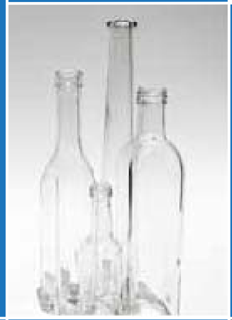




Fabricación Aditiva: Tecnologías

Dr. Guillermo Reyes Pozo
Director del Departamento de Ingeniería Industrial.
IQS. Universitat Ramon Llull

Additive manufacturing (AM)

Additive manufacturing (AM), n – process of joining materials to make objects from 3D model data, usually layer upon layer, as opposed to subtractive manufacturing methodologies. Synonyms: additive fabrication, additive processes, additive techniques, additive layer manufacturing, layer manufacturing and freeform fabrication

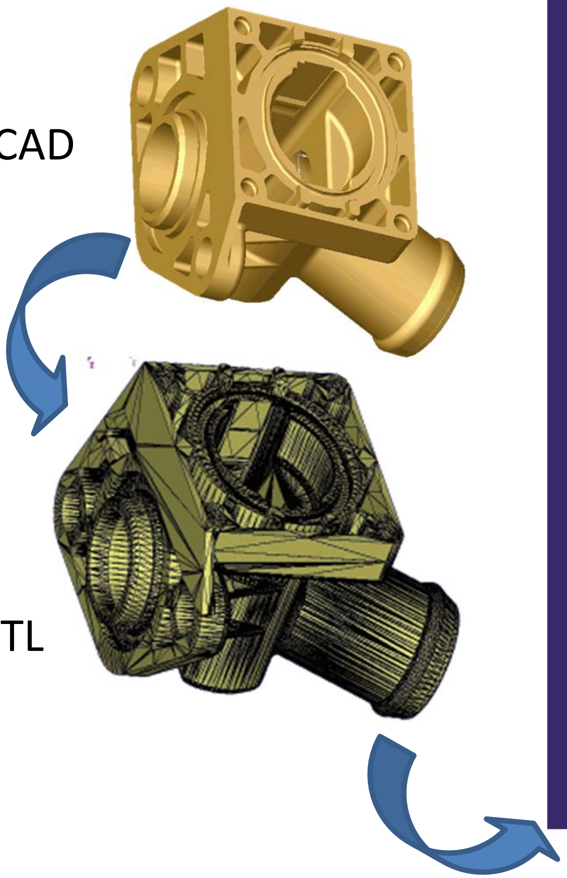
ASTM F2792 - 12a “Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies,” ASTM

Tecnologías conformativas y sustractivas vs AM para fabricar geometrías complejas

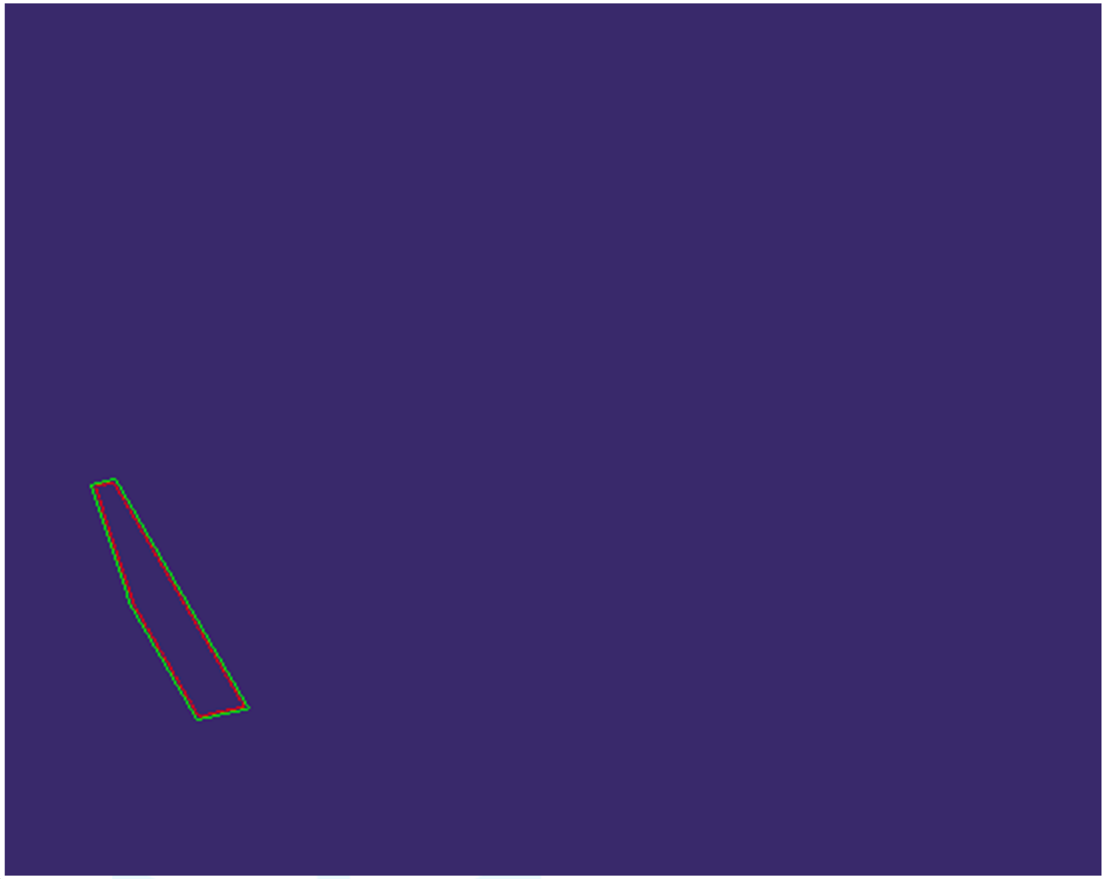
- Alto coste del “tooling” y la maquinaria para conseguir piezas de geometrías complejas
- Largas y complejas cadenas logísticas para abaratar la fabricación del “tooling” y de los componentes con pérdida productiva local
- Elevado “time to market” para nuevos diseños
- Pérdida de flexibilidad en la toma de decisiones debido al coste del tooling y la duración del desarrollo de nuevos productos de geometrías complejas; cuando se toman decisiones es difícil hacer cambios en un estado avanzado.
- Herramientas de diseño y fabricación pensadas para utilizar “DFMA” con la consiguiente pérdida de libertad en el diseño
- Utilización de piezas macizas aunque no sean necesarias

