



Universidad Internacional de La Rioja.
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

Análisis crítico del empleo de impresoras 3D en centros de Formación Profesional de Guipúzcoa.

Presentado por: Iñigo Ariztondo Gorrotxategi
Línea de investigación: 1.7.5 Utilización educativa de otros recursos.
Directora: Dra. María José García San Pedro.

Ciudad: Elgoibar (Guipúzcoa).
Fecha: 30-07-2015

RESUMEN

Las impresoras 3D están teniendo un rápido despliegue en la enseñanza secundaria gracias a la bajada de los costes, los programas gubernamentales que pretenden impulsar esta tecnología y las expectativas de futuro para su expansión en la industria como un nuevo modelo productivo. El objetivo del presente TFM ha sido investigar el uso de la impresora 3D como recurso educativo en los centros de Formación Profesional de Guipúzcoa. Los aspectos investigados han sido su integración en el currículo, las dificultades en el proceso de implantación, las ventajas que presenta como recurso educativo y las necesidades de la industria del entorno. Para ello, se han realizado ocho entrevistas a profesores en otros tantos centros de Formación Profesional. La información se ha recogido a través de grabaciones para su posterior transcripción y análisis mediante el método del Análisis de Contenido Temático. Por otro lado se ha estudiado el currículo de dos especialidades de la fabricación mecánica para analizar que integración puede tener la impresora en el currículo. La investigación nos ha dado como resultado que la impresora se emplea para la fabricación de prototipos, la innovación en asignaturas como Empresa e Iniciativa Emprendedora, o para adquirir competencias como el diseño y el montaje a través de la fabricación de la propia impresora. Son de destacar la enorme cantidad de horas de dedicación del profesorado que ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras de bajo coste, junto con el interés y motivación que despiertan entre el alumnado. Finalmente, el TFM recoge una propuesta de actuación para la mejora de su uso en el aula y criterios para su implantación exitosa.

Palabra clave: impresora 3d, impresión 3D, Formación Profesional, recursos educativos, competencias curriculares, prototipado, innovación.

ABSTRACT

3D printers have found wide acceptance in secondary education thanks to lower costs, government schemes supporting this technology and future expectations for expansion in industry as a new production model. The aim of this Master's Thesis was to research the use of 3D printers as an educational resource in Vocational Schools in Guipuzcoa. The research focused on inclusion of 3D printers in the curriculum, obstacles in implementation, the advantages as an educational resource and needs of local industry. To this end, eight teachers from as many Vocational Schools were interviewed. The interviews were recorded for subsequent transcription and analysis by the method of Thematic Content Analysis. On the other hand, the curriculum of two specialized courses in the subject mechanical manufacturing was studied to analyse to what extent 3D printing can be included in the curriculum. This research showed that the printer is used for prototyping, innovation in subjects like Business and Entrepreneurship, or to acquire skills such as design or assembly through manufacturing the printer itself. It is important to mention the enormous amount of time teachers invested in setting up the low cost printers, and the interest and motivation this has aroused among students. Finally, the Master's Thesis includes a proposal for action to improve its use in the classroom and criteria for successful implementation.

Keywords: 3D printer, 3D printing, vocational training, educational resources, curricular competences, prototyping, innovation.

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCION	1
1.1. Justificación y planteamiento del problema.	2
1.2. Objetivos para el TFM.....	4
2. MARCO TEORICO.....	5
2.1. La fabricación aditiva.....	5
2.2. Tecnologías empleadas en la impresión 3D.	6
2.3. Proceso de trabajo para la impresión de una pieza.....	14
2.4. Perspectiva futura como recurso productivo.....	15
2.5. Comunidad maker	16
2.6. Proyectos relacionados con la impresión 3D en la educación.....	17
2.6.1. Proyectos internacionales.....	17
2.6.2. Proyectos nacionales	20
2.6.3. Proyectos locales en Euskadi	22
2.7. Competencias curriculares relacionadas con la impresora 3D.	24
2.8. La impresora 3D como recurso educativo	27
3. ESTUDIO DE CAMPO	29
3.1. Metodología.....	29
3.2. Contextualización e informantes.....	30
3.3. Instrumentos utilizados.....	33
3.4. Guion de la entrevista.....	33
3.5. Trascripción de las entrevistas	34
3.6. Análisis de los datos recogidos en las entrevistas.....	35
4. RESULTADO DEL ANÁLISIS CUALITATIVO	39
4.1. Resultado cuantitativo	39
4.2. Análisis cualitativo	40
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
6. PROPUESTA DE MEJORA Y CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN	54
6.1. Documentación para el uso de las impresoras 3D.....	54
6.2. Integración de la impresora en el currículo mediante las herramientas de mejora DAFO y AMFE.	54
6.3. Mejorar el diseño de las impresoras	55

6.4. Jornadas de trabajo entre profesores de diferentes centros.....	55
6.5. Consideraciones para la puesta en marcha de un aula de impresión 3D	56
7. CONCLUSIONES.....	59
8. LIMITACIONES DE ESTUDIO.....	62
9. LINEAS DE ACTUACION FUTURAS.....	64
10. BIBLIOGRAFÍA	65
10.1. Referencias bibliográficas.....	65
10.2. Bibliografía complementaria.....	69
11. ANEXOS	70
ANEXO I. SITIOS EN LA RED PARA CONSULTA	70
ANEXO II. EXTRACTO DE DCB DE LAS ESPECIALIDADES EN FABRICACION MECANICA.....	72
ANEXO III. TABLA COMPLETA CON EL RECUENTO DE LAS UNIDADES DE SIGNIFICADO.....	77
ANEXO IV. ESTUDIO CUALITATIVO JUSTIFICADO	79
ANEXO V. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 1.....	91
ANEXO VI. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 2.....	95
ANEXO VII. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 3.....	103
ANEXO VIII. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 4.....	109
ANEXO IX. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 5.....	113
ANEXO X. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 6.....	115
ANEXO XI. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 7	123
ANEXO XII. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 8.....	129
ANEXO XIII. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 9.....	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Correlación entre objetivos del currículo y métodos de análisis.	26
Tabla 2. Resumen de centros participantes.	31
Tabla 3. Informantes clave. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 4. Clasificación de unidades de significado en códigos y categorías.	36
Tabla 5. Relaciones de unidades de significado por entrevista.....	39
Tabla 6. Extracto DCB. Técnico Superior en Diseño en Fabricación Mecánica	72
Tabla 7. Extracto DCB. Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica	75
Tabla 8. Extracto DCB. Módulo Empresa e Iniciativa Emprendedora.	76

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de funcionamiento de una impresora FMD.....	7
Ilustración 2. Esquema de funcionamiento de una máquina SLA.....	8
Ilustración 3. Esquema de funcionamiento de una impresora SLS	9
Ilustración 4. Esquema de funcionamiento de impresora DLP.....	10
Ilustración 5. Esquema de funcionamiento de tecnología Polyjet.....	11
Ilustración 6. Esquema de funcionamiento de una máquina LMD.....	12
Ilustración 7. Esquema de funcionamiento de una máquina LOM.....	13
Ilustración 8. Proceso de trabajo habitual en impresoras FMD.....	14
Ilustración 9. Proceso de aprendizaje del manejo de la impresora.....	15
Ilustración 10. Esquema de contenidos del DCB.....	25
Ilustración 11. Jerarquia de las habilidades del pensamiento.....	27
Ilustración 12. Integración de la impresora 3D como recurso educativo.....	28
Ilustración 13. Análisis de contenido.....	29
Ilustración 14. Proceso de mejora de producto.....	55

1. INTRODUCCION

Las impresoras 3D son un elemento que se usa con fines industriales desde los años 80 pero tras la liberación de varias patentes ha sido a partir de 2005, cuando se han popularizado gracias a un descenso significativo de los costes de adquisición. "El precio de las impresoras 3D ha bajado considerablemente en los dos últimos años, y así, máquinas que en su día costaban 20.000 dólares cuestan ahora 1.000 dólares o menos, comentan los educadores." (MacKenzie, 2013).

Este salto se ha realizado principalmente a través de la comunidades maker como Reprap que ha puesto a disposición de toda persona interesada y bajo una filosofía Open Hardware los elementos necesarios para construir una impresora mediante información que están disponibles en la web.

Históricamente este recurso se ha empleado principalmente para el prototipado rápido en la industria. Pero con el descenso de precios registrado es un recurso que cada vez se está empleando más en la educación. La posibilidad de fabricar físicamente cualquier elemento, está permitiendo que las impresoras se empleen en diversos campos de conocimiento como una forma de acercar al alumno físicamente los objetos de estudio, con la posibilidad de tener en las manos elementos a los que hasta ahora sólo podían acercarse visualmente o conceptualmente a través de las explicaciones del profesor.

Los modelos físicos se han empleado desde siempre como un recurso educativo. La diferencia con las impresoras 3D es que el alumno puede elegir cuál es el modelo que quiere tener a mano y aún más, el alumno va a poder diseñar y fabricar sus propios modelos. El diseño 3D en ordenador nos permite trabajar con geometrías complejas y además compartir fácilmente estos diseños a través de internet, con lo que las posibilidades en cuanto a los objetos que podemos disponer son casi infinitas.

Por otro lado, son múltiples las noticias en los medios de comunicación que hacen eco del uso de las impresoras 3D en algunos centros de FP guipuzcoanos y el interés que suscita en las empresas del entorno (Morketxo, 2014). Numerosos centros de Formación Profesional están anunciando cursos y jornadas de puertas abiertas en los que se da a conocer este recurso

El presente TFM quiere profundizar en el uso que se está haciendo de este recurso en el ámbito de la formación profesional. Este acercamiento se hará mediante un trabajo de investigación en centros educativos en los que se están usando las impresoras 3D.

1.1. Justificación y planteamiento del problema.

El recurso se presenta como un elemento revolucionario que en un futuro próximo se empleará en multitud de ámbitos como la medicina, empresa, educación, etc. Quizá por lo novedoso del recurso, las fuentes relacionadas con la educación son escasas y las publicaciones hablan mayoritariamente de su uso, esto es, de lo que técnicamente puede hacerse con la impresora sin entrar en aspectos docentes.

En el apartado de la educación, parece que los esfuerzos están dirigidos más a su propia instalación y manejo, que al uso de la impresora como recurso para impartir otras materias. Es un fenómeno similar a lo sucedido con la informática en sus inicios, en el que la labor del profesorado fue mayor en la puesta en marcha del recurso que en el empleo del recurso con fines educativos (Area Moreira, 2008).

García Alvarado (2011) hace referencia a un problema similar en la enseñanza de la construcción respecto a las tecnologías de fabricación digital.

