLA. También cabe destacar que su resistencia a las altas temperaturas es notablemente superior.

Al ser el ABS fácilmente mecanizado y muy compatible con post-procesos (tales como lijado, rellenado, pintado, etc.) es el principal plástico de impresión 3D utilizado para prototipado.

Siendo que este plástico es utilizado hace una gran cantidad de años, su aplicación en la impresión 3D se podría decir que es una adaptación. De la cantidad de plásticos altamente difundidos, se ha escogido adaptar principalmente al ABS por sus bajas temperaturas de conformado y por ser muy económico, fácilmente conformable en bobinas de filamento utilizadas para imprimir, y ser relativamente seguro para la utilización doméstica.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bajo costo ✓ Buena resistencia al impacto y desgaste ✓ Buen acabado superficial ✓ Buena resistencia a las temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Warping elevado <input type="checkbox"/> Necesita cama a elevada temperatura <input type="checkbox"/> Emite vapores desagradables <input type="checkbox"/> Las piezas suelen contraerse resultando en baja precisión dimensional

PARÁMETROS DE IMPRESIÓN DEL ABS

TEMPERATURA DE CAMA 90-110°C	TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN 235-250°C	FAN DE CAPA APAGADO
---	---	--------------------------------------

OTRAS CONSIDERACIONES

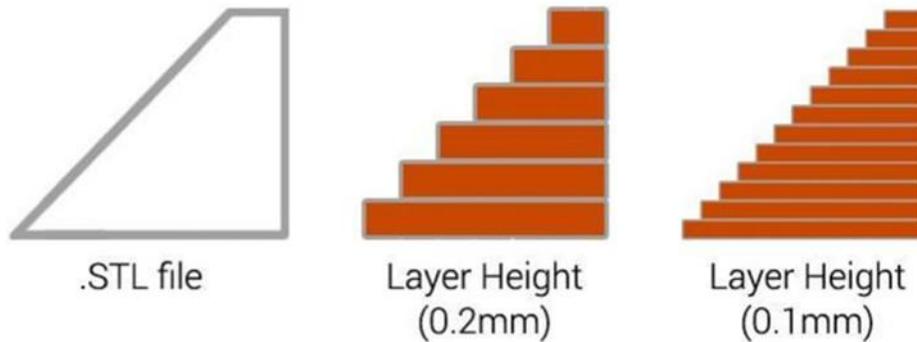
El ABS es un material muy sensible a los cambios de temperatura y las ráfagas de aire. Por ese motivo es conveniente imprimirlo en impresoras cerradas en las cuales se mantenga una temperatura más homogénea en todo el volumen de impresión. Al ser un derivado del petróleo, el ABS emite ciertos vapores que si bien no hay registros de que sean nocivos, resultan desagradables al estar expuestos a los mismos por mucho tiempo.

PARÁMETROS DE IMPRESIÓN

Hemos mencionado que el proceso de impresión 3D comienza con el diseño de la pieza en un software de diseño asistido por computadora (CAD). Una vez obtenido nuestro modelo es necesario exportarlo en formato STL, tarea sencilla en la gran mayoría de las aplicaciones de diseño. Este archivo que hemos exportado debe ser introducido en nuestro slicer de preferencia. El slicer (término proveniente del inglés “slice”, que significa rebanar) es el programa que interpretará la geometría del archivo STL, lo dividirá en sucesivas capas y generará el código G que contiene todas las instrucciones que deben ser ejecutadas por el equipo para lograr la pieza impresa en 3D. Si bien puede parecer sencillo, en este último paso existe una enorme variedad de parámetros y variables a configurar que tienen una influencia directa en la calidad de la impresión obtenida. Si contamos con un equipo mecánicamente estable y rígido, con electrónica confiable, y materiales óptimos, el éxito absoluto o el fracaso rotundo de nuestra impresión dependerá exclusivamente de cómo configuremos los parámetros de impresión en nuestro slicer. En el presente curso, estaremos trabajando con Cura, un slicer de la prestigiosa empresa Ultimaker, el cual permite seleccionar el nivel de “profundidad” con el que se desea trabajar, permitiendo habilitar o deshabilitar ciertas configuraciones avanzadas. Veremos ahora algunos de estos parámetros para entender cómo funcionan y su relación con las características constructivas y estructurales de la pieza una vez finalizada:

ALTURA DE CAPA

La altura de capa es un parámetro ligado directamente a la calidad de la pieza. Es la “resolución” a la que se va a imprimir el objeto tridimensional. A menor altura de capa mayor calidad, pero también se incrementan considerablemente los tiempos de impresión, por lo que en ciertas ocasiones es necesario llegar a un punto medio en el que se obtenga una calidad aceptable sin alargar demasiado el proceso. Los valores de este parámetro estarán comprendidos entre 0,1 y 0,4mm para boquillas estándar. Como regla general, la altura de capa debe ser como máximo el 75% del diámetro de la boquilla utilizada, de lo contrario se puede comprometer la adhesión entre capas dando lugar a piezas defectuosas y quebradizas.

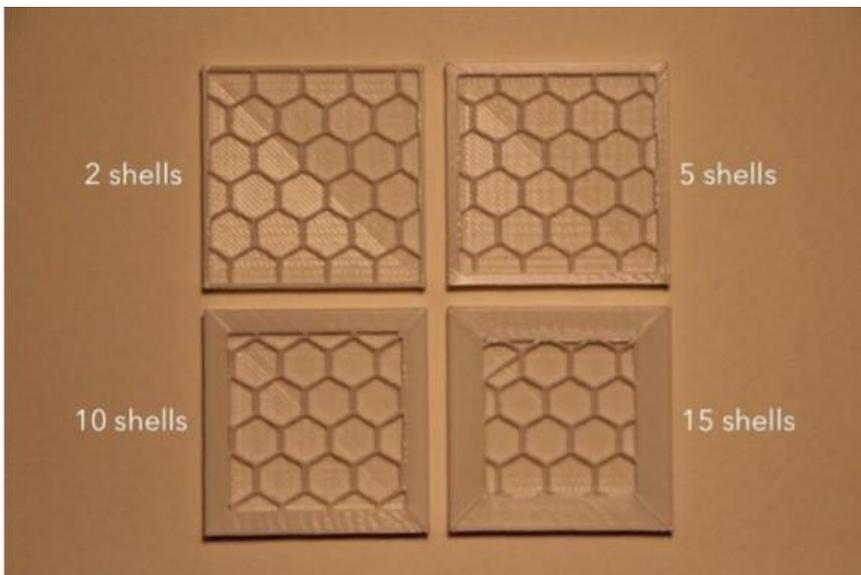


CONFIGURACIÓN RECOMENDADA:

Altura mínima: 25% del diámetro de nozzle. Altura máxima: 75% del diámetro de nozzle.
 Ej. Para nozzle de 0,4mm: 0,1 – 0,3mm.

PERÍMETROS

Este parámetro determina la cantidad de perímetros que tendrá la pieza antes del relleno, es decir, de éste dependerá la anchura de la “cáscara” del objeto. Por ejemplo, si nuestro extrusor tiene una boquilla de 0,4mm y configuramos nuestro slicer para que la pieza tenga 3 perímetros, nuestro objeto tendrá una pared exterior de 1,2mm. El valor que debemos de introducir en este parámetro dependerá de la tipología de la pieza y del relleno que usemos, pero lo normal es configurar las impresiones con 2 o 3 perímetros.



CONFIGURACIÓN RECOMENDADA:

Para piezas generales, 2 perímetros (no menos). Para piezas solicitadas, 3 a 4 perímetros.

CANTIDAD DE CAPAS INFERIORES Y SUPERIORES

Con este parámetro indicaremos qué grosor tendrán las capas superior e inferior. Estas capas no se ven afectadas por la configuración de relleno, por lo que serán capas macizas. Dependiendo de la figura que queramos imprimir y del relleno que usemos vamos a necesitar más o menos capas, lo normal es usar 3 o 4 capas macizas, pero en algunas piezas para tener un buen acabado podríamos necesitar algunas más.

Entonces, por ejemplo, si quisiéramos tener una base maciza de 0,8mm de espesor en nuestra pieza, y estamos imprimiendo con una altura de capa de 0,2mm, debemos configurar 4 capas inferiores. Análogamente configuraremos las superiores. En ciertos algunos slicers, estos parámetros se fijan en milímetros y no en cantidad de capas.

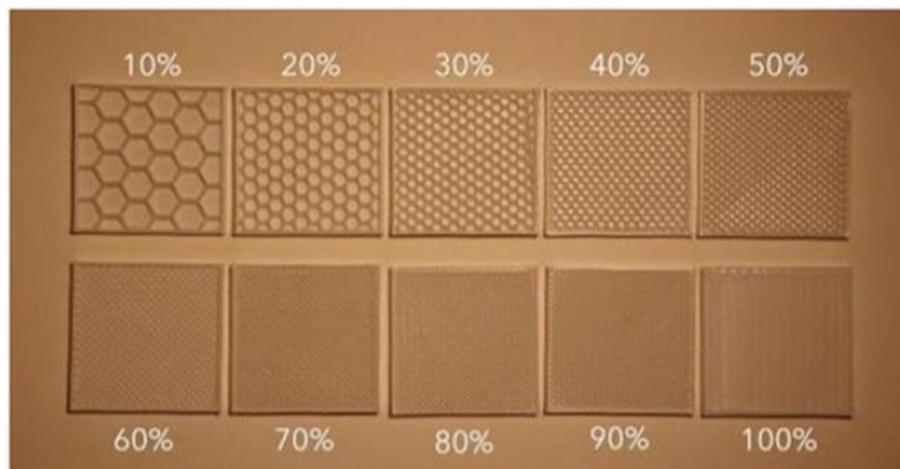
CONFIGURACIÓN RECOMENDADA:

Para pieza generales, 2 capas inferiores y 4 superiores suelen dar buenos resultados. Para mayor rigidez, se pueden aumentar las capas inferiores.

Para asegurar la calidad en la parte superior de la pieza, se pueden aumentar las capas superiores.

DENSIDAD DE RELLENO

Este valor indica el porcentaje o densidad de relleno que va a tener la figura. El relleno va a repercutir directamente en el tiempo de impresión y en el coste de la pieza, por ello el hacer las piezas con poco relleno va a ser muy beneficioso, pero al mismo tiempo va a mermar la resistencia de la pieza, por lo que el relleno va a depender de las características mecánicas que queramos conseguir. Para creaciones artísticas, figuras o elementos decorativos, podemos usar un relleno del 15% o incluso menos, mientras que para piezas que deban soportar esfuerzos se debe estudiar cada caso para obtener la mejor relación resistencia/peso.



CONFIGURACIÓN RECOMENDADA:

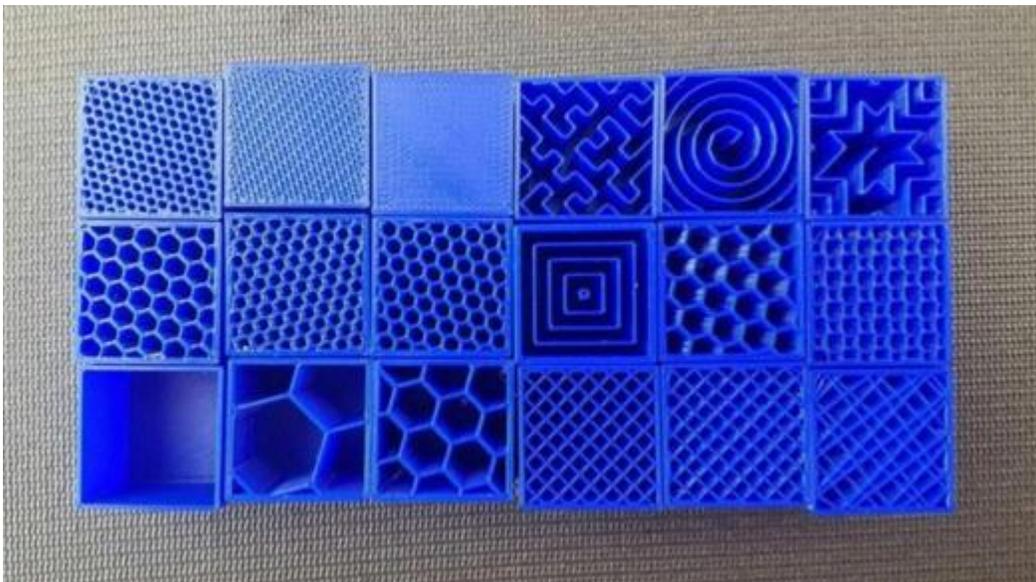
Para piezas generales, de 15 a 20% suele dar buenos resultados.

Se debe evaluar la necesidad de relleno en base a la geometría general de la pieza.

Piezas que requieran resistencia, necesitan altos porcentajes de relleno (40- 50%).