Proceso común

CAD



STL



Técnicas de fabricación aditiva:

Additive Fabrication Processes

Powder based

Semi-crystalline Plastics.
Metals.
Ceramics.

- Selective Laser Sintering (SLS)
- Selective Mask Sintering (SMS)
- Selective Laser Melting (SLM)
- Electron Beam Melting (EBM)
- Laser Cusing
- Laser consolidation: Accufusion
- Laser Powder Forming
  - Optomec LENS
  - POM- Group DMD
  - Direct Laser Forming (DLF)
- 3DPrinters (3DP)
- Sprayed metal

Solid based

Metal sheet.
Plastic sheet.
Paper.
Amorphous plastics wire.

- Laminated Object Manufacturing (LOM)
- Ultrasonic Compaction: Solidica
- Fused Deposition Modelling (FDM)
- Optiform Solid imaging.

Liquid based

Photo curable resins.
Molten wax.
Filled inks.
Water.

- Stereolithography (SLA)
- Direct Light Processing (DLP)
- Multi jet Wax deposition
- Inkjet / Poly jet modelling
- Rapid Freeze Prototyping

Tecnologías más exitosas

Láser: SLA, SLS, DMLS, SLM

- Uso: prototipado, tooling y fabricación
- Fabricantes: EOS, MTT, 3D Systems

Haz de electrones: EBM

- Uso: fabricación
- Fabricante: ARCAM

Extrusión: FDM

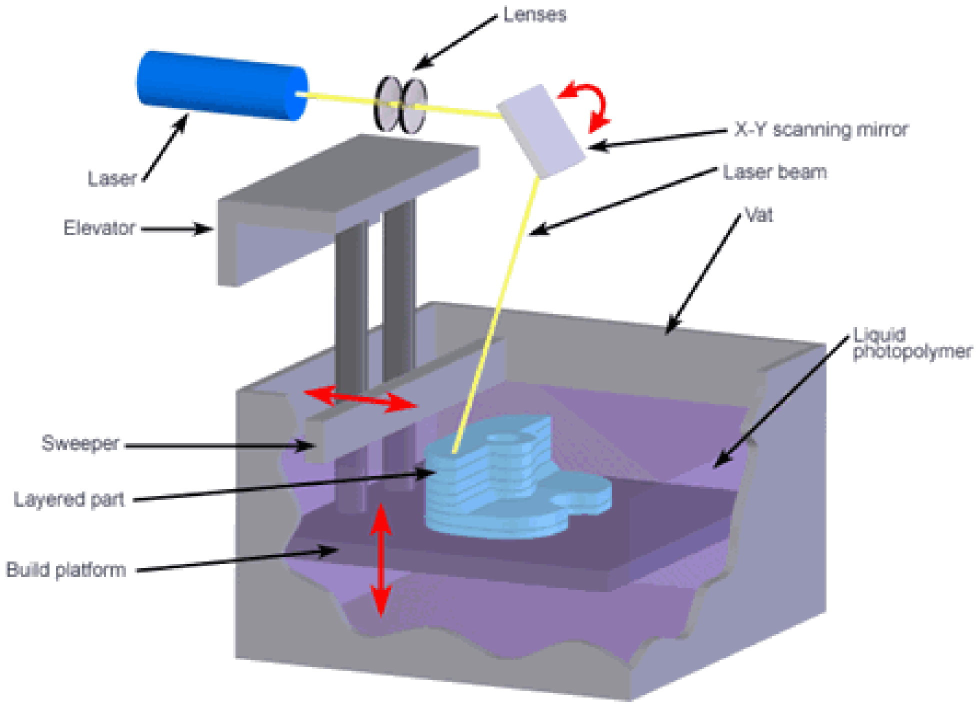
- Uso: prototipado, tooling y fabricación
- Fabricante: Stratasys