Varias instituciones de enseñanza profesional han implementado estos equipos para realizar modelos y experimentar propuestas innovadoras. Pero no se dispone de una caracterización general de estos equipamientos en relación a sus aplicaciones potenciales en la edificación, ni una descripción de sus procedimientos y capacidades específicas. (p.146)

Tras el periodo de prácticas realizado en el centro Hernani BHI, se ha podido observar que cuenta con dos impresoras 3D, y que estas impresoras se emplean en los cursos primero y segundo de la especialidad Grado Superior en Diseño en Fabricación Mecánica. Lo curioso es que las impresoras las usan los profesores a modo de demostración para enseñar lo que se puede hacer con ellas, pero sin dar pie a que sean los propios alumnos los que las usen. Salvo una excepción, en la que un alumno con una idea muy definida para la creación de un producto ha diseñado el producto y lo ha fabricado en la impresora 3D con vistas a su posible comercialización.

Los primeros contactos con profesores indican que se está empleando más como un recurso para el trabajo colaborativo a través de plataformas web 2.0, que como un recurso relacionado con el diseño y la fabricación mecánica (prototipado, montaje, mejoras de diseño, etc.). Por otro lado, en algunos centros es la fabricación de la propia impresora la que se emplea como medio para el desarrollo de proyectos conjuntos entre especialidades de mecánica y electrónica.

En este sentido, este recurso presenta dos vertientes de aplicación en la enseñanza de la Formación Profesional:

1. Uso de la impresora 3D como recurso educativo para la asimilación o profundización en otros conocimientos que no estén directamente relacionados con su manejo.
2. Aprendizaje del manejo del recurso como medio productivo que se empleará en la industria.

No podemos olvidar la estrecha relación entre la Formación Profesional e industria en la que según diversos informes el empleo de este recurso en la industria será creciente en el futuro. "Las nuevas tecnologías en el campo de la información y la evolución de la impresión en 3D y la robótica tendrán consecuencias de amplio alcance." (Organización Mundial del Comercio, 2013, p.3)

Ante la incorporación de la impresora 3D como un nuevo recurso en la enseñanza se nos plantean las siguientes cuestiones:

1. ¿Es realmente útil para los alumnos teniendo en cuenta los costes de uso y el tiempo necesario para imprimir un conjunto de piezas?
2. ¿Cuáles son las características que tiene que reunir un proceso de implantación del recurso para dar clase satisfactoriamente con él?
3. ¿Qué aporta en la enseñanza de las especialidades de Formación Profesional relacionadas con la fabricación.
4. ¿Qué ventajas y desventajas presenta respecto al proceso de fabricación tradicional con medios productivos que luego sí van a encontrar en una empresa?

La cuestión que se plantea para el TFM es: ¿Qué aporta la impresora 3D a la enseñanza en Formación Profesional?

El trabajo consiste en una investigación exploratoria en la que se busca recoger la experiencia de los docentes que emplean el recurso.

1.2. Objetivos para el TFM.

El objetivo principal es investigar sobre el uso de las impresoras 3D en la Formación Profesional desde un punto de vista crítico respecto a las competencias que se requieren desde la legislación en el currículo de las especialidades, y las necesidades de cara a las tecnologías de fabricación que solicitan las empresas a los centros de Formación Profesional.

Los objetivos específicos del trabajo fin de master son:

1. Analizar el uso de la impresora 3D para su caracterización.
2. Contrastar el uso de la impresora en el aula con las competencias requeridas.
3. Conocer la aportación de la impresora en relación a los recursos del taller tradicionalmente empleados en la Formación Profesional.
4. Conocer el uso que se da a la impresora 3D como recurso educativo.
5. Conocer cuál ha sido el proceso necesario para implantar con éxito el recurso con sus dificultades, formación y tiempo que se ha invertido en ello.
6. Definir criterios para una implantación exitosa de las impresoras 3D, basándonos en las respuestas obtenidas del estudio realizado.

Para dar respuesta a estos objetivos se diseña y desarrolla un estudio de campo de carácter cualitativo.

2. MARCO TEORICO

El objetivo de este apartado es crear el mapa del terreno en el que nos vamos a mover. En él se describen elementos que serán esenciales para el planteamiento del estudio de campo y el análisis de su resultado. El marco teórico recogerá los aspectos técnicos y educativos, los agentes involucrados con el uso del recurso en la educación, las competencias curriculares relacionadas y las expectativas que se presentan de cara al futuro.

2.1. La fabricación aditiva.

Los procedimientos tradicionales de fabricación industrial han consistido básicamente en tres métodos.

- Retirar material mediante procedimientos como el mecanizado, abrasión o electroerosión.
- Conformado de material por deformación con procesos como la laminación, la extrusión, el troquelado, la estampación, curvado y plegado
- Conformado de material por moldeo con procesos como la inyección, el moldeo por gravedad o el sinterizado.

Los procesos como la soldadura se consideran procesos de montaje ya que generalmente son empleados para unir diferentes partes creadas por alguno de los procedimientos anteriormente descritos.

Todos ellos están caracterizados por el empleo de maquinaria y utillaje con un alto coste y unos tiempos de preparación de máquina altos que exigen personal con una cualificación alta.

La fabricación aditiva consiste en añadir material en lugar de retirarlo o conformarlo; el material es añadido capa a capa tomando como referencia un sólido dibujado en 3D.

Los sistemas aditivos a su vez, solidifican un material, originalmente en polvo, gas o líquido, por capas sucesivas en procedimientos electrónicos dentro de una cámara sellada. Con volúmenes de trabajo que oscilan de los 20 a 60 cm. por lado, por lo que se prestan para piezas especiales de pequeño tamaño, como prototipos de diseño. Estos equipamientos, también son llamados impresoras 3D. (García Alvarado, 2011, p.146)

El objetivo principal de la fabricación aditiva ha sido el prototipado rápido. De hecho, una de las primeras designaciones que aún hoy se emplea para este tipo de máquina es la de "máquina de prototipado rápido". El desarrollo tecnológico de los últimos años en este sector ha permitido que la calidad de piezas obtenidas mediante impresoras 3D sea similar a la de piezas obtenidas mediante otros procesos. Gracias a ello, el uso de impresoras 3D está ganando terreno en la fabricación de piezas definitivas (no prototipos) de series cortas o unitarias.

Por otro lado, el proceso de fabricación aditiva permite fabricar piezas huecas con una alta resistencia y ligereza que otros procesos de fabricación no permiten. Esta característica ha hecho que la industria aeroespacial haya apostado fuertemente por ella.

El hecho de permitir fabricar piezas unitarias, partiendo de diseños únicos adaptados en cada caso a un usuario, sin costosas inversiones en utillaje y con una amplia variedad de materiales, ha abierto el mercado de las impresoras 3D a las aplicaciones médicas. Por ejemplo, con la fabricación de prótesis adaptadas a cada paciente.

2.2. Tecnologías empleadas en la impresión 3D.

Los materiales que mayoritariamente se han empleado para la fabricación con impresoras 3D han sido los polímeros, aunque últimamente han aparecido nuevos procedimientos con los que pueden fabricar piezas en diversos metales.

Se describen a continuación las principales tecnologías empleadas para la fabricación aditiva.

MODELADO POR DEPOSICIÓN FUNDIDA. FMD.

Las siglas proceden del inglés Fused Material Deposition. Para evitar problemas con la marca registrada FMD de la empresa Stratasys, algunos fabricantes están empleando la designación FFF (Fused Filament Fabrication) para esta tecnología.

Esta tecnología consiste en fundir el material que se alimenta en forma de filamento o hilo (también se las conoce como máquinas de hilo). El material una vez fundido se extrusiona a través de una boquilla que se posiciona en diferentes coordenadas

para ir depositando el material. Gracias a un sistema cinemático de tres ejes podemos posicionar la boquilla extrusora en cualquier punto de coordenadas planas para crear una capa y mediante el tercer eje vertical ir creando múltiples capas.

Una de las opciones de los sistemas FDM es el poder realizar piezas semi-huecas para ahorro de material (modo sparse). Mediante el software de pre-proceso de las piezas se puede seleccionar este vaciado que ahorra tiempo y material. Al seleccionarlo, en las piezas de un grosor superior a 5mm, realiza el interior similar a un panel de abeja, dejando las zonas exteriores sólidas y resistentes. (Undo Prototipos, s.f.)

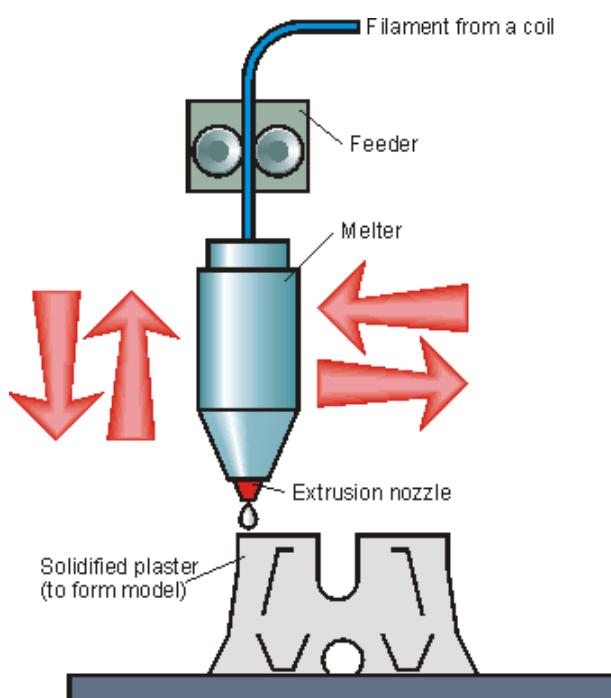


Ilustración 1. Esquema de funcionamiento de una impresora FMD.

Fuente: University of Northern Iowa (s.f.)

Este tipo de máquina puede trabajar con dos cabezales de extrusión, lo que permite fabricar piezas de dos materiales o del mismo material pero en diferentes colores. Al poder usar dos materiales se puede emplear uno soluble en agua y otro definitivo con lo que permite imprimir secciones con voladizo.

ESTEREOLITOGRAFÍA O SLA.

Esta tecnología consiste en la solidificación de un polímero en estado líquido mediante la aplicación de luz ultravioleta o láser. Este tipo de polímero también se conoce como fotopolímero. El líquido va colocado en una cubeta estática y dentro de la cubeta contamos con una mesa con movimiento vertical. Al comienzo del trabajo

esta mesa se encuentra justo en la superficie superior del líquido, y es en este punto donde el láser solidifica una capa de polímero. Con el movimiento descendente de la mesa, entra de nuevo líquido sobre la capa ya solidificada, y el láser solidifica una nueva capa que queda adherida a la anterior. Al finalizar el proceso la pieza está impresa en la cuba de polímero líquido.