PATRÓN DE RELLENO

Tipo de patrón de relleno. Está limitado a los que ofrece el software. Los patrones más comunes son el relleno rectilíneo, en panal de abeja, concéntrico y triangular. Debe estudiarse cada caso para poder adaptar mejor el relleno a la forma de nuestra pieza. Se puede configurar el tipo de relleno también para las capas superior e inferior, pero por defecto estas se realizan macizas.



CONFIGURACIÓN RECOMENDADA:

- El rectilíneo y hexagonal suelen ser los más eficientes respecto al tiempo de impresión.
- No suele variar la calidad de la pieza según el patrón elegido.

VELOCIDAD DE IMPRESIÓN

En este parámetro vamos a fijar la velocidad lineal de impresión que alcanzará la máquina durante la deposición de material. A mayor velocidad conseguiremos menor calidad en la impresión, por lo que hay que ajustar el valor en función de la calidad que deseemos obtener. No todos los equipos pueden alcanzar las mismas velocidades con la misma resolución. La rigidez de la estructura y la calidad de los componentes mecánicos y electrónicos limitan en cierta forma la velocidad máxima a la cual se puede obtener una impresión de calidad aceptable. A altas velocidades comienzan a aparecer vibraciones y otros fenómenos

relacionados con el deficiente enfriamiento del plástico al ser depositado. La mayoría de las impresoras 3D de escritorio comerciales trabajan sin problemas hasta velocidades lineales de avance de 55mm/s. Por lo general, al imprimir a velocidades bajas, del orden de los 25mm/s, se obtienen piezas con notables mejoras en las terminaciones y la calidad en general, tanto superficial como dimensional, así como también en la adherencia entre capas y la fusión del plástico al resultar en una extrusión más controlada y precisa. Hay ciertas geometrías que requieren velocidades de impresión baja, y ciertas otras que se ven perjudicadas cuando los movimientos son lentos por lo cual conviene imprimirlas a mayor velocidad (por ejemplo, al tener que imprimir en voladizo, las altas velocidades permiten hacer “puentes” de filamento que serían imposibles de realizar a baja velocidad).



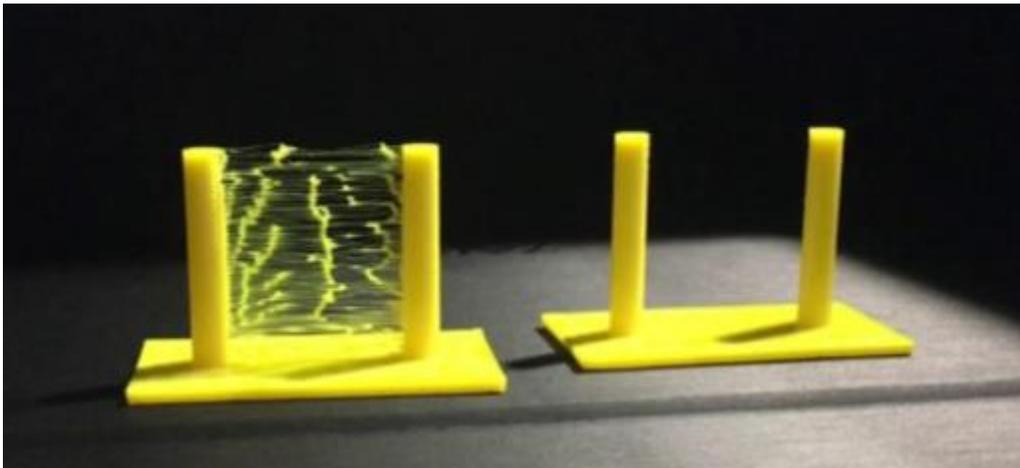
Cabe aclarar que todas las impresoras, por la manera en la que trabajan los motores Paso a Paso, tienen asociada una curva de aceleración de los motores, por lo cual para adquirir la velocidad de impresión configurada es necesario que el movimiento de impresión tenga una longitud mínima. Caso contrario la velocidad “teórica” configurada no será alcanzada nunca. En las piezas de pequeñas dimensiones al ser las curvas de aceleración generalmente conservadoras (grandes aceleraciones transmiten imperfecciones a las piezas) aumentar la velocidad de impresión no tiene un impacto significativo en el tiempo de impresión, al contrario de lo que comúnmente se creería.

Máximas velocidades recomendadas:

- Para equipos con extrusor bowden, 50-60mm/s.
- Para equipos con extrusor directo, 40-45mm/s.

RETRACCIÓN

Habilitar esta opción y configurar correctamente sus parámetros (velocidad y distancia de retracción) es crucial para obtener piezas con buenas terminaciones y calidad en general. La retracción permite que en los desplazamientos el extrusor succione un poco el plástico para que el mismo no se deposite involuntariamente en nuestro objeto, evitando así pequeños defectos en la impresión. Recordemos que el pico de nuestro extrusor se encuentra a temperaturas elevadas durante todo el proceso de impresión, y las características del plástico con el que se trabaja hacen que el mismo fluya a través de nuestro pico incluso cuando no se le está aplicando presión. Este parámetro contrarresta dicho comportamiento del material y si bien puede ser la configuración “fina” más difícil de poner a punto, es muy notoria la diferencia cuando se ha dado con un correcto de la misma.



DISTANCIAS DE RETRACCIÓN RECOMENDADAS:

- Para equipos con extrusor bowden, 5-6mm Para equipos con extrusor directo, 1-2mm
- VELOCIDAD DE RETRACCIÓN RECOMENDADA:**
- Para equipos con extrusor bowden, 60-80mm/s Para equipos con extrusor directo, 40-50mm/s

TEMPERATURA DE IMPRESIÓN

Fija la temperatura del extrusor durante la impresión. Esta temperatura, como ya hemos visto, está directamente ligada al material que deseamos imprimir.

TEMPERATURAS DE EXTRUSIÓN RECOMENDADAS:

PLA: 185 a 215°C ABS: 235 a 250°C PET-G: 235 a 245°C

TPU (Flex): 225 a 240°C

Debe tenerse en cuenta que cada marca de filamento tiene composiciones levemente diferentes, lo cual hace que las temperaturas óptimas de impresión varíen entre filamentos de la misma familia, incluso de la misma marca con distintas coloraciones, por lo cual se debe poder detectar problemas de temperatura para ir realizando el ajuste fino de forma correcta (Hablaremos más sobre ello sobre el final del curso).

Para otros materiales no listados, se puede consultar la data técnica del fabricante, suelen brindar información sobre las temperaturas recomendadas.

TEMPERATURA DE LA PLATAFORMA

Fija la temperatura de la cama caliente. La temperatura de la cama caliente cambiará en función del plástico que usemos, para el PLA no es necesario calentar la cama (aunque se adhiere mejor si se utiliza la cama a una temperatura de entre 40 y 50°) mientras que para otros materiales se hace indispensable.

TEMPERATURAS DE CAMA RECOMENDADAS:

PLA: 45 a 60°C (Opcional) ABS: 90 a 110°C

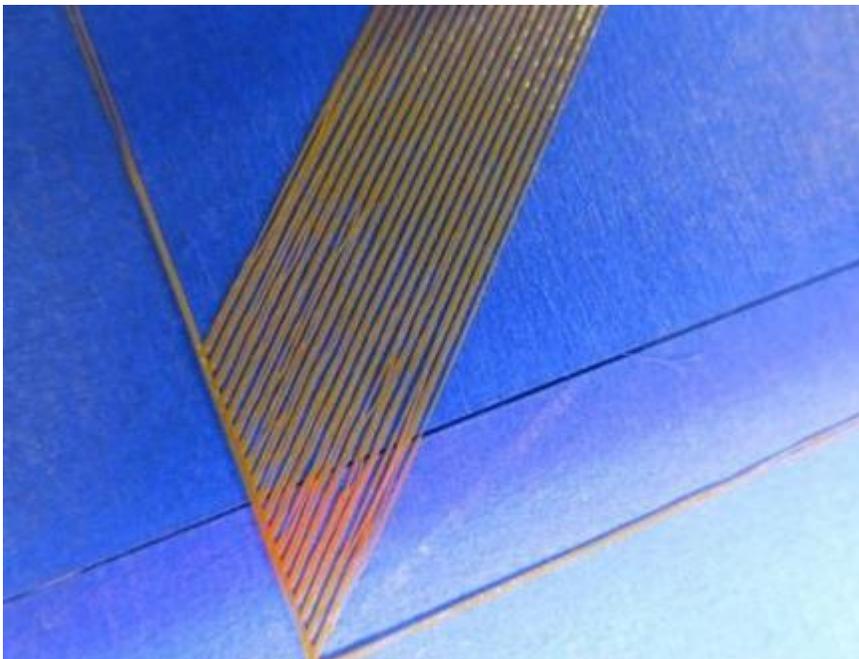
PET-G: 70 a 75°C TPU (Flex): 45 a 60°C

Nuevamente, si se desearan imprimir materiales menos convencionales o alguno que no esté listado, se debe tener en cuenta las recomendaciones del fabricante.

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMUNES

En esta sección, repasaremos algunos problemas típicos de impresión y sus posibles soluciones.

FALTA DE ADHERENCIA



La falta de adherencia de la primera capa impresa es uno de los principales motivos de falla de las impresiones. Garantizar que esa primera capa sea ejecutada de la manera correcta, resulta indispensable para contar con una impresión satisfactoria. Tal como se ve en la imagen, la falta de adherencia puede reconocerse por quedar las pasadas de filamento demasiado distanciadas entre sí, y muy poco (o nada) adheridas a la superficie de impresión. Potencialmente, esto significa que la pieza puede despegarse con facilidad en medio de la impresión, lo cual inevitablemente llevaría a una falla total de la misma. Por otro lado, en caso en que en una región de la cama tenga mala adherencia pero otra no, la zona mal adherida será propensa a sufrir Warping, defecto que describiremos más adelante.

CAUSAS:

Cama demasiado alejada del pico. Cama incorrectamente nivelada.

Insuficiente cantidad de adhesivo.

SOLUCIONES:

Renivelar la cama, controlando que el roce entre el papel y el nozzle sea el correcto. Agregar más adhesivo a la superficie de impresión.

Cambiar de superficie de impresión.

EXTRUSIÓN INCONSISTENTE EN LA PRIMERA CAPA



El defecto mostrado en la figura se debe casi con seguridad a que la plataforma de impresión se encuentra demasiado pegada al pico. Esto hace que esa primera capa sea apenas una lámina

casi transparente, muy adherida a la plataforma, y da problemas a la hora de extruir ya que el flujo de filamento se ve impedido por la cercanía de la cama.

CAUSAS:

Cama demasiado cerca del pico. Cama incorrectamente nivelada.

SOLUCIONES:

Renivelar la cama, controlando que el roce entre el papel y el nozzle sea el correcto.

SUB-EXTRUSIÓN

Este defecto ocurre cuando la cantidad de material que se está depositando es inferior a la correcta, generando espacios vacíos en el modelo.

La sub-extrusión es identificable porque las líneas no alcanzan a tocarse entre sí. Esto genera piezas que no son consistentes, suelen ser frágiles y las superficies superiores de muy mala calidad, tal como se aprecia en la figura.



CAUSAS:

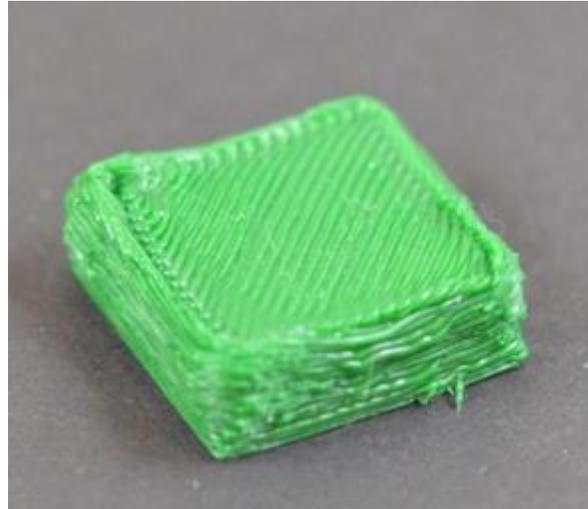
Filamento con propensión a sub-extruir. Ancho de línea incorrectamente seteado. Diámetro de nozzle incorrectamente seteado. **SOLUCIONES:**

Aumentar el % de flujo de material. Modificar el ancho de línea en el slicer. Modificar el diámetro del nozzle en el slicer.

SOBRE-EXTRUSIÓN

De manera opuesta a lo que sucede con la sub-extrusión, la sobre-extrusión consiste en un exceso del plástico depositado durante la impresión. Esto genera piezas “chorreadas” y con material sobresaliendo hacia los costados en vez de generar una superficie homogénea y suave.

Las causas y soluciones de la sobre-extrusión suelen ser similares a las de sub-extrusión pero a la inversa.