Impresión 3D: Polyjet (Objet), Invision (3D Systems), 3DPrinting (Zcorp)

Impresión de resinas fotocurables (prototipado, tooling)
Impresión en lecho de polvo (modelado y prototipado)

Estereolitografía (SLA)

- Considerada la primera técnica de fabricación aditiva
- Patentada en 1986 y fabricada por 3D Systems en 1987
- Polimeriza una resina fotocurable
- Espesor de capa de 100 µm

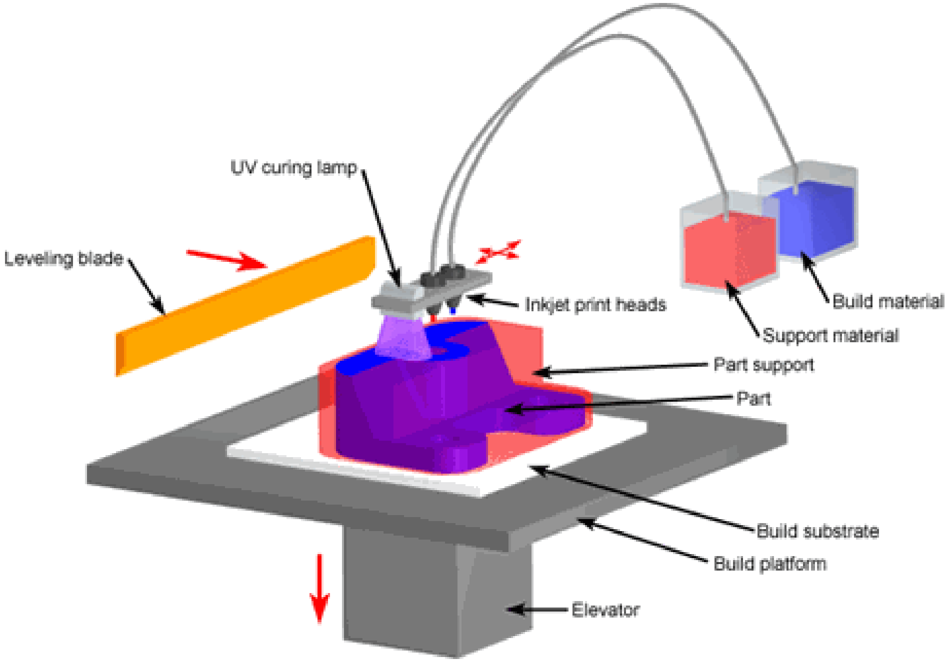


www.3dsystems.com

Polyjet

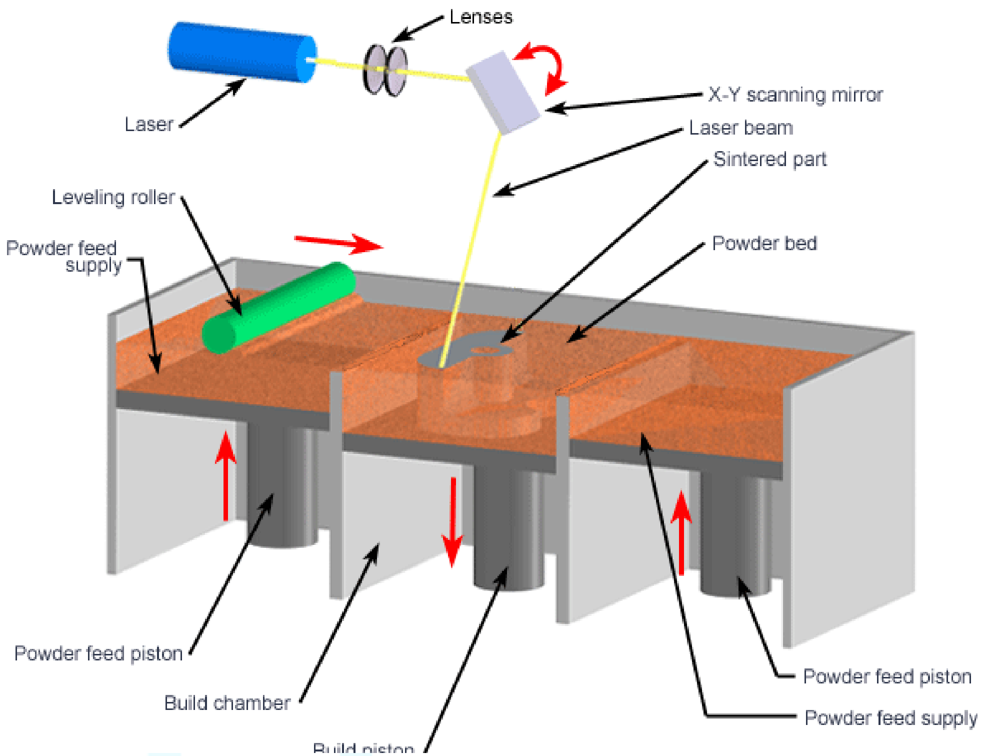
- De la empresa Israelí Objet