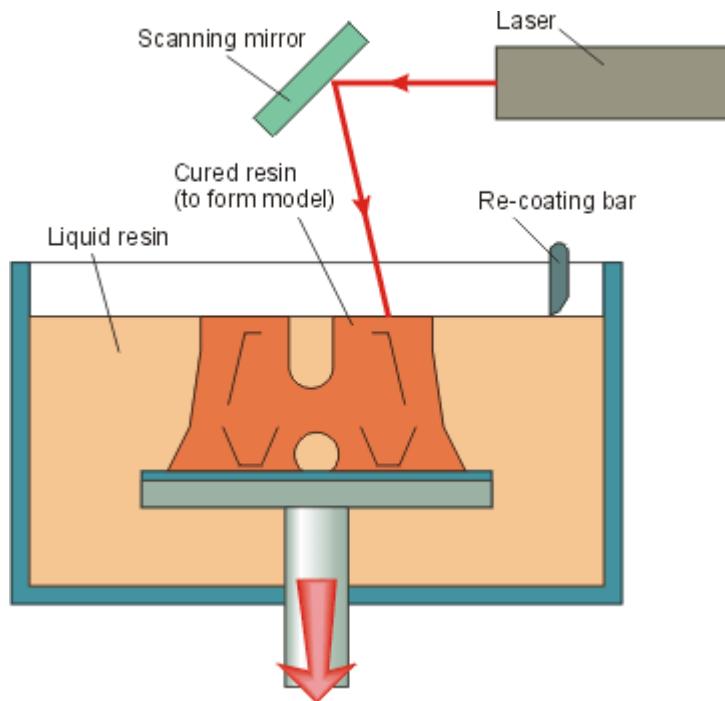


Ilustración 2. Esquema de funcionamiento de una máquina SLA.

Fuente: University of Northern Iowa (s.f.)

Aquellas secciones superiores que tengan una superficie mayor que la inferior necesitarán crear nervios de apoyo para soportar su peso. Más tarde se retiran estos nervios manualmente.

A diferencia del FMD, la estereolitografía permite fabricar piezas de mayor precisión y calidad superior. "La estereolitografía (SLA) es una tecnología aditiva para la fabricación de prototipos que requieren alta precisión de detalle, buen acabado superficial y aspecto similar a los plásticos técnicos." (Fundació Cim Barcelonatech, s.f.)

SINTERIZADO LASER. SLS Y DLMS.

Las siglas provienen del inglés Selective Laser Sintering y Direct Laser Metal Sintering . Esta tecnología es similar a la estereolitografía, con la diferencia de que el

material de origen en lugar de ser líquido se presenta en forma de polvo, y el haz de luz, en lugar de solidificar el polímero líquido, este fusiona las partículas de polvo que están en estado sólido. El material no se calienta hasta la temperatura de fusión, sólo lo suficiente para que las partículas fusionen entre ellas.

Consiste en una cubeta que se carga de polvo del material que vayamos a usar. Sobre la capa superior de polvo se proyecta un haz de láser que genera la sección 2D correspondiente a una altura determinada. El haz de láser sinteriza, esto es fusiona las partículas de polvo entre sí, generando la geometría sólida correspondiente a una capa, tras lo cual la cubeta desciende la altura correspondiente a una capa y un mecanismo repartidor de polvo coloca una nueva capa de polvo sobre la capa anteriormente solidificada. El polvo no sinterizado queda en la cubeta y sirve de apoyo para capas posteriores que si serán sinterizadas.

Esta tecnología permite fabricar piezas con secciones que quedan en el aire sin necesidad de añadir nervaduras. El polvo hace de soporte para el material solidificado que no esté unido al cuerpo de la pieza. Esto permite fabricar piezas que van encajadas una dentro de otra y con libertad de movimiento pero sin que puedan desprenderse.

Esta tecnología puede emplearse para trabajo con polímeros o con metales. En el caso de los metales en lugar de emplearse un láser para el sinterizado del material también se emplea un haz de electrones.

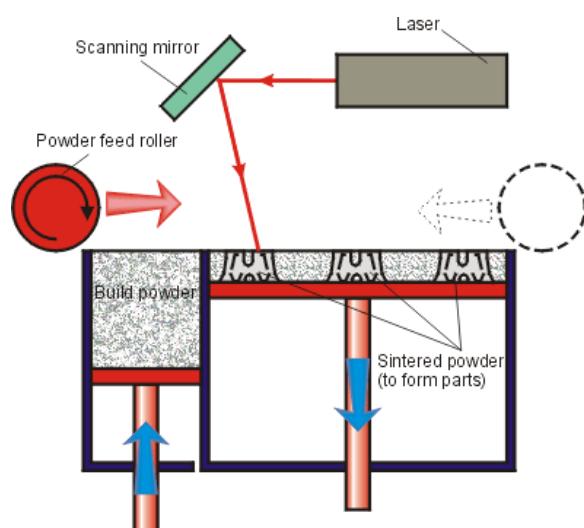


Ilustración 3. Esquema de funcionamiento de una impresora SLS

Fuente: University of Northern Iowa (s.f.)

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGEN. DLP.

Las siglas provienen del inglés Digital Light Processing. La tecnología DLP es conocida por su empleo en los proyectores de video para PC y TV.

En cuanto a la impresión 3D, la tecnología es similar a la empleada en la SLA. Las diferencias son dos: en primer lugar, el láser para el solidificado del fotopolímero se sustituye por una luz ultravioleta proyectada por un proyector DLP. En segundo lugar, en vez solidificar en la superficie superior, el fotopolímero se solidifica en la superficie inferior de la cubeta que lo contiene. De esta manera la pieza solidificada va saliendo de la cubeta hacia arriba.

Es un tipo de máquina constructivamente más sencilla que las SLA con lo que existen en el mercado máquinas de este tipo de pequeño formato no mucho más grandes que una cafetera doméstica.

Este tipo de impresoras se emplea para imprimir piezas de joyería en materiales calcinables. Estas piezas se emplean para crear moldes en los que luego se vierte un metal fundido, el polímero empleado se calcina y queda el metal con la forma del objeto previamente impreso.

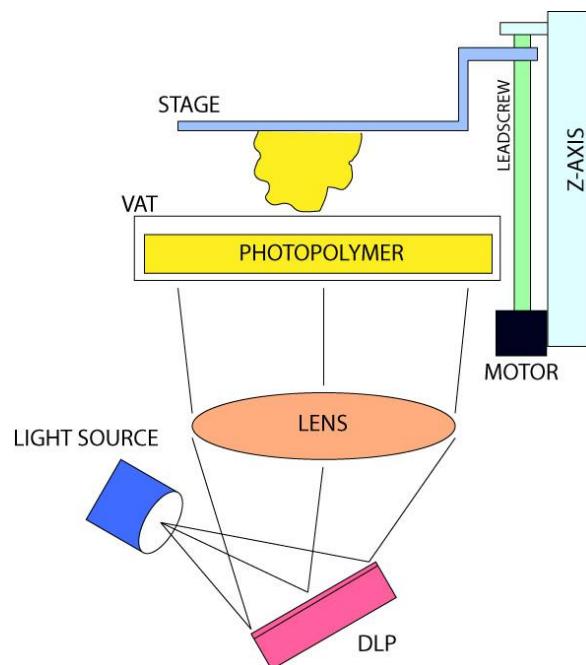


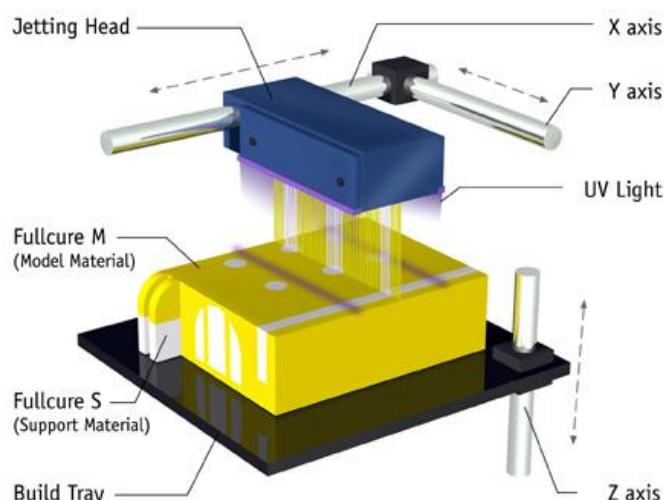
Ilustración 4. Esquema de funcionamiento de impresora DLP.

Fuente: Lemoncurry (2013).

POLYJET.

Es una tecnología similar a la empleada para la impresión en papel por las impresoras de inyección de tinta. Se emplean varios cabezales de inyección colocados en forma de matriz, de forma que el desplazamiento del cabezal el lugar de ir aportando material en una línea, el aporte es en todo su ancho. Los cabezales inyectan un fotopolímero que se polimeriza mediante una lámpara de luz ultravioleta próxima al cabezal de Inyección.

El hecho de trabajar con múltiples cabezales permite trabajar también con múltiples materiales. La combinación de colores permite imprimir objetos con infinidad de colores.



The Objet PolyJet Process

Ilustración 5. Esquema de funcionamiento de tecnología Polyjet.

Fuente: Undo Prototipos (s.f.)

DEPOSICIÓN DE METAL POR LÁSER. LMD.

Las siglas en inglés se refieren al Laser Metal Deposition. El sistema consiste en una boquilla que proyecta metal en forma de polvo. Esta proyección se realiza de una forma cónica en la que el polvo se concentra en el vértice de dicho cono. Por otro lado, esta boquilla cuenta con un láser en su parte central, enfocado al vértice en el que se concentra el polvo proyectado. De esta manera se consigue una fusión puntual del polvo que unido al movimiento del cabezal en tres ejes, va creando la forma diseñada.

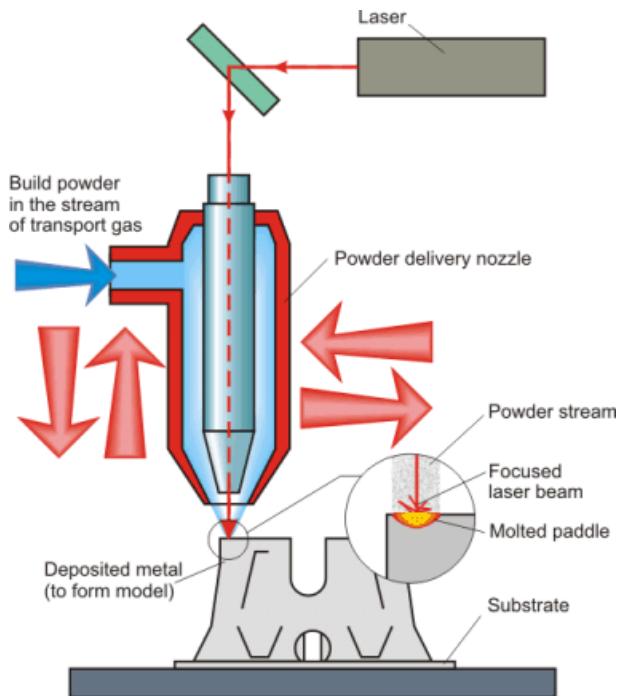


Ilustración 6. Esquema de funcionamiento de una máquina LMD.