CAUSAS:

Filamento con propensión a sobre-extruir. Ancho de línea incorrectamente seteado. Diámetro de nozzle incorrectamente seteado. Temperatura demasiado alta

SOLUCIONES:

Disminuir el % de flujo de material. Modificar el ancho de línea en el slicer. Modificar el diámetro del nozzle en el slicer.

STRINGING

El stringing consiste en la aparición de hilos en el modelo, especialmente entre las zonas impresas donde la maquina debe hacer movimientos de traslación sin imprimir. El stringing es uno de los defectos más propensos a aparecer y está directamente relacionado con la retracción. Suele ser difícil de eliminar al 100% pero existen archivos STL pensados para optimizar los parámetros de distancia y velocidad de retracción, los cuales una vez alcanzada la configuración correcta suelen dar buenos resultados para cualquier geometría a imprimir.

CAUSAS:

Distancia y velocidad de retracción incorrectas (generalmente demasiado bajas).

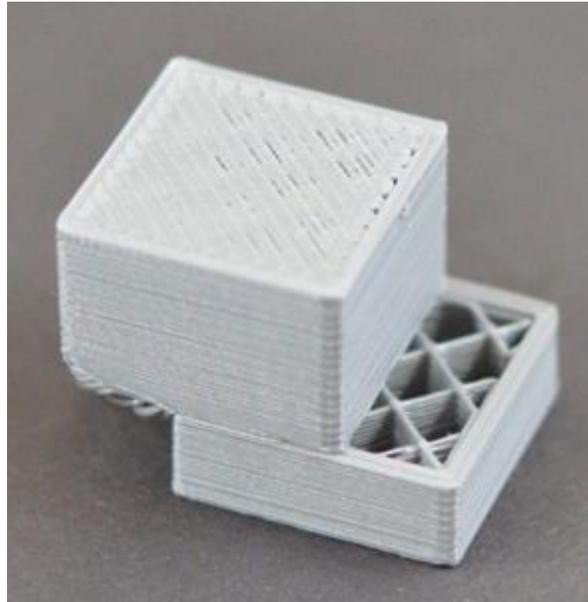
SOLUCIONES:

Aumentar levemente la retracción y su velocidad.



DEFASAJE ENTRE CAPAS

El desfasaje entre capas – o Layer Shifting – es producto de inconvenientes mecánicos durante la impresión. Se genera cuando existe un corrimiento entre la correa que da movimiento a un eje y su polea dentada, y dicho corrimiento suele darse cuando las correas están flojas o bien se fuerzan movimientos demasiado bruscos durante la impresión. También es posible que se generen desfasajes si algunos de los ejes tiene alguna dificultad para moverse, ya sea por algún rodamiento desgastado, falta de lubricación, etc.



CAUSAS:

Correas flojas.

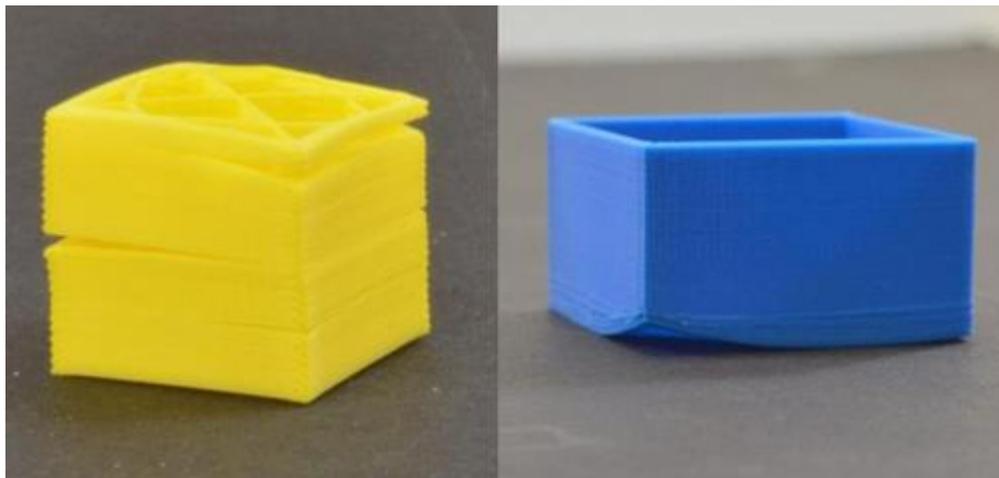
Velocidad demasiado alta. Problemas mecánicos con algún eje.

SOLUCIONES:

Ajustar las correas de la impresora. Bajar la velocidad de impresión.

Revisar la cinemática del equipo.

SEPARACIÓN ENTRE CAPAS Y WARPING



Estos dos casos son muy comunes en materiales con mucha contracción térmica, es decir, aquellos que son más complicados de imprimir como el ABS, el HIPS o el Nylon. La

separación entre capas y el warping son, en principio, el mismo defecto aunque originados en diferentes secciones de la pieza: el warping en la base, y la separación entre capas en el medio. Se deben a que el material tracciona sobre las capas inferiores al enfriarse, y si la adherencia (ya sea entre las capas, o entre la primera capa y la plataforma) no es buena, dicha tracción logra vencer al material curvándolo hacia arriba y generando estos defectos. Puede suceder que al imprimir materiales más sencillos como el PLA se generen estos defectos y suelen darse por estar imprimiendo a bajas temperaturas (tanto de cama como de extrusión) lo cual hace que las sucesivas pasadas no se adhieran correctamente entre sí.

CAUSAS:

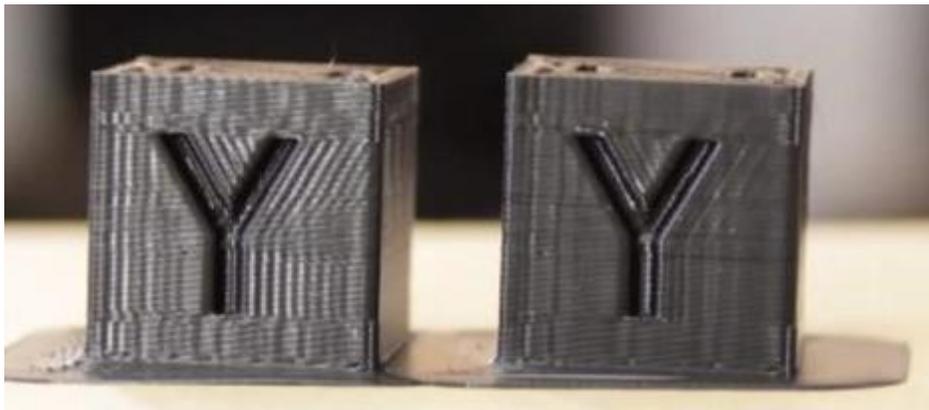
Material con demasiada contracción. Temperatura de impresión demasiado baja.
Temperatura de cama demasiado baja.

SOLUCIONES:

Utilizar impresoras cerradas. Cambiar de material por algo menos técnico.

Ajustar temperaturas y probar nuevamente.

GHOSTING



El ghosting es un defecto que consiste en la aparición de patrones en la superficie de impresión, que coinciden con alguna geometría cercana y que por efecto de las inercias y altas velocidades se está propagando hacia los costados. Suele aparecer cuando los drivers de los motores de la impresora son de baja calidad pero principalmente es propenso a existir cuando se imprime a altas velocidades.

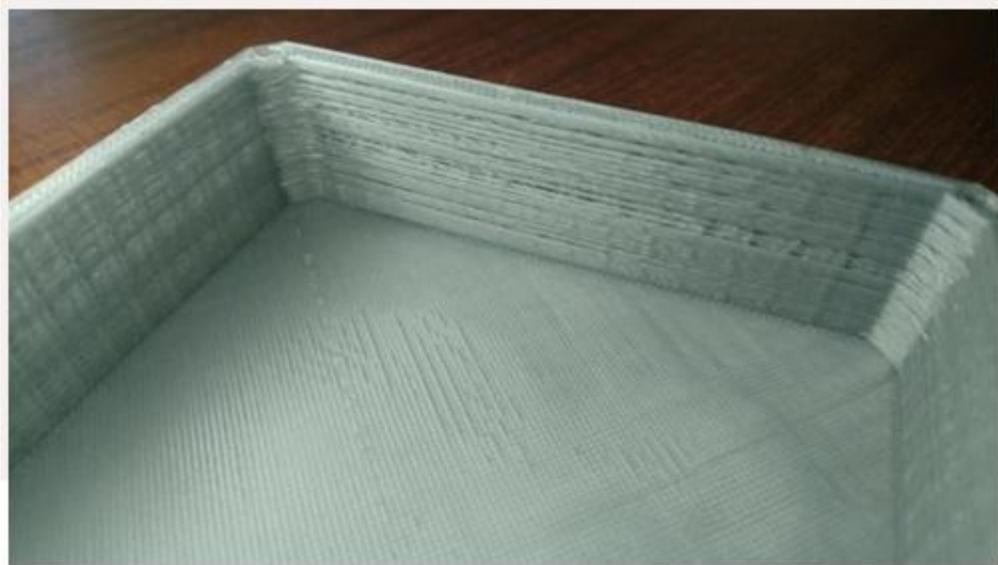
CAUSAS:

Demasiada velocidad de impresión. Correas flojas.

SOLUCIONES:

Disminuir velocidad de impresión.

PROBLEMAS DE EXTRUSIÓN



Las causas de una mala extrusión pueden ser diversas, pero para analizarlas primero debemos entender en qué consiste. La extrusión es incorrecta o inconsistente cuando nuestra línea impresa no es continua y homogénea, sino que se asemeja más a una línea punteada y despareja. Los problemas de extrusión suelen ir acompañados de la pérdida de pasos del motor del extrusor (lo cual genera un golpeteo característico en el mismo) y se suele dar por una dificultad del filamento a fluir a través de la boquilla.

Las causas pueden ser diversas, veremos ahora algunas de ellas.

CAUSAS:

- Nozzle obstruido total o parcialmente.
- Enfriamiento incorrecto en el disipador del hotend (posiblemente fan del hotend frenado por suciedad).
- Velocidad de impresión o flujo demasiado alto. Temperatura demasiado baja.
- Tubo de teflón desgastado y con alto rozamiento (en equipos Bowden). Polea dentada del extrusor empastada o floja.
- Resorte del extrusor demasiado flojo generando baja tracción.

SOLUCIONES:

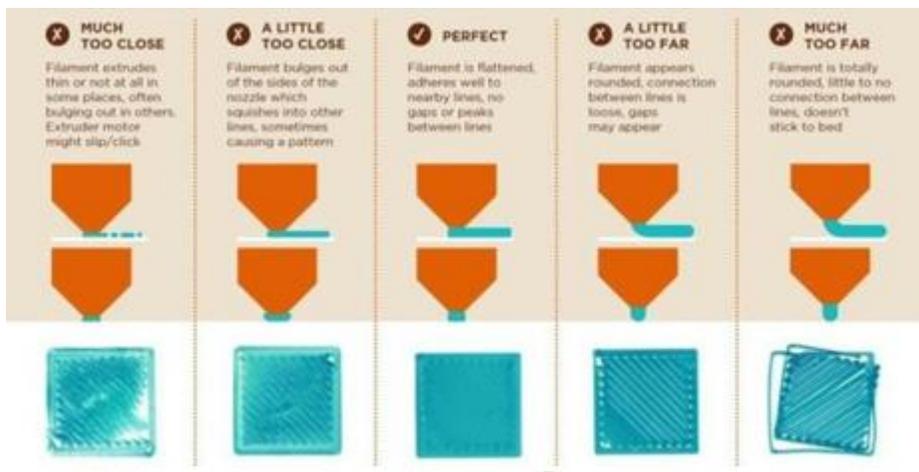
- Limpiar o reemplazar el nozzle.
- Limpiar el fan del hotend y el disipador en sí para remover suciedad y pelusas.
- Disminuir el flujo y la velocidad de impresión. Aumentar la temperatura.
- Revisar tubo de teflón.
- Revisar el estado del extrusor (principalmente polea dentada y resorte tensor).

CALIBRACIÓN Y AJUSTE

La calibración de las impresoras 3D está compuesta por una serie de operaciones que ajustan diversos componentes del equipo (mecánicos, electrónicos o de firmware) para asegurar el correcto funcionamiento de todo el conjunto y lograr impresiones de calidad. Veremos a continuación las operaciones de calibración esenciales:

NIVELACIÓN DE LA CAMA CALIENTE

Este proceso es clave para lograr impresiones perfectas. Una primera capa de impresión bien ejecutada depende fuertemente de la correcta nivelación de la cama caliente, y a su vez asegura una base sólida para que el resto de la impresión continúe de forma satisfactoria y sin atascos.