- Patentada a finales de los 90 y comercializada a partir del 2000
- Resinas fotocurables de base acrilato
- Necesita soportes
- Materiales digitales

www.objet.com



Selective Laser Sintering (SLS)

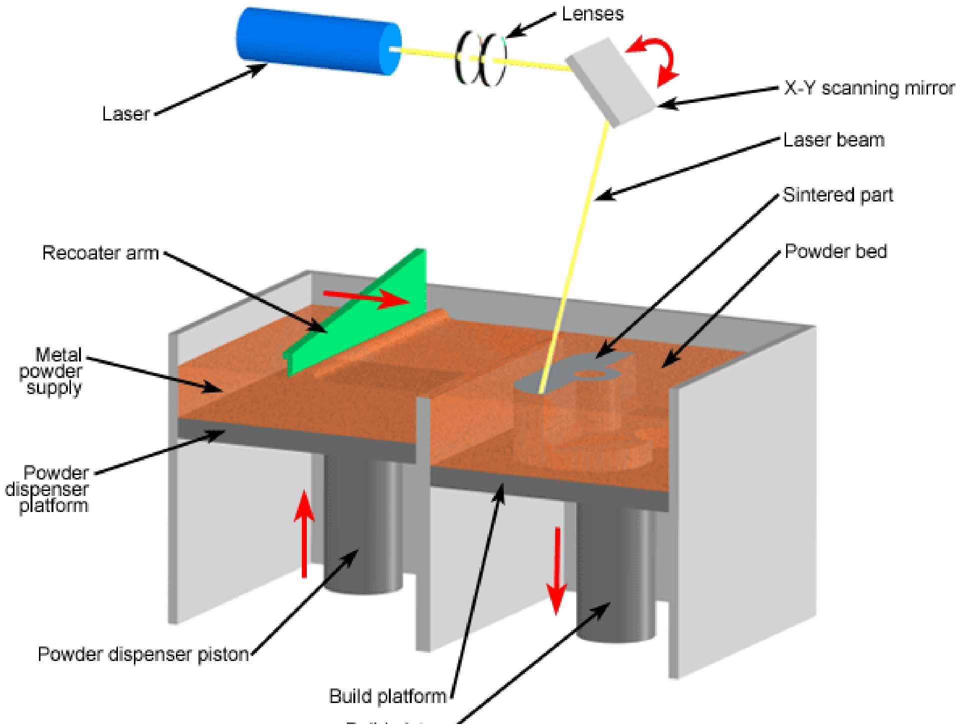
www.eos.info



- Patentada en 1979
- Comercializada en los 90
- Procesado de polímeros, metales y cerámicos
- Distribuida por EOS GmbH
- Permite espesor de capa de 100 µm
- Necesidad de recubrimiento en metales y cerámicos para ser sinterizados

Direct Metal Laser Sintering (DMLS)