Fuente: University of Northern Iowa (s.f.)

FABRICACIÓN DE OBJETOS LAMINADOS. LOM.

Del Inglés Laminated Object Manufacturing. El prototipado en base a materiales laminados consiste en la superposición de capas de un espesor fino que se va cortando por capas. El material laminado es adhesivo por una de las caras y la máquina va pegando láminas que va cortando un láser según la sección correspondiente a cada una de las alturas.

Los materiales laminados pueden ser de papel, plástico o metal y se presentan en forma de rollo.

A modo de conclusión podemos destacar que mientras las tecnologías DLMS y LAMS trabajan con metales el resto sólo trabaja con polímeros. Es un proceso de fabricación que está limitado en cuanto a los materiales que se pueden usar.

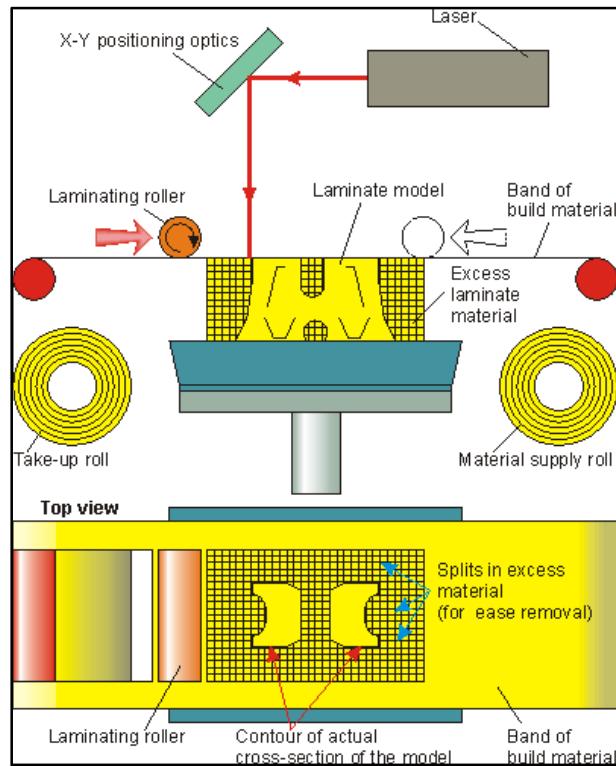


Ilustración 7. Esquema de funcionamiento de una máquina LOM.

Fuente: University of Northern Iowa (s.f.)

2.3. Proceso de trabajo para la impresión de una pieza.

Prácticamente la totalidad de las impresoras no industriales que se están empleando en la enseñanza trabajan con la tecnología FMD. En la Ilustración 8 se detalla el proceso a seguir para obtener una pieza en este tipo de impresoras.

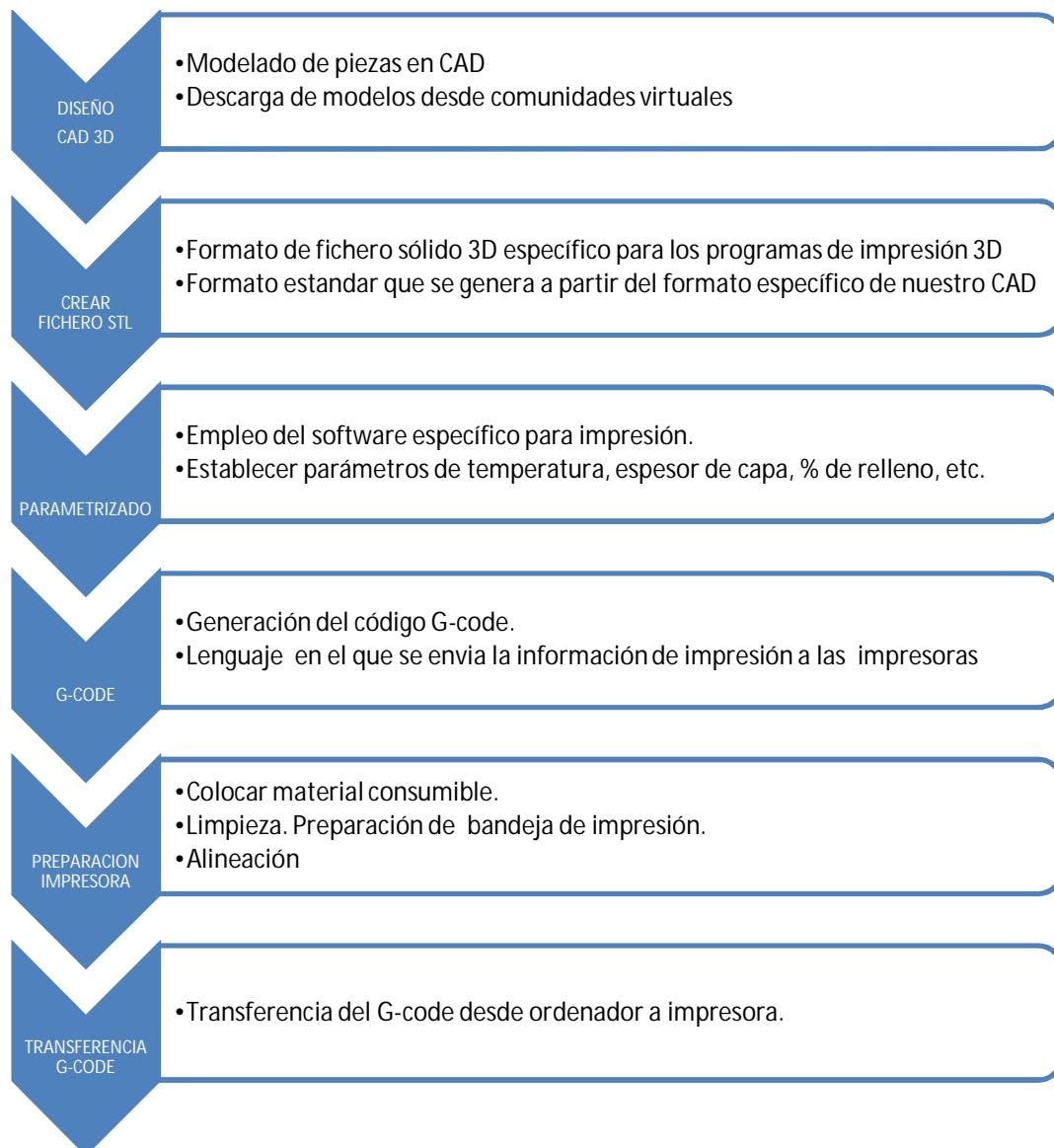


Ilustración 8. Proceso de trabajo habitual en impresoras FMD.

Fuente: Elaboración propia.

Los alumnos que completan este proceso adquieren por un lado las habilidades relacionadas con las TIC, pero por otro lado aprenderán a parametrizar un proceso que no deja de ser industrial y tendrán que realizar los ajustes mecánicos necesarios.

Los ajustes y parametrizado son parte de un proceso en el que el mismo alumno podrá evaluar el resultado de su trabajo e ir corrigiéndolo hasta alcanzar el resultado óptimo. Este proceso de aprendizaje no está basado en conocimientos transmitidos por un libro o profesor. El alumno aprende de sus errores y puede diseñar sus propias estrategias para mejorar el resultado. Además, una vez conseguido el objetivo podrá enseñárselo a otros compañeros.

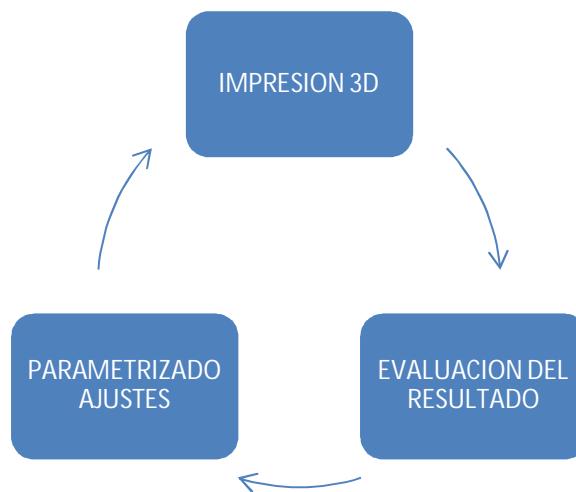


Ilustración 9. Proceso de aprendizaje del manejo de la impresora.

Fuente: Elaboración propia

2.4. Perspectiva futura como recurso productivo.

Las expectativas de crecimiento del volumen de negocio alrededor de la impresión 3D son espectaculares. "Se prevé que la industria de la impresión 3D alcance un valor a escala mundial superior a los 8.000 millones de dólares para 2020". (Chalmer, 2013). Por otro lado, se espera una expansión a todos los sectores de la sociedad y su empleo a gran escala. "Cualquiera que posea conocimientos sobre dibujo asistido por ordenador y acceso a una impresora 3D podrá reproducir y editar artículos físicos, fabricados masivamente y vendidos en tiendas outlet." (Chalmer, 2013).

No debemos de perder la idea de que los estudiantes de Formación Profesional tienen su formación orientada al mundo laboral. Debemos de estar por tanto atentos a los avances y desarrollos tecnológicos que se den en el entorno industrial.

En relación a la industria guipuzcoana basada en pymes "algunas innovaciones, como la impresión en 3D, permitirán a las PYME de numerosas ramas de producción producir en pequeña escala con la misma eficiencia con que se efectúa la producción en gran escala." (Organización Mundial del Comercio, 2013, p.160).

Por otro lado se presenta como una alternativa a los problemas planteados por la globalización en el que el trabajo se está desplazando a países con mano de obra más barata y las empresas necesitan trabajar en un mercado global.