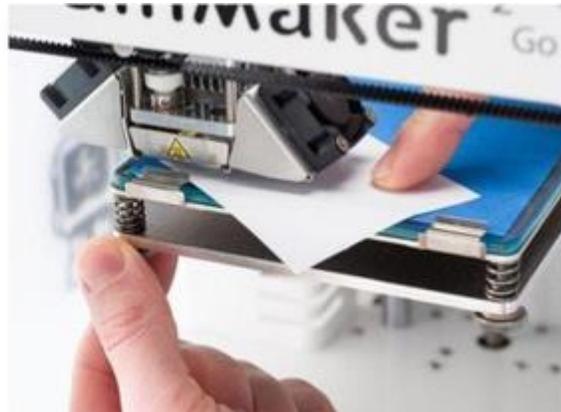
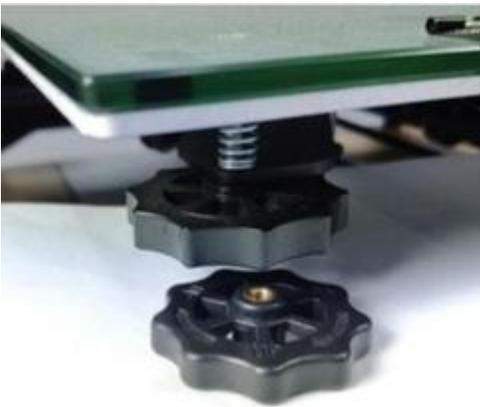


Si bien existen equipos con auto-nivelación, esto no exime a los usuarios de tener que nivelar la cama de forma periódica. El auto-level es un dispositivo que facilita la impresión cuando la nivelación no es perfecta, pero no es capaz de compensar desniveles extremos, por lo cual siempre hay un proceso de nivelación manual involucrado – en este caso, menos frecuente que en los equipos de nivelación 100% manual.

Las camas calientes de las impresoras son plataformas que se encuentran suspendidas por cuatro resortes, uno en cada esquina, y por debajo de ellos suele haber una perilla que permite regular la compresión de los mismos. De esta manera, al girar dicha perilla, la esquina sube o baja levemente.

Los pasos para realizar la nivelación son los siguientes:

1. Con el equipo encendido, ejecutar el comando Auto Home para llevar los 3 ejes al origen. En este momento el pico se ubicará sobre la primera esquina (generalmente, la Frontal Izquierda).
2. Navegar hasta la opción Disable Steppers o Apagar Motores.
3. Ubicar una hoja de papel A4 de resma estándar entre el pico y la plataforma calefaccionada. Ajustar la perilla que está por debajo de la esquina inicial (Frontal Izquierda) hasta que al deslizar el papel se sienta un leve roce (no debe quedar ni demasiado apretado ni demasiado libre). Sentido horario: ajusta. Sentido antihorario: desajusta. Nota: Si cuesta introducir la hoja de papel entre el pico y la plataforma, se puede presionar levemente esa esquina (Recordar que por debajo hay un resorte) y así generar un espacio para introducir el papel.



4. Mover manualmente el cabezal hacia la siguiente esquina (Posterior Izquierda) y repetir el procedimiento con el tornillo de esa esquina.
5. Mover manualmente el cabezal hacia la siguiente esquina (Posterior Derecha) y repetir el procedimiento con el tornillo de esa esquina.
6. Mover manualmente el cabezal hacia la siguiente esquina (Frontal Derecha) y repetir el procedimiento con el tornillo de esa esquina. Repetir los pasos 3, 4, 5 y 6, al menos 3 veces, ya que al ajustar cada esquina las otras restantes se desajustan levemente.

AJUSTE DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS

La impresora 3D es un equipo mecánico, compuesto por elementos mayormente estándar que se vinculan e interactúan entre sí, y como tal requieren ser verificados y ajustados de forma periódica para detectar y corregir imperfecciones.

TENSIÓN DE LAS CORREAS



Una de las verificaciones más importante es la tensión de las correas. Estas son las responsables de transformar el movimiento giratorio de los motores en movimientos lineales de avance de los ejes, y deben tener una tensión adecuada – ni demasiado tensas, ni demasiado flojas – para cumplir su función correctamente. Tensar una correa consiste en simplemente aflojar una pieza tensora, llevarla a una nueva posición y ajustarla allí.

No es fácil brindar un parámetro de cuál es la tensión correcta ni cómo lograrla, pero deben saber que “estirando” la correa a mano (Desde el tensor, claro) hasta la máxima posición que puedan, y ajustando allí, suele dar buenos resultados.

Sobre-tensionar las correas utilizando una palanca u otra herramienta puede traer desgaste prematuro de la correa e incluso ser perjudicial para la calidad de impresión.

Como recomendación, al adquirir un nuevo equipo, identifiquen cuales son los tensores a tener en cuenta para ajustar las correas, aun si no necesitan hacerlo en ese momento. Es parte del aprendizaje y entendimiento de nuestra impresora.

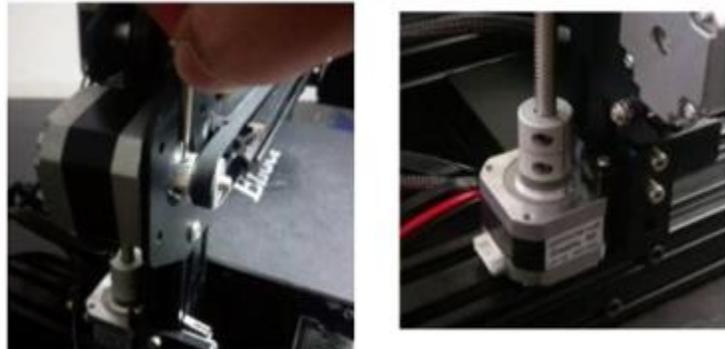
POSICIÓN DE LAS CORREAS

Las correas de la impresora deben estar, además de correctamente tensadas, correctamente centradas en sus alojamientos. Debemos asegurarnos que entre la polea conductora (solidaria al eje del motor) y la polea conducida (generalmente, un rodamiento ubicado en el otro extremo del eje), la correa se encuentra bien alineada y paralela al eje que alimenta. Sobre todas las cosas, hay que evitar que dicha correa esté rozando contra otro componente del equipo.

APRIETE DE LAS POLEAS Y ACOPLES

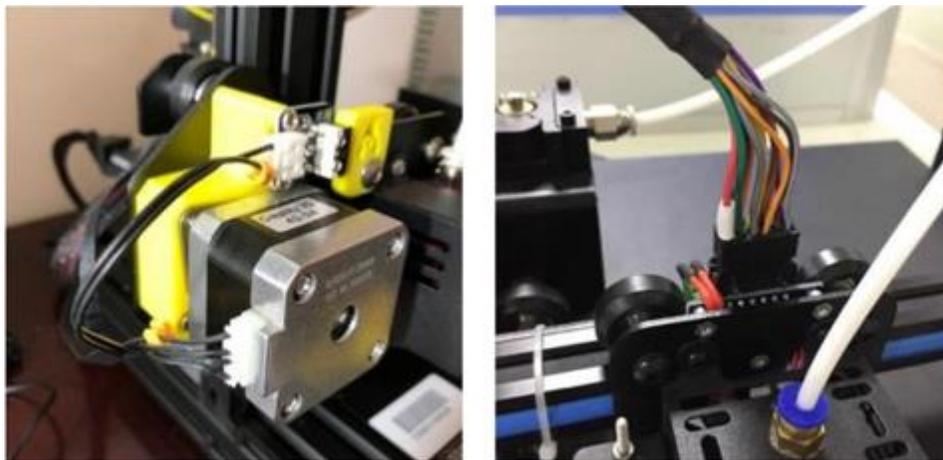
Las poleas dentadas y acoples elásticos son elementos que se utilizan para transmitir movimiento en nuestros equipos. Estos componentes, por lo general, utilizan pequeños

tornillos como dispositivos de sujeción, y es muy importante que los mismos estén firmes para evitar que haya movimientos relativos entre los motores y sus ejes correspondientes, lo cual resultaría en fallas a la hora de imprimir.



REVISIÓN DE CABLES Y CONEXIONES

Muchos componentes de la impresora están interconectadas entre sí mediante cables con pequeñas fichas encastrables. No es inusual que dichas conexiones se vayan aflojando con el uso del equipo. Las vibraciones y rápidos movimientos repetitivos de los carros de la máquina colaboran para que esto suceda. Debemos incorporar la revisión de los cables y conexiones a nuestra rutina de ajuste y mantenimiento básico, para evitar un falso contacto que podría llevar a una impresión fallida o algún inconveniente aún mayor.



Las principales conexiones a revisar, son:

- Cables de motores X, Y, Z y E. Cables de finales de carrera X, Y, Z.
- Ficha o cable de alimentación del Hotend (Ventiladores, termistor y resistencia).
Ficha o cable de alimentación de la Plataforma (termistor y resistencia).

- Cable del display.
- Cable del sensor de filamento. Cable del sensor de autonivel.

LIMPIEZA

Trabajar con una impresora 3D limpia y prolija, minimiza las posibilidades de que se presenten las fallas y además permite tener una visión mucho más directa sobre el equipo y detectar posibles problemas a tiempo. Veremos algunos pasos para mantener nuestra impresora en perfecto estado de pulcritud.

ELEMENTOS

A continuación, dejamos una lista de los elementos que recomendamos tener siempre a mano a la hora de ejecutar una limpieza general de nuestra impresora.

- Alcohol (Preferentemente ISOPROPÍLICO). Paños de Microfibra.
- Cepillo de dientes (Si es de cerdas duras, mejor).
- Hojas de Cutter o algún elemento plano para raspar. Aire comprimido (Opcional).
- Servilletas descartables.

LIMPIEZA DE LA CAMA CALIENTE

La cama caliente es una superficie muy propensa a la suciedad, ya que en la misma se van depositando constantemente pequeñas capas de spray adhesivo además de los restos del propio material impreso.

Mantenerla limpia es una tarea sencilla. Simplemente debemos rociarla con un poco del alcohol, y utilizar una hoja de cutter o algún elemento similar para raspar la superficie embebida. El alcohol ayudará a ablandar o disolver la suciedad y hará el trabajo mucho más fácil.

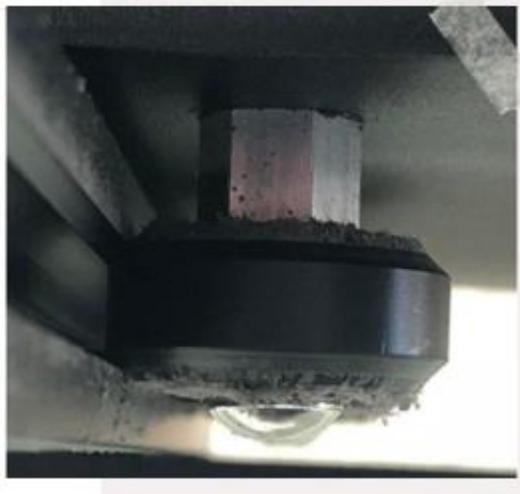
Una vez removidos todos los restos, podemos pasar un paño limpio con algo de alcohol para obtener una superficie impoluta.

LIMPIEZA DE RUEDAS V-SLOT

Hoy es muy común encontrar este tipo de ruedas como parte de la mecánica de los equipos. Por ejemplo están presentes en las Ender, CR10, Magna, y prácticamente cualquier equipo cuya estructura esté armada con perfilera de aluminio.

Estas ruedas realizan movimientos de vaivén constantes durante la impresión, y por eso notarán que acumulan polvo y pelusas estática. Estas pelusas pueden terminar siendo voluminosas y desprendiéndose sobre la impresión, por lo cual es importante mantener estas ruedas bien limpias.

Simplemente con una servilleta descartable podemos remover la pelusa y quedarán como nuevas.



LIMPIEZA DEL EXTRUSOR

Como hemos visto anteriormente, el extrusor es el componente que se encarga de mover el filamento a través del hotend. Para ello, cuenta con una polea de dientes filosos solidaria al eje del motor paso a paso, y un rodamiento o guía de respaldo.

Es usual que los dientes de la polea dentada se vayan llenando de polvillo o virutas de material (el plástico que utilizamos como materia prima). Para evitar esto, debemos limpiar periódicamente el conjunto del extrusor utilizando un cepillo de cerdas duras.

LIMPIEZA DEL HOTEND Y CAMBIO DE NOZZLE

Probablemente el proceso más tedioso y complejo de la limpieza. Debemos asegurarnos que nuestro hotend coincide con la configuración descrita, caso contrario, contactarse con el fabricante de nuestro equipo para solicitar las instrucciones de limpieza.