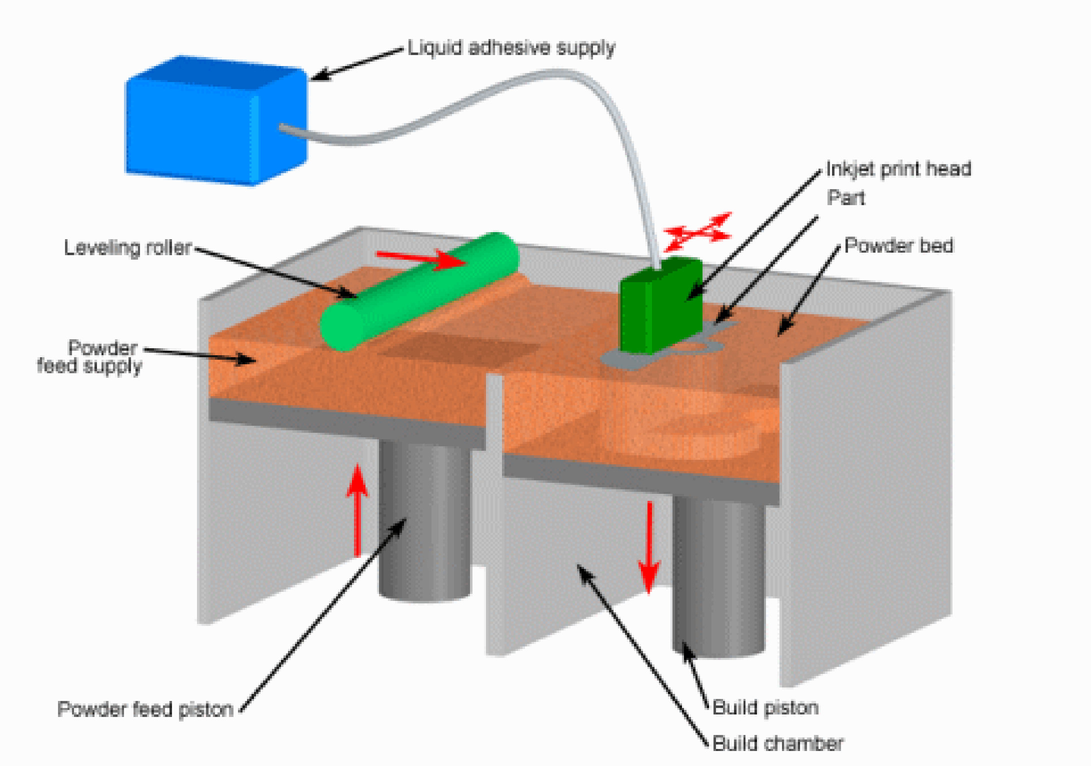
- Variación hecha por EOS GmbH a partir de SLS (90’s)
- Combinaciones de varios metales sin recubrimiento



Three Dimensional Printing

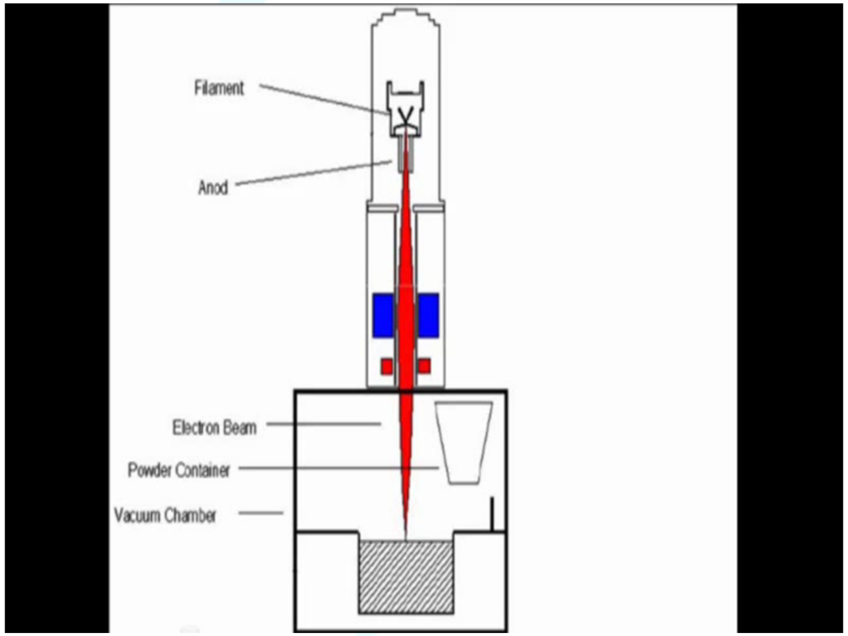
- Patentada en el MIT
- Para mezclas de cerámicos
- Se usa en modelos y maquetas

www.zcorp.com



Electron Beam Melting (EBM)

- Fabricada y comercializada por Arcam (1997)
- Funde polvo metálico de varias aleaciones, incluyendo las de Titanio
- Alta velocidad de producción por la potencia del haz de electrones y la posibilidad de guiarlo cambiando el campo magnético a través del cual pasa el haz.



www.arcam.com

Materiales y prestaciones

EOS (SLS y DMLS):