Como solo se necesitan materias primas y corrientes de datos cifrados para la fabricación, y a medida que la producción se individualiza, el acceso a estas nuevas tecnologías puede hacer mucho más fácil para las PYME participar en los mercados de exportación. Además, al reducir la importancia de los costos de mano de obra para la ventaja comparativa, la robótica y la impresión en 3D también podrían suponer la vuelta de las manufacturas, junto con cadenas de suministro enteras, a los países desarrollados. (Organización Mundial del Comercio, 2013, p.166)

En cuanto a los campos de aplicación, las posibilidades que se ofrecen son innumerables. Aunque sea de un modo simbólico, actualmente ya se está empleando en sectores como la moda, la construcción, el aeroespacial y la medicina. Sectores en los que se está realizando una fuerte investigación y los avances en los próximos años serán innumerables. Pero el verdadero avance vendrá por las propiedades de los materiales que se podrán imprimir. Este avance en los materiales ya ha tomado el nombre de impresión 4D

Las grandes expectativas sobre la tecnología 3D, han propiciado la definición de un nuevo término: la impresión 4D o la producción de objetos tridimensionales con la capacidad de transformarse y adaptarse frente a las circunstancias en el tiempo.

Algunos académicos han indicado que sí puede materializarse este salto cuántico, lo cual permitirá desarrollar inventos como: muebles que se arman solos, láminas que cambian su densidad de acuerdo a la temperatura, trajes militares que cambian su color respecto a la luz, ropa que se adapta a la contextura. Autos que reparan su carrocería, y relojes y joyas que se transforman. El pentágono y el MIT confirmaron que están trabajando bajo la referida orientación estratégica. (Olivo, 2015)

2.5. Comunidad maker

La liberación de las patentes correspondientes a la tecnología FMD por parte de la empresa Stratasys supuso el comienzo de la gestación dentro de la comunidad maker del proyecto Reprap en la que se fabricaría una impresora bajo la filosofía Open Hardware. La idea era crear impresoras capaces de fabricar las piezas necesarias para poder montar nuevas impresoras. De esta manera, cualquier

persona que tuviera una impresora 3D tenía la opción de fabricar y montar nuevas impresoras. Con esta filosofía de trabajo salieron al mercado las primeras impresoras de bajo coste cuyo precio estaba 10 veces por debajo de las impresoras profesionales.

"Los maker generalmente no crean tecnología y si lo hacen son sencillas. Pero hacen una labor importante que es transformar la tecnología empleada por las grandes empresas haciéndolo accesible a la gente... Un maker es una persona que inventa cosas, que crea, que compra y destripa sólo para entender cómo funciona. Gracias a internet estamos hablando de miles de personas conectadas. No trabajan aisladas en casa. Se juntan también en los hackerspace" (Eizaguirre, 2013).

El proyecto Reprap trabaja dentro de la filosofía Open Hardware en el que toda la información necesaria para fabricar una impresora está disponible en la red. Los que fabrican una impresora pueden realizar modificaciones y mejoras en el diseño. Este diseño mejorado vuelve a compartirse bajo licencia Open Hardware para que otros miembros de la comunidad puedan también aportar sus mejoras.

Con esta filosofía de trabajo la evolución de la tecnología se realiza en modo cooperativo entre los miembros de la comunidad que van probando el producto, detectando problemas y aportando soluciones que son compartidas.

2.6. Proyectos relacionados con la impresión 3D en la educación.

2.6.1. Proyectos internacionales

Tras la comercialización de las primeras impresoras de bajo coste en los últimos años se han multiplicado las noticias que han puesto el foco sobre el uso de las impresoras 3D en la educación. Además, personajes importantes del mundo de la política o de la economía se han planteado como objetivo acercar las impresoras a las escuelas.

Missión Street Manufacturing es una Start-Up de EE.UU. que pretende acercar las impresoras 3D a las escuelas. Para ello se han propuesto recaudar a través de internet 50.000\$ para desarrollar un proyecto en el que se diseñará una impresora 3D que se pueda vender por 500€ y que está destinado a la enseñanza primaria y secundaria. (Professional Engineering Magazine, 2014)

Luke Johnson, presidente de la empresa de Reino Unido, Risk Capital Partner, dirige un proyecto que quiere poner una impresora 3D en cada escuela para el próximo año. Está buscando financiación para el coste que prevé será de 10 millones de libras. (Professional Engineering Magazine, 2014)

En este sentido, una de las noticias de mayor repercusión fue el discurso de Barak Obama en el que dio a las impresoras 3D "el potencial de revolucionar la forma en que hacemos casi todo" (Obama, citado por Reuters, 2013).

Barak Obama ha anunciado recientemente su decisión de incluir un sistema de impresión 3D en cada escuela de Estados Unidos, cuestión que está despertando un gran interés en las aplicaciones educativas de esta tecnología. Por ejemplo, ya se emplea en las clases de química orgánica para explicar las estructuras tridimensionales de los compuestos, en las clases de anatomía para mostrar los huesos o en campos como la historia del arte para reproducir con gran detalle elementos como esculturas y vasijas. (Ikaslan Araba, 2014).

En Estados Unidos ya se han creado las primeras alianzas entre centros de enseñanza de secundaria y universidades cuyo objetivo es promover esta tecnología. Estas alianzas además cuentan con la ayuda de las instituciones públicas.

El inicio parte de una subvención estatal de 300.000 dólares para crear una "escuela laboratorio de tecnologías de fabricación avanzada". Esta escuela es el fruto de la colaboración entre la Universidad de Virginia y su ciudad para enseñar ciencias e ingeniería en escuelas públicas y preparar a los alumnos para trabajos de alta tecnología. Además, ofrece a los futuros maestros y profesores experiencia en la combinación de conceptos de ingeniería y educación científica tradicional. (MacKenzie, 2013).

Por otro lado contamos también con proyectos de colaboración entre diferentes centros gracias a las nuevas tecnologías que hacen posible el trabajo en equipo y la impartición de clases a distancia denominados como eWork y eLearning

Finalmente, en la Escuela de Secundaria Jack Jouett y en el Instituto de Bachillerato del Condado de Albermale se incluirán programas de tecnologías de fabricación avanzada. Los centros estarán comunicados entre sí y con la Universidad de Virginia mediante videoconferencia. Para el próximo curso escolar, la escuela laboratorio planea ofrecer cursos a unos 500 alumnos de 8º grado en las dos escuelas de secundaria. Está programado ir añadiendo un nuevo nivel de grado cada nuevo curso escolar. Finalmente, los alumnos del Instituto de Bachillerato tendrán la oportunidad de estudiar fabricación avanzada mediante una doble matriculación en el Colegio Comunitario de Pieond Virginia. (MacKenzie, 2013).

No podemos dejar de lado la influencia que están teniendo en la comunidad maker las comunidades virtuales en la que sus miembros comparten diseños para que otros los puedan descargar e imprimir. Thingiverse y Enabling the Future son dos de estas comunidades en las que más se ha volcado la comunidad educativa.

La comunidad virtual Thingiverse fue creada por el fabricante de impresoras 3D Marketbot. A través de esta comunidad miles de personas han compartido los más variados diseños con el fin de que otras personas puedan imprimirlas. Aparte de ser

un repositorio de contenidos en que los diseños están categorizados por tipo de actividad, grupos de desarrollo, colecciones, etc, la web funciona como una red social en la que se pueden tener seguidores, "likes" y demás elementos típicos de este tipo de redes.

Por otro lado Enabling the Future, proyecto creado el 2013, se presenta con el objetivo altruista de crear manos protésicas para su donación a personas del tercer mundo que lo necesiten. La dedicación de la comunidad es exclusiva a este fin. El principal instrumento para la fabricación de estas manos protésicas es la impresora3D. Los participantes en la comunidad pueden subir sus propios diseños o descargarlos para la impresión. El objetivo final siempre es donar la mano protésica que se haya fabricado con un diseño de Enabling the Future.

Podemos añadir aquí el caso de dos empresas que además de ofrecer el servicio de impresión y diseño personalizado: Shapeways y i.materialise. Cuentan con sus comunidades virtuales donde la gente puede subir sus diseños. Los estudiantes pueden usar estas web que presupuestan los objetos diseñados que se suben a su plataforma e informan de su viabilidad técnica de cara a la fabricación

Las oportunidades de seguir los desarrollos mundiales en impresión 3D motivan a los alumnos en el aula, pero el eMaking (en referencia a una estrategia de fabricación digital práctica incorporada en el entorno digital mundial) saca el aprendizaje de los alumnos del estudio para introducirlo en el entorno digital mundial, abriendo las puertas a oportunidades de aprendizaje que contribuyen a cambiar la perspectiva del alumno... Los estudiantes de la Universidad de Griffith abren su propia cuenta, pueden cargar su modelo –aprobado o no por el profesor– y que este sea comprobado por el proveedor. Después reciben información objetiva sobre la viabilidad de su modelo en términos de impresión y pueden elegir imprimirla en una variedad de materiales (Loy, 2014)

FAB LAB.

Al igual que los hackerspaces que se han constituido en torno al movimiento maker, en numerosas ciudades del mundo se han puesto en marcha Los Fab Lab. Los Fab Lab son espacios abiertos a cualquier persona donde se puede establecer una relación entre la creación digital y la fabricación física.

Estos espacios cuentan con equipos como cortadoras laser, centros de mecanizado CNC, e impresoras 3D que se pueden emplear en lo que se ha denominado la fabricación digital.

Fab Lab es un proyecto que nació el año 2.000 en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y se ha extendido a nivel mundial. El primer Fab Lab abierto en Europa ha sido el Barcelona Fab Lab en el año 2007.

Actualmente constituyen una red mundial de más de 400 centros en 35 países que trabajan en una comunidad coordinada a través de la Fab Foundation.

Una de las vertientes del proyecto Fab Lab son las cafeterías en las que además de contar con los servicios habituales de cafetería tenemos la opción de utilizar equipos de fabricación digital. En este sentido el primer Fab Cafe a nivel europeo también se ha creado durante el 2014 en Barcelona.

Un local donde uno podrá tomar algo y a la vez 'imprimir' en tres dimensiones el último diseño que ha creado desde el portátil personal. Incluso desde el móvil. Y durante los minutos que tarde en fabricarse la pieza –prototipos, decoración efímera, pequeños juguetes...–, podrá desayunar, picar algo o conectarse a internet. Como una copistería, pero en 3D y con servicio de bar. (Pauné, 2013)

2.6.2. Proyectos nacionales

IES A PARALAIÁ.

El Instituto de Enseñanza Secundaria A Paralaia de Moaña, en la provincia de Pontevedra. Ha introducido la impresora 3D para trabajar con los alumnos durante el curso 2014-2015. La implantación la ha realizado con la colaboración de la empresa Kilo3D especializado en la comercialización de impresoras y consumibles. IES A Paralaia es un centro que imparte ESO, bachillerato y Formación Profesional en las especialidades de mecanizado y electrotecnia.