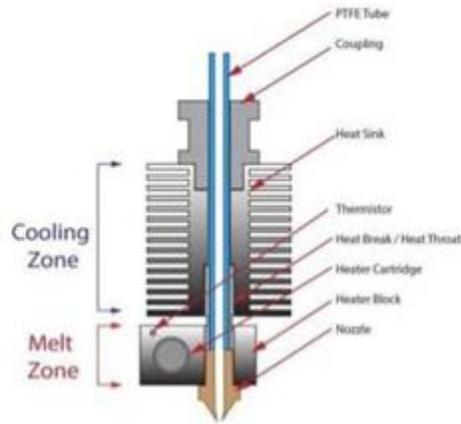
Veremos el procedimiento de limpieza para un hotend simple, con tubo bowden interno pasante (similar al que equipa a equipos como la Ender, CR10, Magna 1).

En todo hotend, resulta indispensable que las elevadas temperaturas generadas por la resistencia se mantengan lo más cercanas al nozzle posible. Se debe evitar a toda costa la transmisión de la misma hacia sectores más elevados del mismo, y de eso se encarga el disipador y el fan solidario al mismo.

Con el constante uso, tanto el disipador como los ventiladores que fuerzan el aire a través de él, se ven cubiertos por polvillo y pelusa plástica lo cual disminuye fuertemente el poder de disipación de los mismos generando un efecto indeseado: la elevación de la temperatura a través del mismo y el consecuente derretimiento del material en sectores alejados del nozzle, lo cual lleva a atascos y problemas de extrusión que pueden ir de leves a severos rápidamente.

Veremos el procedimiento para la limpieza completa del hotend, el cual a su vez coincide con el procedimiento recomendado para el cambio de nozzle. Este procedimiento va a garantizar un sello perfecto entre los componentes internos del hotend evitando fugas de plástico indeseadas y atascos.

1. Marcamos con un fibrón indeleble el tubo de teflón en el lugar donde ingresa al acople del hotend.
2. Calentamos el pico de la impresora hasta unos 220°C.
3. Removemos el filamento del hotend si es que quedó colocado de una impresión anterior.
4. Si pensamos reutilizar el nozzle, en este punto podemos utilizar una aguja calibrada del diámetro del mismo (suministrada en el kit de herramientas de algunos equipos) para limpiar la pequeña abertura.
5. Utilizando la llave generalmente suministrada junto al equipo, removemos el nozzle (en algunos equipos es necesario utilizar otra llave para mantener fijo el bloque y que no gire al rotar el pico).
6. Removemos el acople superior del hotend con la llave adecuada, el cual saldrá solidario al tubo de teflón.
7. Removemos el teflón del acople (se puede realizar antes del paso anterior, pero generalmente resulta más fácil una vez que ya tenemos el acople fuera).
8. Introducimos el tubo de teflón en el hotend, el cual debería pasar de largo y salir en el extremo del nozzle debido a la ausencia del mismo. En este momento notaremos que la punta del tubo tendrá restos de plástico pegados, los removemos antes de sacar el teflón hacia arriba.
9. Repetimos el paso 5 varias veces hasta que al pasarlo hacia abajo salga limpio el tubo.
10. Utilizando un cutter, cortamos apenas un milímetro de la punta del tubo de teflón para asegurar que esté en buen estado (ni quemada, ni aplastada, ni marcada). A veces podemos necesitar cortar un poco más. Prestar atención al corte, debe quedar perfectamente recto y a 90°, no puede quedar en ángulo porque no sellará bien.
11. Colocamos el nozzle (nuevo o el que limpiamos anteriormente). Lo roscamos hasta que hace tope contra el bloque, y en este punto le damos media vuelta hacia atrás.
12. Colocamos el acople superior hasta que hace tope, y también le damos media vuelta hacia atrás.
13. Colocamos el tubo de teflón, a través del acople, y lo introducimos hasta que hace tope contra el nozzle (hasta el fondo). La marca que hicimos en el primer paso ayudará a darnos cuenta si ingresó completo o se está trabando en algún lado. Debe ingresar completo hasta el fondo (la marca probablemente no sea visible porque hemos recortado un trocito de teflón de la punta y ahora ingresará unos milímetros más).
14. Ajustamos la media vuelta que faltaba al nozzle. Ajustamos la media vuelta que faltaba al acople superior.



NOTA: Para limpiar la parte externa de un nozzle podemos calentarlo en una hornalla durante unos 5 a 10 minutos, y luego inmediatamente sumergirlo en un recipiente con un poco de vinagre. El vinagre es un desincrustante natural, y hará que se desprenda gran parte de la suciedad externa del nozzle.

Podemos cepillararlo con una esponja de acero para devolverle su aspecto pulido externo.

LIMPIEZA GENERAL

Hasta ahora hemos visto como limpiar de forma puntual ciertas partes del equipo, pero no hemos hecho mención a otra enorme cantidad de componentes.

La estructura de la máquina, el display, cables, motores, partes plásticas, porta rollos, etc., se pueden mantener en perfecto estado utilizando un paño levemente humedecido con alcohol.

LUBRICACIÓN

Una vez finalizado el proceso de limpieza del equipo, resulta conveniente repasar la lubricación del mismo para evitar que los ejes se desplacen de forma forzosa o trabada, y además evitar el desgaste prematuro de los componentes.

Por suerte, son muy pocas las partes de la impresora que requieren lubricación:

Los tornillos y tuercas ACME (encargados del movimiento vertical, es decir, del eje Z del equipo).

Las barras con rodamientos lineales como las que encontramos en las Prusa, Prusa i3 Pro B, Ultimaker, Trideo, etc.

Para lubricarlos, recomendamos utilizar aceite para máquina de coser, el cual tiene baja viscosidad y no se seca ni queda “pegajoso” cuando la maquina entra en desuso por un corto período de tiempo. Si esta inactividad se extiende, se recomienda repetir esta lubricación para evitar inconvenientes.

El procedimiento es sencillo: Limpiamos el exceso de lubricante de estos componentes con una servilleta descartable y alcohol (preferentemente isopropílico), y luego aplicamos apenas unas gotas distribuidas a lo largo de las varillas o tornillos.

En esta instancia, nos aseguraremos de mover los ejes de extremo a extremo para asegurar que el lubricante genere una capa homogénea a lo largo de todos los componentes.

NOTA: Para mover los ejes X e Y podemos apagar el equipo y hacerlo a mano de manera suave.

Para más info visitar el siguiente link del laminador Prusa slicer:

https://help.prusa3d.com/es/category/prusaslicer_204

Tornos con CNC

El Torno CNC

El Torno CNC es una herramienta para mecanizado operada mediante el control numérico de un ordenador, el cual está incorporado dentro de él. Esto se explica mejor a través del significado de sus siglas CNC (control numérico computarizado) y este control numérico se basa en un sistema de lenguaje que se comunica a través de la emisión de "códigos G", que no es más que un sistema de comunicación Alfanumérico en este tipo de máquinas sofisticadas.

Los tornos CNC son muy versátiles ya que realizan funciones de taladrado y giros. Estos últimos, revolucionaron el mercado porque han facilitado la realización de cortes horizontales, verticales, curvos, los cuales anteriormente tomaban muchas horas de realización para los torneros.



Ventajas y desventajas del uso del torno CNC

Entre las principales ventajas está indudablemente la reducción de tiempos de mecanizado, pues el operario no tiene que pasar una pieza de un torno a otro.

Por otra parte, cada vez se han optimizado en su funcionamiento, lo que permite una mayor precisión y ajustes, evitando así los múltiples errores que pueda cometer el humano al intentar mecanizar una pieza.

Adicionalmente, y debido a la rápida evolución tecnológica, sus costos se disminuyen cada vez más, permitiendo que las pymes puedan tener acceso a estos equipos que antes eran exclusivos de las grandes industrias.

Como ocurre con la mayoría de equipos no convencionales, estos requieren de un personal capacitado para su manejo, pues siempre se debe realizar un programa antes del mecanizado de la primera pieza de la serie.

Por otra parte, los accesorios y repuestos son relativamente costosos, por lo que deben ser tenidos en cuenta dentro de la inversión.

Los tornos CNC, deben ser utilizados de una manera constante para que se pueda compensar el alto coste que implica su compra y mantenimiento.

Accesorios programables

Una máquina CNC no sería útil si solo contara con un control de movimiento. Casi todas las máquinas son programables de varias otras maneras. El tipo específico de máquina está directamente relacionado con sus accesorios programables apropiados, por lo que puede programarse cualquier función requerida en una máquina CNC. Así, por ejemplo, un centro de mecanizado contará al menos con las siguientes funciones específicas programables:

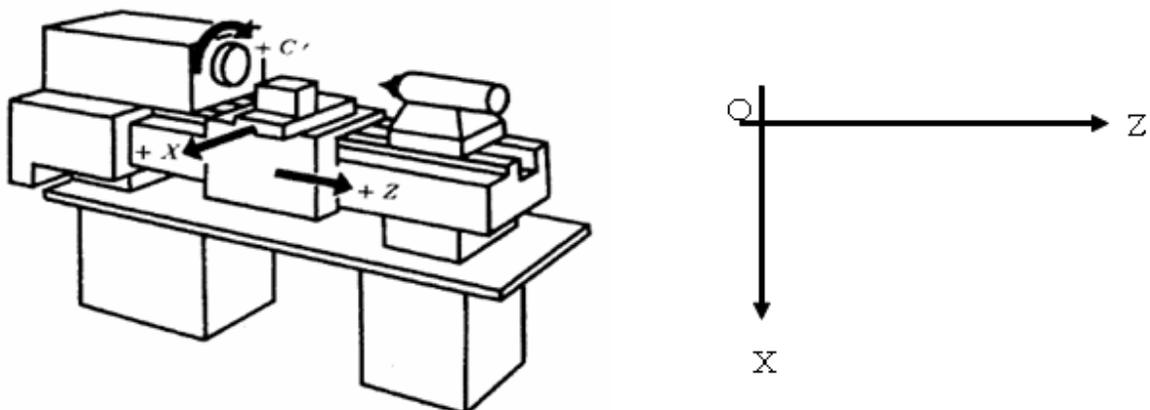
Cambiador automático de herramienta: la mayoría de los centros de mecanizado puede tener muchas herramientas diferentes ubicadas en un portaherramientas. Cuando se requiera, la herramienta necesaria puede colocarse automáticamente en el husillo para efectuar el mecanizado correspondiente.

Velocidad y activación del husillo: la velocidad del husillo (en rpm) se puede especificar fácilmente y el husillo puede girar no sólo en un sentido horario o antihorario, sino que además, puede detenerse.

Refrigerante: muchas operaciones de mecanizado requieren de refrigerante para lubricar y enfriar. El refrigerante puede activarse y desactivarse durante el ciclo de trabajo de la máquina.

Eje de coordenadas y su dirección

Este sistema funciona de acuerdo a las normas ISO. A los dos ejes de coordenadas se los llama X y Z, los cuales son perpendiculares para formar un sistema de coordenadas rectangular plano X - Z, como en la figura.



Eje X: Es perpendicular a la línea central del husillo. La dirección positiva del eje X es aquella que aleja a la herramienta del centro del husillo.

Eje Z: Coincide con la línea central del husillo. La dirección positiva del eje Z es aquella que aleja a la herramienta del frente del plato.

Punto de referencia de la máquina o cero máquina.

El punto de referencia es un punto fijo en la máquina. Generalmente está fijado en la posición de recorrido máximo en direcciones X y Z. Allí se instalan la señal del punto de referencia de la máquina y el límite de carrera. Si el sistema carece de ambos, por favor no utilice esta función, o fije el **M Z R O** de P12 en 0.

¿En qué consiste la programación de CNC?

Los fabricantes utilizan la programación de CNC (control numérico computarizado) para crear instrucciones de programas para los equipos que controlan las máquinas herramienta. Este control CNC es un componente importante del proceso de fabricación que mejora la automatización y aumenta la flexibilidad.

El control numérico (CN) nos permite automatizar las máquinas herramientas, al ser estas dirigidas por comandos programados (lenguaje de programación) mediante un control.

La programación en control numérico CNC-Torno, nos permite aprovechar el diseño del perfil normalmente cilíndrico de una pieza, y a partir del mismo, calcular los puntos por donde pasara una herramienta y mecanizará el perfil diseñado.

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especifica el movimiento de corte de la herramienta.