Plástico: PA, PEEK, PS, PA cargada

Metal: Aluminio, Cromo-Cobalto-Molibdeno, Bronce, Acero, Titanio, Niquel

Stratasys (FDM):

ABS, PPSF, PC, ULTEM

ARCAM (EBM):

Aleación de Titanio, Cromo-Cobalto-Molibdeno

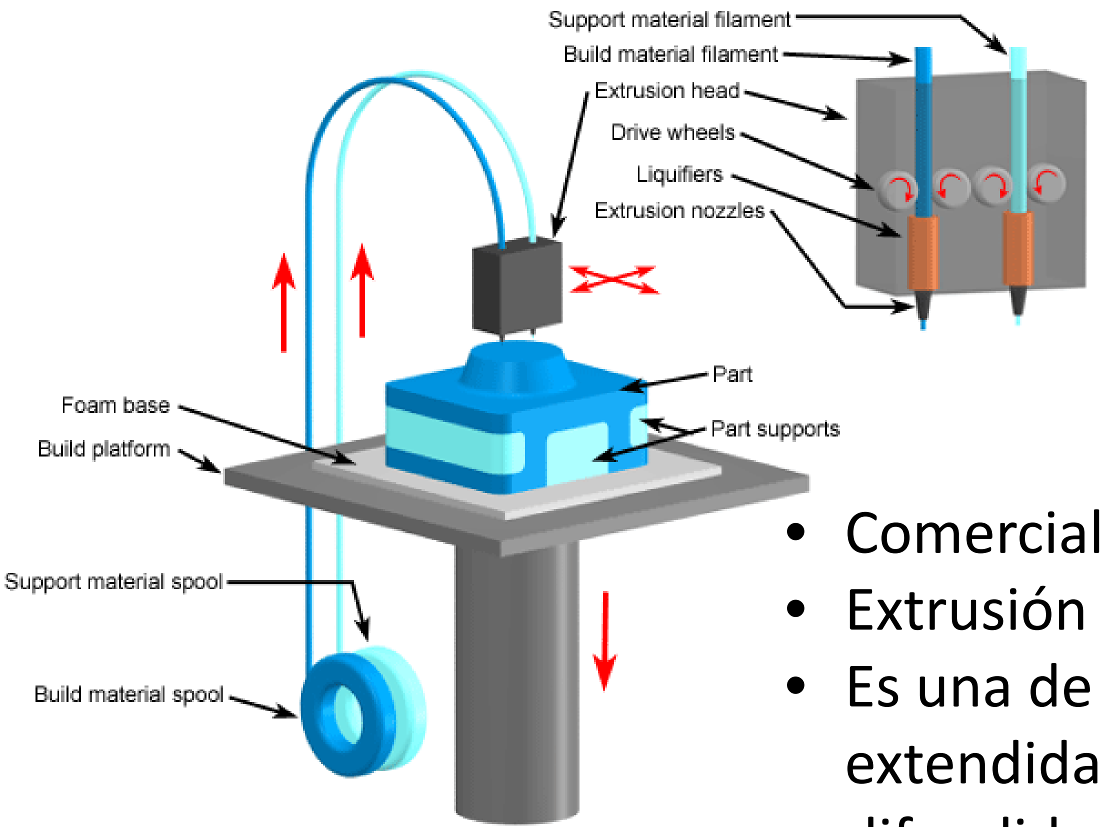
Dimensiones:

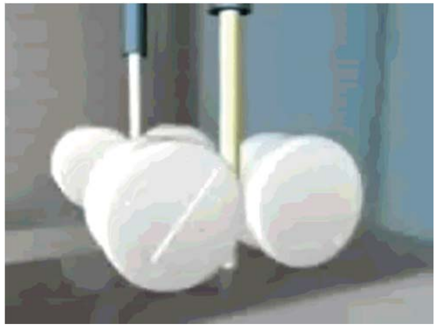
Canales (10 μm)

Paredes delgadas (0,1 mm)

Piezas metálicas (500x500x500 mm)

Fused Deposition Modelling (FDM)





- Comercializada por Stratasys en 1991
- Extrusión de hilos (polímeros)
- Es una de las tecnologías más extendidas y ha llegado a ser la más difundida
- Necesita soportes
- Varios tipos de termoplásticos

Aplicación en el ámbito del BIP

Disponible en BIP (sede IQS)

Fortus 400 mc

www.stratasys.com

BASE SYSTEM CONFIGURATION	
Build Envelope (XYZ)	14 x 10 x 10 inches (355 x 254 x 254 mm)