La experiencia comenzó con la idea de construir una impresora 3D. Un año después de formar el grupo de trabajo que se encargaría de ello, la impresora estaba en marcha. La experiencia suscitó interés en el centro y lo han incorporado dentro del plan de formación. Como colofón a esta implantación se ha organizado una jornada de trabajo con las impresoras 3D abierta a todos los alumnos del centro.

El profesor Ogando (2015) nos dice que los alumnos "en vez de cortar madera podrán hacer sus propios diseños", y según Eixo (2015), director del centro, "Tenemos especialidades como mecanizado y electricidad que combinados tienen

muchas posibilidades de que se pueda incorporar esto al funcionamiento del centro".

GUTENBERG 3D.

En el proyecto Gutenberg3D, desarrollado durante el 2015, han participado 11 centros españoles de enseñanzas medias. Repartidos en más de 10 provincias, 111 profesores y más de 900 alumnos han trabajado de forma colaborativa en este proyecto basado en el uso de las impresoras 3D en el aula. El proyecto pretende impulsar el uso de las impresoras 3D en los centros, aplicar las TIC a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje a través de equipos accesibles para todos, y fomentar el trabajo colaborativo en red entre alumnos de distintos centros y comunidades. (Implimalia3D, 2015)

El proyecto ha sido apoyado por el ministerio de Educación, Cultura y Deporte a través del programa Promece con el que se subvencionan propuestas para la mejora de la calidad educativa. El programa Promece del Ministerio promueve los cambios metodológicos y organizativos que incrementen el número de estudiantes que culminan la enseñanza obligatoria y continúan con estudios posteriores. Las ayudas son para agrupaciones de centros escolares y es necesario que los participantes pertenezcan al menos a dos comunidades autónomas. (Educalab, 2014)

Los proyectos presentados se puntuán en función de unos criterios de baremación y la mayor puntuación de todos los proyectos presentados ha sido para el proyecto Gutenberg 3D. La cuantía económica obtenida ha sido de 150.000 € que serán repartidos entre los 11 centros participantes.

El proyecto nace de la colaboración que se da entre varios centros educativos en otro proyecto de características similares: Plumabot. Este proyecto pretende desarrollar una plataforma de hardware abierto y modular con aplicaciones educativas e industriales. Este grupo de trabajo está funcionando desde 2011.

Según el blog Gutenberg3D (2015), dentro de este proyecto se han creado diferentes grupos que han realizado diferentes trabajos. Una muestra de estos trabajos es:

- Shell Eco-Maratón.
- Construcción de prótesis (Robohand).
- Maquetas arquitectónicas y modelado de terrenos.

- Dar conectividad a las impresoras 3D (El internet de las cosas).
- Curso: Montaje de impresoras 3D.
- Curso: Python para Raspberry Pi.
- Curso: Android para desarrollo de Apps.

2.6.3. Proyectos locales en Euskadi

HIRIKILABS.

El movimiento maker Guipuzcoano tiene uno de sus referentes en Hirikilab. Este proyecto está enmarcado dentro del centro de creación de cultura de San Sebastián, Tabakalera, y cuenta con la colaboración del programa de actividades correspondientes a la capitalidad cultural de San Sebastián para el año 2016 (DSS2016).

Trabajamos en el marco de las tecnologías sociales y colaborativas para crear actividades que relacionen el mundo digital y el empoderamiento ciudadano. Tenemos una perspectiva hacker, maker y de "háztelo tú mismo" sobre todo lo que hacemos y nos gusta la idea de "artesanos digitales" (Hirikilabas. s.f.)

Este espacio en el que se han dado varios cursos sobre el montaje y manejo de las impresoras 3D fue el germen para la creación de un proyecto educativo más ambicioso que pasaría a ser Ikaslab. En este entorno se dieron cita un profesor del centro Don Bosco de Rentería y varios miembros de la comunidad maker. Poco tiempo más tarde llegaría la primera impresora 3D no profesional a un centro de Formación Profesional de Guipúzcoa.

TUMAKER.

Los fundadores de la empresa guipuzcoana fabricante de impresoras 3D, Tumaker, empezaron su andadura como proveedores de servicios informáticos. La pertenencia de sus miembros a la comunidad maker fue lo que les llevó al mundo de las impresoras 3D.

La gente de Tumaker viene de un mundo donde la gente se junta tanto en la red como en lo físico y que son comunidades maker donde se dedican a experimentar con electrónica y componentes de bajo coste. En estas asociaciones se han creado productos nuevos que se venden en el mercado a día de hoy con este espíritu nace Tumaker (Eizaguirre, 2013).

Tumaker también está involucrado en el proyecto Ikaslab al ser el proveedor principal de las impresoras para los centros que participan en ella. Pero su producción y servicios no están solamente orientados al sector educativo. Su modelo Voladora que ha evolucionado considerablemente en muy poco tiempo está teniendo una gran aceptación en la industria.

A día de hoy estas impresoras sobre todo se utilizan en las empresas. Para que os hagáis una idea el 80% de las ventas se realiza a industria y el 20% a educación. Precisamente en educación han comenzado a trabajar con estas herramientas por demanda de las empresas de gente cualificada en el uso de estas herramientas (Eizaguirre, 2013).

TEKNIKA.

Tknika es un centro de innovación dedicado a la Formación Profesional en Euskadi. Perteneció al Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco, y está dirigido por la Vice consejería de Formación Profesional. El personal destinado a la labor de innovación es profesorado de FP que desarrolla proyectos para la mejora en los ámbitos de la educación, la tecnología y la gestión.

Ikaslab es uno de los proyectos que se está desarrollando con la colaboración de Tknika.

En Tknika se creó este proyecto sobre las impresoras 3D por una tecnología que viene muy fuerte con un gran desarrollo en los últimos años. Lo que queremos es que la Formación Profesional incorpore esta tecnología cuanto antes. Para ello se han creado las aulas laboratorio Ikaslab en 15 centros además del de Tknika, para desarrollar aplicaciones en torno a esta tecnología, y junto con el equipamiento que tenemos aquí para dar una respuesta a los proyectos que surjan en los centros y en las empresas. (A. Baqueriza, comunicación personal, 23 de junio de 2015, ANEXO IX).

PROGRAMA IKASLAB.

Durante el curso 2013-2014 el Departamento de Educación del Gobierno Vasco aprobó un programa para la implantación de laboratorios de investigación en varios centros de Formación Profesional, este proyecto se bautizó con el nombre Ikaslab.

A cada centro se destinó una partida de 20.000 € para que pusieran en marcha un aula de impresión 3D con varias impresoras de manera que tanto alumnos y profesores pudieran experimentar con ellos. Como segundo objetivo del proyecto se

planteó la socialización de las impresoras en base a cursos y jornadas de puertas abiertas a los que podrían asistir tanto empresas como particulares.

2.7. Competencias curriculares relacionadas con la impresora 3D.

Con el fin de aclarar que puede aportar una impresora 3D en las especialidades de formación profesional que se mencionan en las entrevistas a profesores se ha realizado una búsqueda de los conocimientos y competencias requeridas desde los DCB de dichas especialidades que puedan estar relacionados con el recurso.

De las entrevistas realizadas se desprende que los niveles y especialidades de Formación Profesional en los que se emplea son múltiples y en el periodo de tiempo que comprende este TFM nos resultaría imposible abarcar todos ellos. Por ello se han seleccionado para el estudio aquellas especialidades que más se han mencionado a lo largo de las entrevistas. Estas dos especialidades corresponden a las titulaciones:

- 1) Técnico Superior en Diseño en Fabricación Mecánica.
- 2) Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica.

Dentro de estas dos especialidades se encuentran las asignaturas transversales Formación y Orientación Laboral y Empresa e Iniciativa Emprendedora. Estos dos módulos se imparten en todos los ciclos formativos de grado medio y grado superior. El estudio de los DCB correspondientes a estos dos módulos, por tanto, es válido para todas las especialidades de Formación Profesional de grado medio y de grado superior.

Tras proceder a un análisis de los Diseño Curricular Base (DCB) publicados por el Instituto Vasco de Cualificaciones y Formación Profesional correspondientes a estas dos especialidades de fabricación mecánica, nos da como resultado las tablas disponibles en el ANEXO II. En estas tablas se recogen los contenidos, las actividades y los criterios de evaluación que pueden estar relacionados con el empleo de las impresoras 3D.

Los contenidos, actividades y resultados del aprendizaje se han seleccionado en función de los siguientes parámetros que lo justifican:

- Orientados al estudio de los diseños para su mejora o verificación en cuanto a sus propiedades mecánicas y funcionales. Esto se puede conseguir a través de la fabricación de prototipos en las impresoras 3D que nos permite obtener un modelo para su testeо.
- Orientados a identificar nuevas oportunidades de negocio a través de la creación de prototipos de objetos para su presentación a potenciales compradores.
- Orientados a estudiar los costes de fabricación y su viabilidad económica mediante el empleo de prototipos.
- Podemos englobar los anteriores tres puntos dentro de los procesos de innovación que buscan: crear o mejorar productos y líneas de negocio.
- Orientados a crear o gestionar la documentación necesaria para el mantenimiento y manejo de las máquinas.

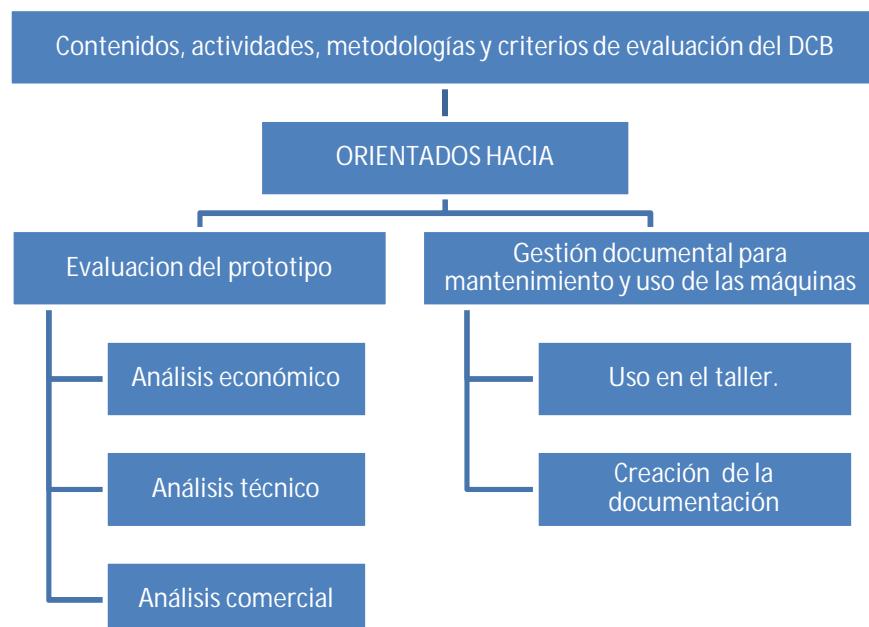


Ilustración 10. Esquema de contenidos del DCB.