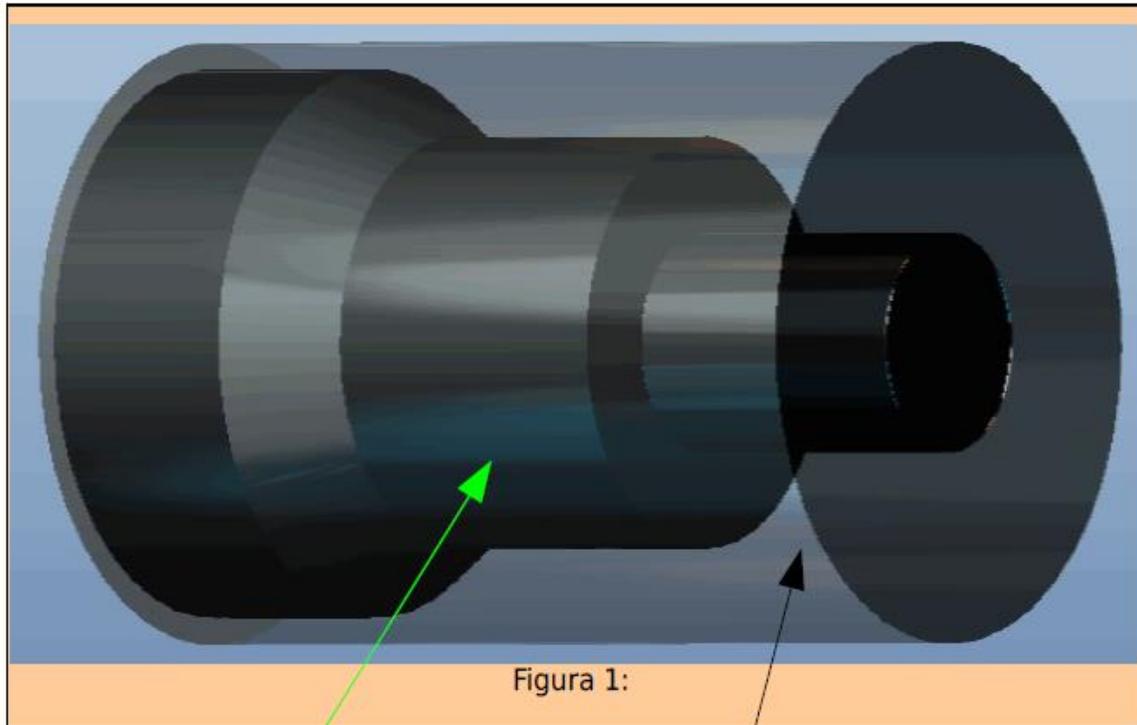
En el torno tenemos dos movimientos, uno longitudinal, que controla la coordenada Z y otro transversal (o de diámetros), que controla la coordenada X

El lenguaje de programación, son códigos normalizados (ISO) y cálculos de coordenadas, que nos permiten mecanizar una pieza con gran precisión.

El lenguaje de programación de CNC, determina las reglas con las que deberán construirse los bloques de programa de CNC

Los lenguajes de programación CN están estandarizados internacionalmente. La norma

DIN 66025 "Desarrollo de programas para máquinas de control numérico" (partes 1 y 2) coinciden en contenido con el estándar internacional ISO/DIS 6983 y ISO/DP 6983.



Pieza a mecanizar

Material en Bruto

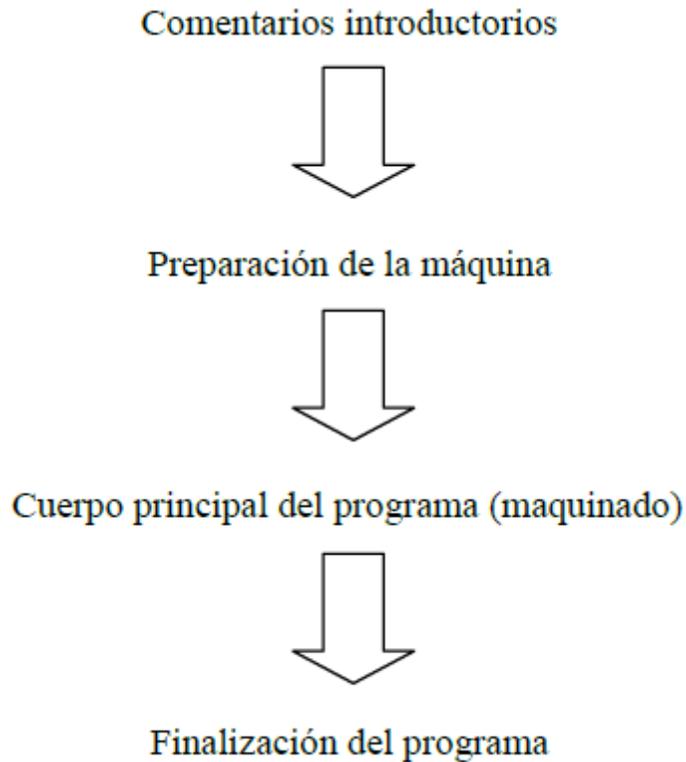
Programación:

Un programa de CNC está compuesto por los siguientes elementos:

1. Por bloques llamados N, y puede haber tantos como sea necesario.
2. Los bloques se numerarán ordenadamente de uno en uno o mejor de 10 en 10, de forma que si en algún momento deseamos intercalar 9 bloques más, lo podamos hacer.
3. Por funciones G, que nos sirven para determinar cómo y de qué forma mecanizamos.
4. Por la letra F, que nos permite determinar el avance en el mecanizado: F0.1
5. Por la letra S, que nos permite determinar las revoluciones en el mecanizado: S2000
6. Por la letra T, que nos elige la herramienta con la que vamos a mecanizar: T0.10
7. Por funciones M, que nos dan las condiciones del mecanizado.

Estructura de los programas de Control Numérico (CN)

Para realizar la programación de una pieza en el torno de Control Numérico (CN) es necesario que se siga una estructura básica como la que se indica:



Comentarios introductorios.

Son todos aquellos comentarios que indican las características generales del programa, así como los datos del programador, se programan por medio de un paréntesis abierto antes del comentario (texto) y en el software de simulación aparecerá de color rojo, el paréntesis se puede o no cerrar para concluir el comentario, para abrir un nuevo comentario es necesario abrir otro paréntesis. Los comentarios solamente actúan como “notas” u “observaciones” en la programación pero no intervienen en ningún aspecto de esta.

Los comentarios que deberá llevar un programa de Control Numérico (CN) dependerán de las características que el programador quiera indicar al momento de presentar el trabajo, así como de las necesidades de la empresa.

Preparación de la máquina de Control Numérico (CN).

Como ya se ha mencionado anteriormente el torno se programa mediante códigos ISO G y M, estos códigos están estandarizados para la mayoría de las operaciones y solamente basta con adecuarlos a las necesidades propias de cada máquina herramienta de Control Numérico (CN).

Todos los programas de Control Numérico (CN) deben tener una identificación o etiqueta en cada uno de los bloques que se estén programando para que al momento de realizar una revisión o adecuación sea más fácil de localizar el bloque correspondiente. Se recomienda

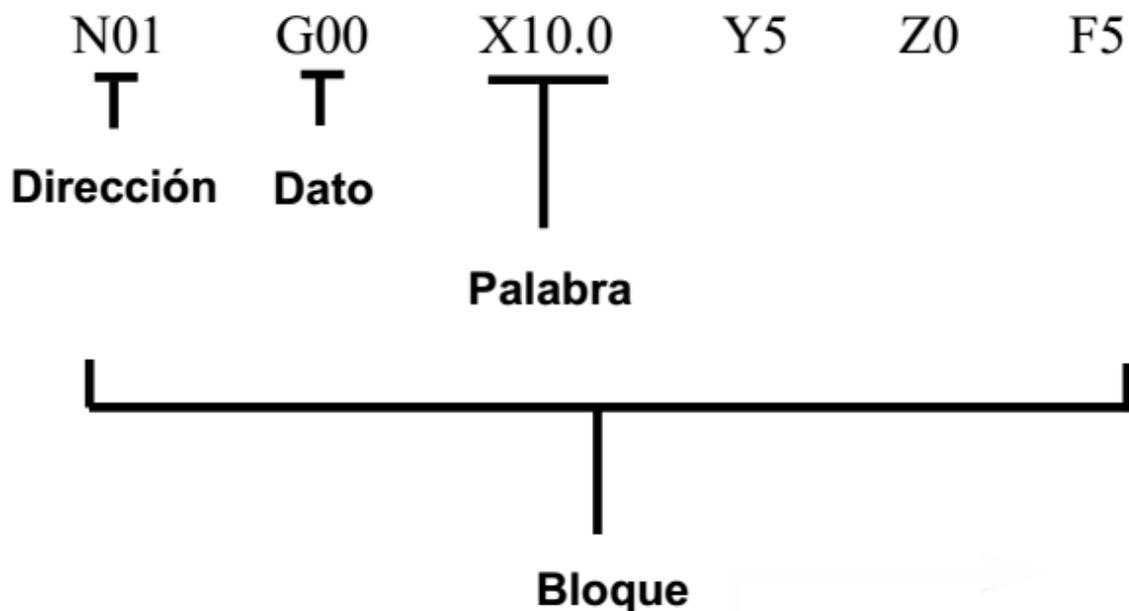
utilizar la nomenclatura N010, N020, N030,. . ., etc., para cada uno de los bloques programados.

Cuerpo principal del programa de Control Numérico (CN).

En esta parte del programa se estructuran todos los movimientos necesarios para definir completamente el contorno de la pieza por obtener, se pueden utilizar códigos generales (G00, G01, G02, G03, etc.,) o códigos con ciclos (G90, G94, G71, G72, etc.,).

Finalización del programa de Control Numérico (CN).

Una vez obtenido el perfil de la pieza a trabajar se deben establecer las condiciones necesarias para finalizar el programa y sentar las bases para, en caso necesario, repetir el programa.



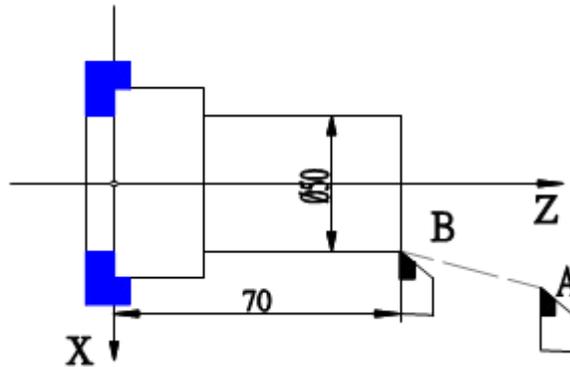
Programación de Coordenadas

Se podrán aplicar las coordenadas absolutas (X, Z), las coordenadas relativas (U, W), o las coordenadas compuestas (X/U, Z/W) a la programación en este sistema.

El sistema adopta la programación en diámetro en dirección X.

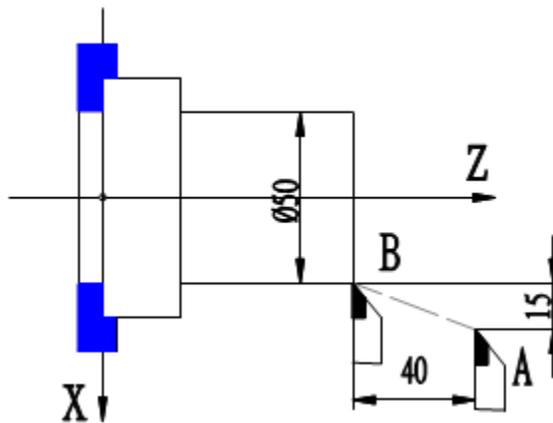
Valor de las coordenadas absolutas

El valor de las coordenadas absolutas es la distancia hasta el origen de las coordenadas.



Valor de las coordenadas relativas

El valor de las coordenadas relativas es la distancia desde la posición previa hasta la próxima, es decir, la distancia de movimiento actual de la herramienta, como en la figura:



Sistema de coordenadas de la pieza de trabajo

El origen de las coordenadas de la pieza de trabajo es un punto fijo en la pieza de trabajo. Sus ejes son paralelos a los ejes X y Z en la misma dirección.

Después de que se crean las coordenadas de la pieza de trabajo, todos los valores de las coordenadas absolutas en la programación, serán los valores de posición en el sistema de coordenadas de la pieza de trabajo. Generalmente, el eje Z del sistema de coordenadas de la pieza de trabajo se fija en la línea central de rotación de la pieza de trabajo.

De acuerdo a las condiciones actuales de programación, se definen las coordenadas de la pieza de trabajo en cero, es decir el origen en el plano de la pieza de trabajo.