Material	Highlights
 ABS-M30 *(acrylonitrile butadiene styrene)*	• Up to 70 percent stronger than standard Stratasys ABS material • Greater tensile, impact, and flexural strength than standard Stratasys ABS • Layer bonding is significantly stronger for a more durable part than standard Stratasys ABS • Versatile Material: Good for form, fit and functional applications
 ABS-M30i *(acrylonitrile butadiene styrene)*	• Biocompatible (ISO 10993 USP Class VI)[1] material • Ideal material for medical, pharmaceutical and food packaging industries • Sterilizable using gamma radiation or ethylene oxide (EtO) sterilization methods • Best fit for applications requiring good strength and sterilization
 ABSi	• Translucent material • Ideal for automotive tail lens applications • Good blend of mechanical and aesthetic properties • Available in translucent natural, red and amber colors
 PC-ABS *(polycarbonate-acrylonitrile butadiene styrene)*	• Most desirable properties of both PC and ABS materials • Superior mechanical properties and heat resistance of PC • Excellent feature definition and surface appeal of ABS • Highest impact strength
 PC *(polycarbonate)*	• Most widely used industrial thermoplastic • Accurate, durable, and stable for strong parts • Superior mechanical properties and heat resistant • High tensile strength and can handle high temperatures
 PC-ISO	• Biocompatible (ISO 10993 USP Class VI)[1] material • Ideal material for medical, pharmaceutical and food packaging industries • Sterilizable using gamma radiation or ethylene oxide (EtO) sterilization methods • Best fit for applications requiring higher strength and sterilization
 ULTEM* 9085	• FST (flame, smoke, toxicity) certified thermoplastic • High heat and chemical resistant • Ideal for commercial transportation applications in airplanes, buses, trains, boats, etc. • Highest tensile and flexural strength
 PPSF/PPSU *(polyphenylsulfone)*	• Highest heat and chemical resistance of all Fortus materials • Mechanically superior material, greatest strength • Sterilizable via steam autoclave, EtO, plasma, chemical, and radiation sterilization • Ideal for applications in caustic and high heat environments

Material para FDM ULTEM 9085

ULTEM* 9085

- FST (flame, smoke, toxicity) certified thermoplastic
- High heat and chemical resistant
- Ideal for commercial transportation applications in airplanes, buses, trains, boats, etc.
- Highest tensile and flexural strength

Mechanical Properties[1]	Test Method	English	Metric
Tensile Strength (Type 1, 0.125”, 0.2”/min)	ASTM D638	10,390 psi	71.64 MPa
Tensile Modulus (Type 1, 0.125”, 0.2”/min)	ASTM D638	322 kpsi	2,220 MPa
Tensile Elongation (Type 1, 0.125”, 0.2”/min)	ASTM D638	5.9%	5.9%
Flexural Strength (Method 1, 0.05”/min)	ASTM D790	16,700 psi	115.1 MPa
Flexural Modulus (Method 1, 0.05”/min)	ASTM D790	362.6 kpsi	2,507 MPa
IZOD Impact, notched (Method A, 23°C)	ASTM D256	2.0 ft-lb f/in	106 J/m
IZOD Impact, un-notched (Method A, 23°C)	ASTM D256	11.5 ft-lb f/in	613.8 J/m

Thermal Properties[3]	Test Method	English	Metric
Heat Deflection (HDT) @ 66 psi, 0.125” unannealed	ASTM D648	333°F	167°C
Heat Deflection (HDT) @ 264 psi, 0.125” unannealed	ASTM D648	307 °F	153°C
Glass Transition Temperature (Tg)	DSC (SSYS)	367°F	186°C

Flame Characteristics	Test Method	Value
Oxygen Index	ASTM D2863	49%
Vertical Burn (Test a (60s), passes at)	FAR 25.853	2 seconds
FAA Flammability (Method A/B)	FAR 25.853	< 5
OSU Peak Heat Release (5 minute test)	FAR 25.853	36 kW/m^2
OSU Total Heat Release (2 minute test)	FAR 25.853	16 $kW \cdot min/m^2$