Fuente: Elaboración propia.

El DCB correspondiente al ciclo de Organización de la Producción sólo hace referencia a las máquinas herramienta como recursos productivos. No hace mención ninguna ni a la fabricación de prototipos ni a la fabricación de series cortas o unitarias en impresoras 3D. Ni siquiera hace referencia al proceso de prototipado en general. La única puerta abierta que deja el DCB al empleo de las impresoras 3D son

los contenidos actitudinales que hacen referencia a la creatividad, innovación e iniciativa personal.

La herramienta propuesta para la mejora desde el módulo transversal Empresa e Iniciativa emprendedora es el DAFO. "Señalemos por otra parte que la mejor presentación conocida de un diagnóstico empresarial es el cuadro DAFO. Acrónimo de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades". (Lledó, 2013, p28).

Por otro lado, Vilches (2005) define de esta manera el análisis DAFO.

Pese a su simplicidad, este método de análisis está considerado como el abecé de cualquier estrategia empresarial...es "una de las herramientas más antiguas para elaborar estrategias con éxito pero vigente porque combina la orientación al mercado – cómo puedo aprovechar sus oportunidades gracias a mis fortalezas – con la orientación a la competencia, al aprovechar las debilidades del mercado con mis fortalezas" opina Gildo Seisdedos... Se puede aplicar en toda situación de gestión, área de negocio y empresa de cualquier tamaño y sector de actividad (p.79)

Mientras que el método que se propone desde los módulos profesionales de la especialidad Diseño en Fabricación Mecánica es el AMFE.

El AMFE (Análisis modal de fallos y efectos) diseño permite mejorar la calidad en la fase de diseño. Posteriormente, el AMFE de procesos posibilita mejorar la calidad de los procesos (Busquets, 2001). Cuando el diseño y desarrollo del producto le viene dado a la empresa, sólo requiere del AMFE de procesos puesto que entonces sólo realiza industrialización. (Llorente Galera, 2009, p.44)

Tabla 1. Correlación entre objetivos del currículo y métodos de análisis.

Fuente: Elaboración propia.

OBJETIVO DEL CURRÍCULO	HERRAMIENTAS DE TRABAJO
Estrategia empresarial Marketing Estudios de mercado	DAFO
Mejora de diseño Análisis de fallos.	AMFE

2.8. La impresora 3D como recurso educativo

Uno de los aspectos más importantes que tenemos ante la impresora 3D es la validez que tiene como recurso educativo para motivar a los alumnos y reforzar su creatividad. La impresora 3D resulta motivadora por varias razones:

- Es una actividad, requiere por tanto acción.
- Supone un reto ya que lo ven como algo lo suficientemente fácil para alcanzarlo pero lo suficientemente difícil como para tener que dedicarle un esfuerzo a ello.
- Los alumnos pueden crear objetos relacionados con sus propios intereses.

Haciendo referencia a la taxonomía de Bloom, revisada por Wilson y Leslie, Moreno (2015) comenta “crear es la parte del pensamiento más compleja, en lugar de la parte más baja de la pirámide...además produce satisfacción... y tienen a los chavales motivados por que están creando”

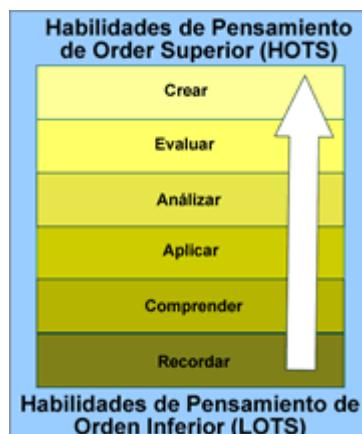


Ilustración 11. Jerarquía de las habilidades del pensamiento.

Fuente: Tovar (2015).

En este sentido la impresora 3d es un recurso que se puede emplear en la docencia para que los alumnos puedan crear sus diseños desarrollando un proceso creativo en el que serán protagonistas en el diseño, fabricación y pruebas de funcionamiento. “Crear es sencillo solo hacen falta las herramientas. Cualquier chaval de cualquier edad puede crear, sólo hay que darle la herramienta necesaria que es diferente para cada edad” (Moreno, 2015)

La impresora 3D se presenta como una herramienta de fabricación de bajo coste y sencilla de usar que tiene su encaje en la formación profesional para la fabricación de piezas que de otra manera resultarían costosas o complejas para su fabricación en el taller. "El profesor Sa'ad Medhat, director ejecutivo de NEF, dijo: "La impresión 3D tiene un gran potencial dentro del aula, ayudando a disparar la imaginación de los alumnos y permitiéndoles experimentar y pensar creativamente." (Sa'ad medhat citado en Professional Engeenering Magazine, 2014).

Las últimas tendencias en cuanto al modo de impartir la educación apuntan a metodologías como el PBL (Problem Based Earning & Proyect based Earning) o el LBD (Learnig by Doing). Como su propio nombre indica, estas metodologías se basan más en hacer que en escuchar o leer. Este tipo de metodología permite aprender materias que hasta la fecha se han etiquetado como teóricas, de un modo transversal mediante aplicaciones prácticas donde sea necesaria la materia para su culminación. "Además, los alumnos reciben una enseñanza práctica de ciencias y matemáticas, en lugar de aprender ciencias y matemáticas como concepto abstracto; pueden aprender sobre estas asignaturas de forma activa". (MacKenzie, 2013).

A modo de síntesis podemos enmarcar la creatividad con un elemento generador de motivación. A su vez, las metodologías basadas en PBL y LBD como generadoras de creatividad y la impresora 3D como parte integrante de dichas metodologías.

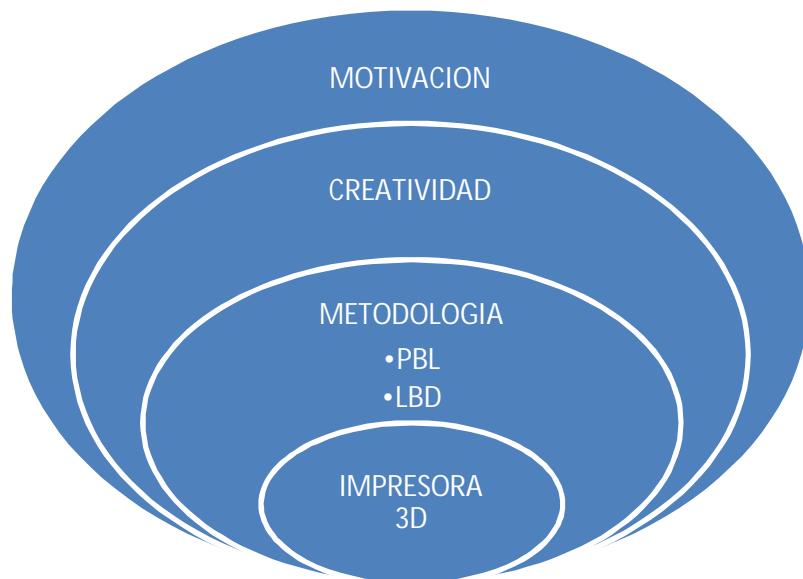


Ilustración 12. Integración de la impresora 3D como recurso educativo.

Fuente: Elaboración propia

3. ESTUDIO DE CAMPO

3.1. Metodología.

Dado el carácter exploratorio del tema, se ha optado por desarrollar un estudio de campo de tipo cualitativo. La estrategia seleccionada es la realización de entrevistas de carácter abierto.

La entrevista cualitativa es una narración en forma de diálogo que crean conjuntamente el entrevistador y el entrevistado; incorpora un conjunto interrelacionado de estructuras que la definen como objeto de estudio. (Aguilera R.M., Durand-Smith A., Rodríguez E.M., Romero Mendoza M., 2003, p.76-93)

La información recogida se tratará empleando la técnica del Análisis de Contenido Temático. Este análisis de contenido se ha desarrollado según el proceso propuesto por Fernandez Nuñez (2006) que contempla las siguientes cuatro fases a seguir.

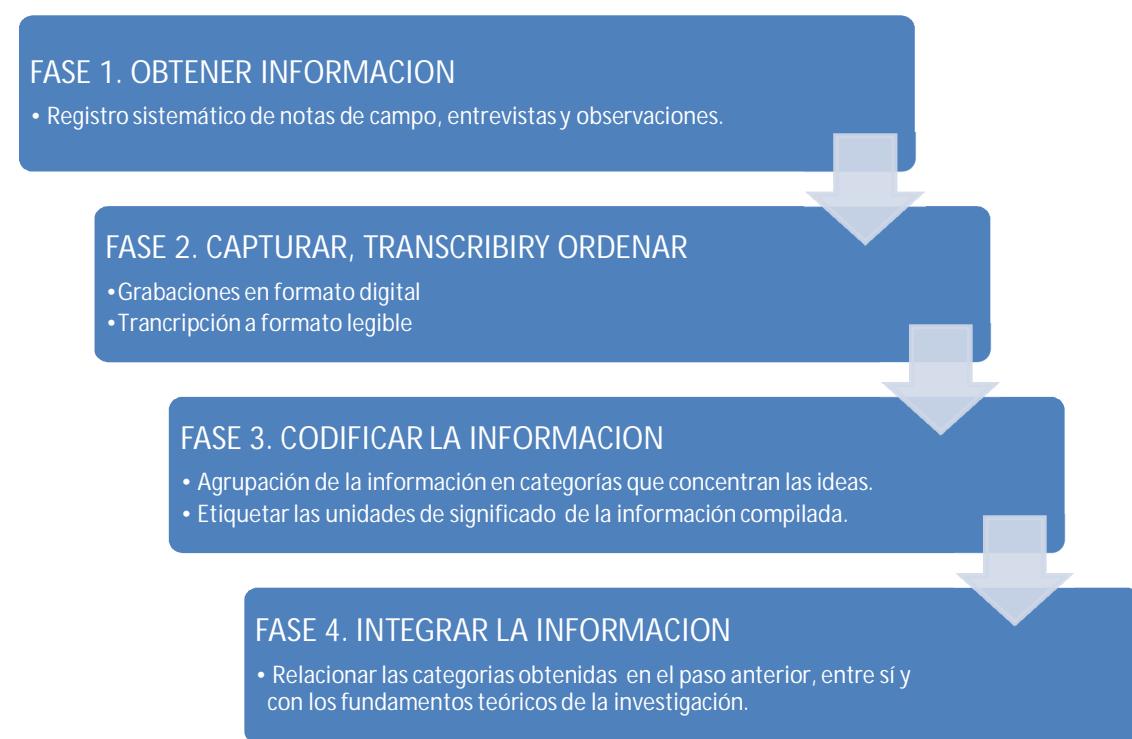


Ilustración 13. Análisis de contenido.