Punto de referencia o cero pieza

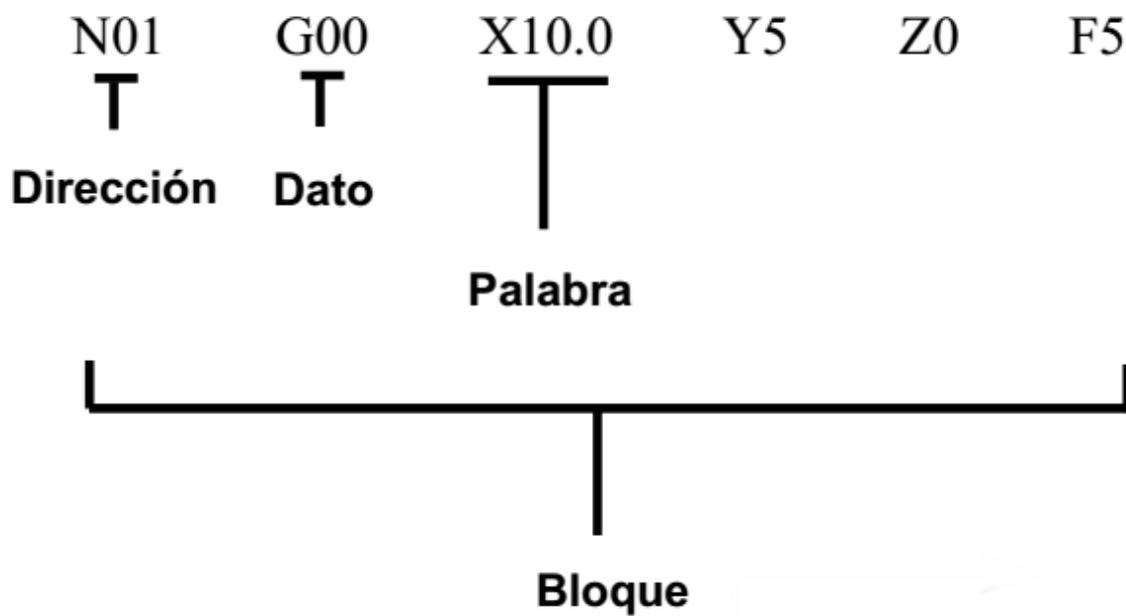
El punto de referencia fijado por el operador estará en una posición segura y conveniente.

Una vez definido el punto de referencia, la herramienta puede volver a éste, ejecutando la función de regreso al punto de referencia en los modos “Manual” o “Auto”. Aún al apagar el sistema, el punto de referencia seguirá existiendo. Si se emplea el motor paso a paso, habrá un pequeño error causado por la vibración del motor después de que se encienda nuevamente el sistema. Vuelva a ejecutar el regreso al punto de referencia para evitar el error.

Programa CNC

Se llama programa al conjunto de instrucciones editadas de acuerdo a los requisitos de la máquina CNC. De acuerdo a la secuencia de las instrucciones, la herramienta se desplaza en línea recta y en arco circular, el husillo se enciende/se apaga, y el refrigerante está ON/OFF. La secuencia de las instrucciones se editará de acuerdo a los requisitos técnicos de la pieza.

El programa presenta un formato de frases conformadas por bloques, encabezados por la letra N, tal como vemos en la figura de abajo, donde cada movimiento o acción se realiza secuencialmente y donde cada bloque está numerado y generalmente contiene un solo comando.



Caracteres de Dirección	Función	Especificación	Unidad
%	Número de	Número de programa de	

	Programa	mecanización de la pieza de Trabajo	
N	Número de segmento	Número de segmento	
G	Funciones preparatorias	Modo de ejecución de instrucción	
M	Funciones Auxiliares	Instrucciones de operación Auxiliares	
T	Función de Herramienta	Número de herramienta y número de compensación	
S	Función de velocidad del Husillo	Instrucciones de la velocidad del husillo	
F	Función de corte	Velocidad de corte	mm/min
X Z	Coordenadas absolutas	Valor de coordenadas absolutas X, Z	mm
U W	Coordenadas relativas	Valor de coordenadas relativas X, Z	mm
I K	Coordenadas del centro del círculo	Coordenadas relativas del centro del círculo X, Z al punto de comienzo del arco	mm
R	Radio del arco o conicidad de un ciclo fijo	Radio del arco o conicidad	mm
E	Paso de la rosca	Paso de rosca en pulgadas	Hilos/pulgada
D	Tiempo de pausa	Instrucción de pausa	0.001seg.
P	Rosca métrica, o Salto de bloque	Paso de la rosca métrica o Llamada a la instrucción de salto	
L	Direcciones Compuestas	Cantidad de ciclos, pasos de rosca o bloques de contorno en un ciclo	

Campo

Un campo consiste de un carácter de dirección y las instrucciones numéricas que le siguen. Por ejemplo: N000 X12.8 W-23.45, etc.

Cada campo debe tener un carácter de dirección y a continuación, una serie de caracteres numéricos.

Se puede omitir una serie de caracteres numéricos 0.

Se puede omitir el primer cero de las instrucciones. Por ejemplo, G00 puede escribirse como G0. Se puede omitir el signo positivo, pero no el negativo.

Número de segmento

Un número de segmento consiste de la letra “N” y del entero de 4-bits que le sigue. Se podrá generar automáticamente a través del sistema y se podrá modificar en el modo “Edit”. El rango es 0000-9999.

Segmento

Un segmento consiste de un número de segmento y campos. Un segmento puede contener 255 caracteres como máximo (incluyendo el espacio entre las palabras). Es necesario tener el número de segmento generado automáticamente por el sistema, y éste podrá modificarse en el modo “Edit”.

N0120 G1 X130 W-40 F50 Enter.

N0120 Número de segmento

G 1 Función preparatoria X130 W-40 Datos de movimiento

F50 Velocidad de movimiento

Enter Finaliza el segmento al presionar Enter.

Nota 1: Cada campo de un segmento está separado por un espacio generado automáticamente por el sistema, pero es necesario ingresar el espacio manualmente cuando el sistema no pueda distinguir las palabras.

Nota 2: la pieza puede ser ubicada en cualquier posición del segmento.

Estructura del programa

Un segmento consiste de un conjunto de instrucciones de una o más operaciones técnicas durante el curso de la mecanización. Un programa consiste de algunos segmentos que llevan a cabo la mecanización en forma ordenada. Para identificar los segmentos se usa un número de segmento. Para identificar los programas, se usan los nombres programas (o nombres de archivos).

Cada programa consiste de un número de programa y de segmentos. Un programa contiene como máximo 9999 segmentos. Un número de segmento está compuesto por N y los enteros de 4-bits que le siguen. Un número de programa consta de % y el entero de 2-bits que le sigue.

Las instrucciones y sus funciones

Aquí se describen las funciones y las especificaciones de las instrucciones del GSK928TC.

Instrucciones G - Funciones preparatorias

Las instrucciones G constituyen el modo de ejecución de la máquina, y, están formadas por el carácter “G” y un dígito de 2-bits que le sigue, ver tabla y especificaciones de comandos **en el manual del torno GSK980 tdb.**



CÓDIGOS G	CÓDIGOS M
G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)	M00: Parada opcional
G01: Interpolación lineal (maquinando)	M01: Parada opcional
G02: Interpolación circular (horaria)	M02: Reinicio del programa
G03: Interpolación circular (antihoraria)	M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
G04: Compás de espera	M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
G10: Ajuste del valor de offset del programa	M05: Frenar el husillo
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)	M06: Cambiar de herramienta
G21: Comienzo de uso de unidades métricas	M07: Abrir el paso del refrigerante B
G28: Volver al home de la máquina	M08: Abrir el paso del refrigerante A
G32: Maquinar una rosca en una pasada	M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
G36: Compensación automática de herramienta en X	M10: Abrir mordazas
G37: Compensación automática de herramienta en Z	M11: Cerrar mordazas
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta	M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda	M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha	M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
G70: Ciclo de acabado	M31: Incrementar el contador de partes
G71: Ciclo de maquinado en torneado	M37: Frenar el husillo y abrir la guarda
G72: Ciclo de maquinado en frenteado	M38: Abrir la guarda
G73: Repetición de patrón	M39: Cerrar la guarda
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas	M40: Extender el alimentador de piezas
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas	M41: Retraer el alimentador de piezas
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante	M43: Avisar a la cinta transportadora que avance
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante	M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)	M45: Avisar a la cinta transportadora que frene
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)	M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas)
	M49: Cancelar M48
	M62: Activar salida auxiliar 1
	M63: Activar salida auxiliar 2
	M64: Desactivar salida auxiliar 1
	M65: Desactivar salida auxiliar 2
	M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
	M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
	M70: Activar espejo en X
	M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
	M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
	M80: Desactivar el espejo en X
	M98: Llamada a subprograma
	M99: Retorno de subprograma

Elegir la herramienta adecuada para el mecanizado CNC

Es importante elegir la herramienta CNC correcta al programar. Los requisitos generales para las herramientas CNC son su fácil instalación y ajuste, buena rigidez, alta precisión y buena

durabilidad. Sobre esta base, una consideración integral del rendimiento de corte del material de la pieza, la capacidad de procesamiento de la máquina herramienta, el tipo de proceso de mecanizado CNC. La cantidad de corte y muchos factores relacionados con el rango de trabajo de la máquina herramienta y el dispositivo de control numérico.

Factores que afectan la selección de herramientas CNC.

Al elegir el tipo y la especificación de la herramienta, se consideran los principales factores:

1. Naturaleza de la producción.

La propiedad de producción aquí se refiere al tamaño de lote de las piezas, principalmente considerando la influencia en la selección de la herramienta del costo de procesamiento. Por ejemplo, el uso de herramientas especiales en la producción en masa puede ser rentable. En la producción de pequeños lotes, la elección de herramientas estándar es más adecuada.

2. Tipo de máquina

Selección del tipo de efectos de la herramienta (taladro, herramienta de torneado o herramienta de fresado). Las herramientas de alta productividad, como las herramientas de corte de alta velocidad y las herramientas de torneado de avance grande, se permiten bajo la condición de que el sistema de piezas de trabajo y el sistema de herramientas sean rígidos.





3. Plan de mecanizado CNC

Se pueden utilizar diferentes tipos de herramientas para diferentes soluciones de mecanizado CNC. Por ejemplo, el mecanizado de agujeros puede hacerse con taladros y escariadores, o con taladros y herramientas de perforación.

4. Tamaño y forma de la pieza.

El tamaño y la forma de la pieza también influyen en la elección del tipo de herramienta y la especificación. Por ejemplo, las superficies especiales se mecanizan con herramientas especiales.

5. La rugosidad de la superficie de mecanizado

La rugosidad de la superficie de la superficie mecanizada afecta la forma estructural y la cantidad de corte de la herramienta. Por ejemplo, cuando se utilizan desbaste, se pueden utilizar fresas de dientes ásperos, y las fresas finas se utilizan mejor para el fresado de acabado.

6. Precisión de mecanizado

La precisión de mecanizado afecta el tipo y la forma de la herramienta de acabado. Por ejemplo, el mecanizado final del orificio puede procesarse perforando, escariando o taladrando según la precisión del orificio.

7. Material de la pieza de trabajo

El material de la pieza de trabajo determinará la elección del material de la herramienta y la geometría de la parte de corte. El material de la herramienta está relacionado con la precisión de mecanizado de la pieza y la dureza del material.

Requisitos de rendimiento de las herramientas CNC.

Debido a que las máquinas herramienta CNC tienen las características de alta precisión de mecanizado, alta eficiencia de mecanizado, proceso de mecanizado concentrado y pocos tiempos de sujeción de piezas, se imponen mayores requisitos en las herramientas de CNC utilizadas.

En términos de rendimiento de la herramienta, las herramientas CNC deben ser más altas que las utilizadas en las máquinas herramienta ordinarias.

Al seleccionar una herramienta CNC, la primera opción es utilizar primero la herramienta estándar. Si es necesario, puede utilizar una variedad de herramientas compuestas de alta eficiencia y herramientas especiales. Al seleccionar una herramienta CNC estándar, debe combinarse con la situación actual, en la medida de lo posible, para elegir una variedad de herramientas avanzadas, como herramientas indexables, herramientas de carburo sólido, herramientas de cerámica.

Al elegir una máquina herramienta CNC, también se debe considerar los siguientes aspectos:

- **El tipo**, la especificación y el nivel de precisión de la herramienta CNC deben poder cumplir los requisitos de mecanizado, y el material de la herramienta debe ser compatible con el material de la pieza.
- **Buen rendimiento** de corte.

Para adaptarse al gran respaldo y la alta velocidad de avance de la herramienta durante el desbaste o el mecanizado de materiales difíciles de mecanizar, la herramienta debe poder soportar cortes de alta velocidad y cortes potentes. Al mismo tiempo, el mismo lote de herramientas debe ser estable en términos de rendimiento de corte y vida útil de la herramienta para lograr un cambio de herramienta de acuerdo con la vida útil de la herramienta o para administrar la vida de la herramienta mediante el sistema CNC.

- **Alta precisión.**

Para cumplir con los requisitos de alta precisión y cambio automático de herramientas en el mecanizado CNC, la herramienta debe tener una alta precisión. Por ejemplo, la fresa de extremo integral tiene una precisión dimensional radial de hasta 0,005 mm.

- **Alta fiabilidad.**

Es necesario asegurarse de que la herramienta no se dañe accidentalmente y de posibles defectos en el mecanizado CNC, lo que afectará el progreso suave del mecanizado. Se requiere que la herramienta y los accesorios combinados con ella tengan una buena confiabilidad y una gran adaptabilidad.