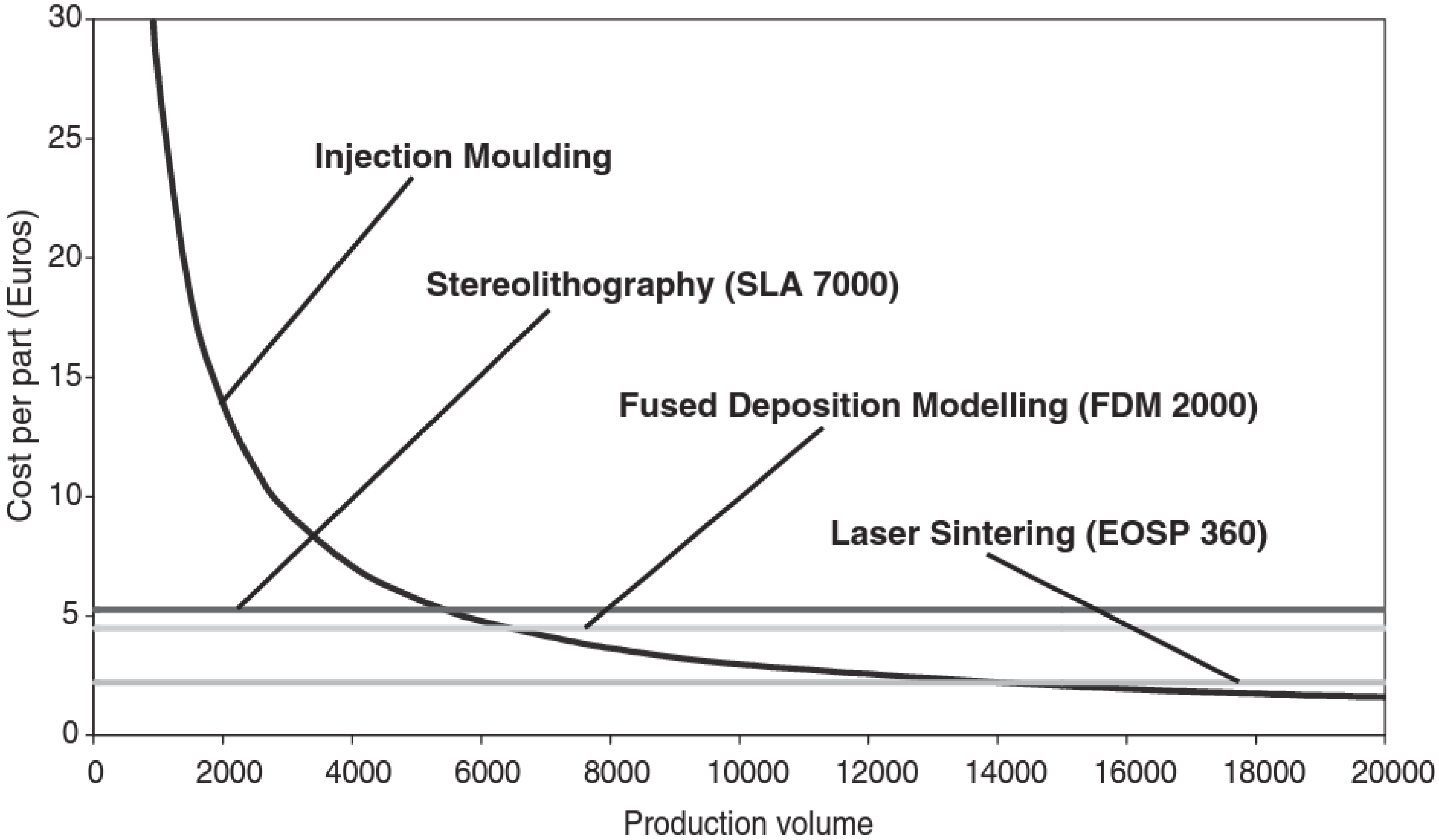
Material para FDM PC

Mechanical Properties[1]	Test Method	English	Metric
Tensile Strength (Type 1, 0.125", 0.2"/min)	ASTM D638	9,800 psi	68 MPa
Tensile Modulus (Type 1, 0.125", 0.2"/min)	ASTM D638	330,000 psi	2,280 MPa
Tensile Elongation (Type 1, 0.125", 0.2"/min)	ASTM D638	4.8%	4.8%
Flexural Strength (Method 1, 0.05"/min)	ASTM D790	15,100 psi	104 MPa
Flexural Modulus (Method 1, 0.05"/min)	ASTM D790	324,000 psi	2,234 MPa
IZOD Impact, notched (Method A, 23°C)	ASTM D256	1 ft-lb/in	53 J/m
IZOD Impact, un-notched (Method A, 23°C)	ASTM D256	6 ft-lb/in	320 J/m

Thermal Properties[3]	Test Method	English	Metric
Heat Deflection (HDT) @ 66 psi	ASTM D648	280°F	138°C
Heat Deflection (HDT) @ 264 psi	ASTM D648	261°F	127°C
Vicat Softening	ASTM D1525	282°F	139°C
Glass Transition (Tg)	DMA (SSYS)	322°F	161°C

En investigación actualmente

Viabilidad económica. Valores indicativos



Fuente: Rapid Manufacturing. And idustrial revolution for the digital age
Neil Hopkinson (AMRG, Loughborugh. UK)

Gracias por la atención