- **Alta durabilidad.**

Las herramientas de mecanizado CNC, ya sea en desbaste o acabado, deben tener una mayor durabilidad que las utilizadas en las máquinas herramientas convencionales. Con el fin de minimizar el número de herramientas de reemplazo o rectificadas y la configuración de herramientas, mejorando así la eficiencia de procesamiento de las máquinas herramienta CNC y el proceso de garantía de calidad.

- **Buena ruptura de viruta y rendimiento de eliminación de viruta.**

En el mecanizado CNC, la ruptura de viruta y la eliminación de viruta no se manejan manualmente a mano, como en las máquinas herramientas ordinarias. Las virutas tienden a envolverse alrededor de la herramienta y la pieza de trabajo, dañando la herramienta y rasguñando la superficie mecanizada, e incluso pueden causar lesiones y accidentes con el equipo. Afecta a la calidad de la máquina y al funcionamiento seguro de la máquina herramienta, por lo que se requiere que la herramienta tenga un mejor rendimiento de ruptura de viruta y eliminación de viruta.



Método de selección de herramienta

La elección de la herramienta es uno de los contenidos importantes en el proceso de mecanizado CNC, que no solo afecta la eficiencia de mecanizado de la máquina herramienta, sino que también afecta directamente la calidad de mecanizado de la pieza. Debido a que la velocidad del husillo y el rango de las máquinas herramienta CNC son mucho más altos que las máquinas herramientas ordinarias, y la potencia de salida del husillo es grande. Por lo

tanto, en comparación con el método de procesamiento tradicional, se imponen requisitos más altos en la herramienta de mecanizado CNC, que incluyen alta precisión, alta resistencia, buena rigidez, alta durabilidad, tamaño estable e instalación y ajuste convenientes. Esto requiere una estructura razonable de la herramienta, la estandarización de los parámetros geométricos. Las herramientas CNC son uno de los requisitos previos para mejorar la eficiencia del mecanizado. Su elección depende de la geometría de la pieza que se está mecanizando, el estado del material, la rigidez del dispositivo y la herramienta seleccionada para la máquina.

Los siguientes aspectos deben ser considerados:

(1) Seleccione la herramienta de acuerdo con el rendimiento de corte del material de la pieza. Para torneado o fresado de piezas de acero de alta resistencia, aleación de titanio y acero inoxidable, se recomienda seleccionar una herramienta de carburo indexable con buena resistencia al desgaste.

(2) Seleccione la herramienta de acuerdo con la etapa de mecanizado de la pieza.

Es decir, la etapa de desbaste es principalmente para eliminar el margen, y debe seleccionarse la herramienta con mejor rigidez y menor precisión. En las etapas de semiacabado y acabado, para garantizar la precisión de mecanizado y la calidad del producto de las piezas, deben seleccionarse herramientas de alta durabilidad y alta precisión. La herramienta utilizada en la etapa de desbaste tiene la precisión más baja y la herramienta utilizada en la etapa de acabado tiene la precisión más alta. Si se selecciona la misma herramienta para el mecanizado en bruto y de acabado, se sugiere que la herramienta eliminada del mecanizado de acabado se seleccione para el mecanizado en bruto. Debido a que la condición de desgaste de la herramienta para el acabado del acabado es principalmente el ligero desgaste de la hoja, el recubrimiento se desgasta y repara la luz, y el uso continuo afectará la calidad de procesamiento del acabado, pero el impacto en el desbaste es pequeño.

Molino de extremo



(3) Los parámetros de la herramienta y la geometría se seleccionan de acuerdo con las características del área de mecanizado. Se debe utilizar una herramienta con un diámetro grande y una relación de aspecto pequeña si la estructura de la parte lo permite; El borde de corte central de una parte de pared ultra delgada de pared delgada debe tener un ángulo centrípeto suficiente para reducir la fuerza de corte de la herramienta y la parte de corte. Al procesar piezas como aluminio y cobre, debe seleccionar un molino de extremo con una esquina frontal ligeramente más grande y el número de dientes no debe exceder los 4 dientes.

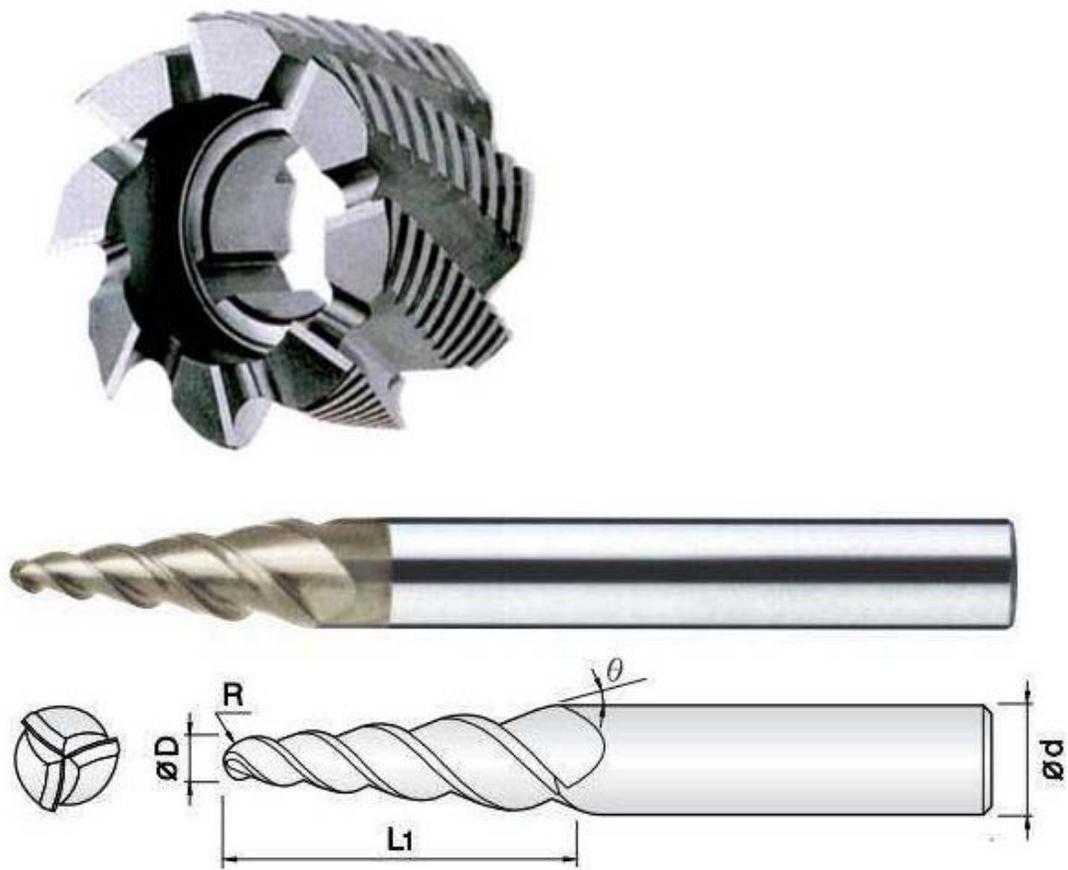
Al seleccionar una herramienta, el tamaño de la herramienta debe adaptarse al tamaño de la superficie de la pieza a mecanizar. En la producción, el contorno periférico de las partes planas a menudo es procesado por un molino final; Al fresar el plano, debe seleccionarse la fresa de inserción de carburo cementado; Al mecanizar cabezas y ranuras, seleccione fresas de acero de alta velocidad; Al procesar la superficie de la pieza en bruto o desbaste el orificio, se puede seleccionar una fresa de maíz con un inserto de carburo; Para el mecanizado de algunos contornos tridimensionales y de ángulo variable, a menudo se utilizan fresas de bola, fresas de anillo, fresas cónicas y fresas de disco.

En el mecanizado de superficie de forma libre, ya que la velocidad de corte del extremo de la herramienta de extremo de bola es cero. Para garantizar la precisión de mecanizado, el paso de corte es generalmente pequeño, por lo que el cortador de fresado de bola es adecuado para el acabado de la superficie curva.

El molino de extremo es muy superior al molino de bola tanto en calidad de superficie como en eficiencia de mecanizado. Por lo tanto, cuando sea necesario asegurarse de que las partes no se cortan, al desbastar y semiacabar la superficie, intente seleccionar la fresa final. Además, la durabilidad y la precisión de la herramienta dependen en gran medida del precio de la herramienta y deben tenerse en cuenta.

En la mayoría de los casos, la elección de una buena herramienta aumenta el costo de la herramienta, pero el aumento resultante en la calidad de procesamiento y la eficiencia de procesamiento puede reducir en gran medida el costo general de procesamiento.

En el centro de mecanizado, todas las herramientas están preinstaladas en el almacén de herramientas, y el cambio de herramienta correspondiente se realiza mediante la selección de herramientas y los comandos de cambio de herramienta del programa NC. El vástago estándar correspondiente para la especificación del sistema de máquina-herramienta debe seleccionarse de modo que la herramienta de mecanizado CNC pueda montarse rápida y precisamente en el eje de la máquina o devolverse al cargador de herramientas. El programador debe ser capaz de comprender el tamaño de la estructura, el método de ajuste y el rango de ajuste del portaherramientas utilizado en la máquina herramienta para garantizar que las dimensiones radial y axial de la herramienta se determinan durante la programación, y el orden de las herramientas está dispuesto razonablemente.

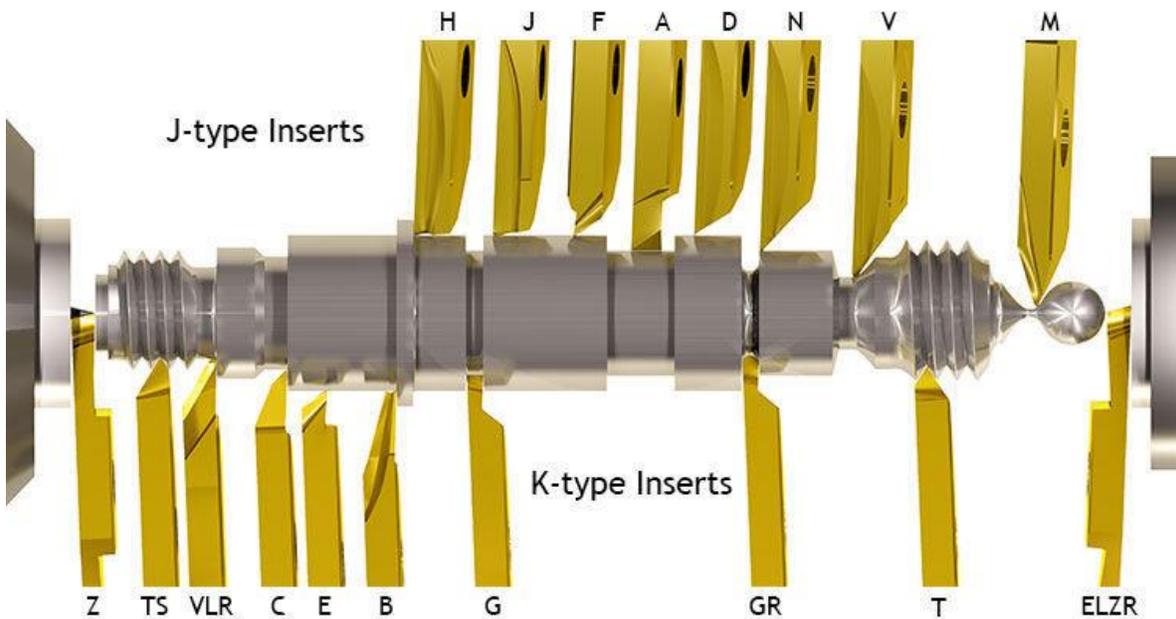


Herramientas para torno CNC.

外圓刀(压板式) External Turning Tool



内孔车刀 (螺钉式) Internal Turning Tool



Piezas fabricadas en tornos CNC





Oportunidades laborales que ofrece la tecnología CNC

Con la expansión de las máquinas CNC resulta sorprendente la gran escasez de personal capacitado para operar dichas máquinas. Por lo tanto esta es un área prometedora en la que se puede acceder a buenos salarios y desarrollar una carrera gratificante. Los que siguen son algunos de los puestos de trabajo de mayor oferta para todos aquellos que buscan oportunidades dentro del campo de las máquinas CNC.

Industrias manufactureras	Empresas que comercializan máquinas CNC	Capacitación y difusión
<ul style="list-style-type: none"> • Ayudantes • Ajustadores de herramientas • Técnicos de puesta a punto de máquinas CNC • Operadores de máquinas CNC • Oficiales de mecanizado • Programadores CNC • Programadores CAD-CAM • Personal de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal para servicio técnico • Ingenieros de aplicaciones CNC • Instructores de CNC • Vendedores especializados • Asesores posventa 	<ul style="list-style-type: none"> • Instructores de CNC • Organizadores de cursos/seminarios • Organizadores de eventos