Fases de tratamiento de la información.

Fuente: Fernández Núñez (2006) (adaptado).

3.2. Contextualización e informantes.

La búsqueda de fuentes para las entrevistas se ha realizado en forma de bola de nieve.

Método de muestreo de bola de nieve. El muestreo puede definirse como una técnica de investigación en que el primer sujeto que se contacta da al investigador el nombre de otro sujeto, que a su vez proporciona el nombre de un tercero, y así sucesivamente. (Aguilera R.M., Durand-Smith A., Rodríguez E.M., Romero Mendoza M., 2003)

Se han solicitado entrevistas en 7 centros de Formación Profesional que están trabajando dentro del programa Ikaslab. Esta selección de centros se ha realizado en base a la información recogida en la primera entrevista de toma de contacto en uno de los centros. En esta primera toma de contacto pudimos acceder al foro de debates Ikaslab en Google Groups y tener conocimiento de los miembros más activos en el grupo. De estas 7 solicitudes han accedido a la entrevista 6 centros, y no hemos podido contactar con los responsables del proyecto en uno de ello.

Por otro lado se ha buscado entrevistar a profesores y agentes relacionados que estuvieran fuera de este primer grupo de muestra. Para la implantación de las impresoras 3D en los centros guipuzcoanos han sido clave dos instituciones. La primera es el departamento de educación del Gobierno vasco que ha realizado una fuerte apuesta por esta tecnología a través del Centro de Innovación para la Formación Profesional, Tknika, mediante la implantación el programa Ikaslab, y la segunda en la empresa Tumaker que ha suministrado las impresoras 3D a la mayoría de los centros participantes en el programa Ikaslab

Se ha solicitado entrevistas en los siguientes centros por su diferenciación respecto al grupo de 7 ya mencionado: a) Escuela Politécnica de Mondragón en la que se imparte Formación Profesional y Grado en Ingeniería, b) Hernani BHI en la que se imparte en ESO, bachillerato y Formación Profesional, c) Easo Politeknikoa que está empleando las impresoras 3D como recurso transversal desde el departamento de Formación para la Orientación Laboral. d) Tknika como centro de desarrollo tecnológico enfocado a la Formación Profesional, y e) Tumaker como fabricante y principal proveedor de impresoras dentro del programa Ikaslab. De estas 5 solicitudes de entrevista han respondido afirmativamente 3.

Por tanto, de las 12 entrevistas previstas en principio se han podido realizar 9.

Tabla 2. Resumen de centros participantes.

Fuente: Elaboración propia

CENTROS DE FORMACIÓN PROFESIONAL ENTREVISTADOS	ENTREVISTA SOLICITADA	ENTREVISTA CONCEDIDA
CENTRO IKASLAB Uso de la impresora en módulos profesionales	7	6
CENTRO IKASLAB Uso de la impresora en módulos transversales	1	1
CENTROS NO IKASLAB	2	1
OTROS	2	1
TOTAL ENTREVISTAS	12	9

El conjunto de las entrevistas se ha efectuado entre los meses de junio y julio de 2015.

Tabla 3. Informantes clave. Fuente: Elaboración propia.

CENTRO EDUCATIVO	PROFESOR	ESPECIALIDAD	EDAD APROX.	GENERO	PUESTO
IEFPS Bidasoa	J.L.O.	Diseño en Fabricación Mecánica	45	Hombre	Profesor de la especialidad
IEFPS Don Bosco	A.C.	Electrónica	30	Hombre	Profesor de la especialidad
IEFPS Usurbil	J.M.F.	Producción en Fabricación Mecánica	55	Hombre	Profesor de la especialidad
IEFPS Armeria Eskola	A.H.	Diseño en Fabricación Mecánica	40	Hombre	Profesor de la especialidad
Aretxabaleta Lanbide Eskola. ALE	A.M.	Soldadura y calderería	30	Hombre	Profesor de la especialidad
Instituto de Máquina Herramienta. IMH		No ha respondido a la solicitud de entrevista			
Instituto de Formación Profesional Miguel Altuna	P.A	Diseño en Fabricación Mecánica	35	Mujer	Profesora de la especialidad
Easo Politeknikoa	M.L.	Formación y Orientación Laboral	45	Mujer	Profesora de la especialidad
IES Hernani BHI	U.A.	Diseño en Fabricación Mecánica	40	Hombre	Jefe de estudios
Escuela Politécnica Superior de Mondragón		No ha respondido a la solicitud de entrevista			
Tumaker		No se ha solicitado la entrevista por falta de tiempo.			
Tknika	G.B.	Área de Innovación Aplicada en el Ámbito de la Formación Profesional	35	Hombre	Gestor del proyecto IKASLAB

3.3. Instrumentos utilizados.

Previo a realizar la ronda de visitas con un cuestionario al que los profesores pueden responder libremente se realizó una visita a dos centros de referencia en el uso de las impresoras 3D, en el que se tomaría un primer contacto a modo de introducción en este ámbito. Con las impresiones recogidas en estas primeras entrevistas se diseñó un cuestionario con el que se procedió a grabar las entrevistas que se emplearán como estudio de campo del TFM.

A los profesores se les envió copia del cuestionario con el guion y los objetivos del TFM, con la suficiente antelación para que previamente reflexionen sobre él.

Las preguntas realizadas en las entrevistas han sido sobre los siguientes aspectos:

- a) Proceso de implantación, formación y puesta en marcha del recurso.
- b) Problemas que han surgido.
- c) Costes asociados.
- d) Alumnado al que va dirigido y objetivos educativos que se buscan.
- e) Relación con el mundo empresarial.

3.4. Guion de la entrevista.

1. En qué nivel de enseñanza se emplea.
2. Especialidades (alumnos) en las que se emplea.
3. Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando.
4. Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...)
5. Coste de las impresoras. Coste estimado de impresión para cada una de las tecnologías.
6. Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros)
7. Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario.
8. Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo.
9. Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca.
10. Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad/nivel. En qué aspectos.

11. Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases.
12. En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales: taller de mecanizado, taller eléctrico/electrónico.
13. Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso.
14. Cuáles son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso.
15. Qué formación ha sido necesaria para el profesorado.
16. Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D.
17. Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red.
18. Estáis trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D.
19. Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades.
20. Estáis dando formación a empresas del entorno
21. Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas.

3.5. Trascripción de las entrevistas

Como ya hemos mencionado anteriormente en el proceso del Análisis de Contenido temático, se han transcrita las 9 entrevistas realizadas. Estas entrevistas están disponibles en los anexos que van del ANEXO V al O.

Para la transcripción se han aplicado los siguientes criterios:

- 1) Las preguntas y los comentarios realizados por el entrevistador están en negrita.
- 2) Con el fin de mejorar la compresión del texto se han añadido a él entre paréntesis aclaraciones sobre el contexto en el que se realizan.
- 3) Las partes no transcritas por estar la temática fuera de la investigación, repetir comentarios, o no poder entender la locución de la grabación, se han señalado con paréntesis y puntos suspensivos (...). También se han retirado comentarios del entrevistador si estos no son necesarios para comprender el hilo de la entrevista.
- 4) Algunos fragmentos se han recortado por redundantes o se ha modificado el texto transcrto para hacerlo más comprensible pero sin cambiar el significado.
- 5) Con el fin de evitar comparaciones entre centros el orden de las entrevistas no es coincidente con el listado de centros en el que se han realizado las entrevistas. De esta manera no se relacionarán las entrevistas con los centros.

Ejemplo de modificación de transcripción textual

Párrafo original: Pues la más importante es el fenómeno warping que tiene todo el mundo con las impresoras que son relativamente baratas. Es un fenómeno de diferencia de temperatura entre capas de la pieza, se va doblando, se dobla, se padea, luego se despega de lo que es la base. Ese es el problema más grande, más grande que hay. Luego ya lo que es lo demás...bueno, y lo que es el warping. Y también la resistencia, también entre capas. Entre capa y capa hay debilidades y salen piezas muy frágiles.

Párrafo de texto en la transcripción: La más importante es el fenómeno warping que tiene todo el mundo con las impresoras que son relativamente baratas. Por diferencia de temperatura entre capas la pieza se va doblando y se abre, se dobla, se padea y se despega de la base. Es el problema más grande que hay. También la resistencia entre capas, entre capa y capa hay debilidades y salen piezas muy frágiles.

3.6. Análisis de los datos recogidos en las entrevistas.

Para el análisis de contenido temático las entrevistas se han desmenuzado en unidades de significado. Estas Unidades de Significado se han clasificado en códigos y a su vez los códigos en categorías.

Los códigos usualmente están "pegados" a trozos de texto de diferente tamaño: palabras, frases o párrafos completos. Pueden ser palabras o números, lo que el investigador encuentre más fácil de recordar y de aplicar. Además, pueden tomar la forma de una etiqueta categorial directa o una más compleja.

Los códigos se utilizan para recuperar y organizar dichos trozos de texto. A nivel de organización, es necesario algún sistema para categorizar esos diferentes trozos de texto, de manera que el investigador pueda encontrar rápidamente, (Fernandez Nuñez, 2006, P.4).

Para una primera clasificación de las unidades de significado se han seleccionado dos de las entrevistas de mayor contenido. En una primera lectura han ido apuntando y numerando los códigos de contenido según se hacía mención en la entrevista. De la lectura de estas dos entrevistas se han extraído 48 códigos correspondientes a 566 unidades de significado. Los códigos que se han obtenido no están clasificados por categorías y van numerados del 1 al 48.

Esta primera clasificación de códigos fue revisada para ordenarla por categorías, y tras la revisión de los códigos se observó que estos podían reducirse a un total de 39 códigos clasificados en 12 categorías.

Para validar la lista de códigos, se aplicaron a la entrevista más larga de las 9 con que se cuenta. En este análisis era importante que todos los códigos que teníamos ya clasificados fueran suficientes para las unidades de significado de esta entrevista y que estuvieran lo suficientemente claro como para no dudar de la pertenencia a una categoría u otra de las unidades de significado.

Se ha añadido un código cero para aquellas partes de la entrevista que estuvieran fuera de estudio o no fueran comprensibles.

La siguiente tabla nos muestra los códigos, las unidades de significado y categorías que se han obtenido y aplicado finalmente al análisis de contenido.

Tabla 4. Clasificación de unidades de significado en códigos y categorías.

Fuente: Elaboración propia

CATERORIAS	CODIGO	UNIDADED DE SIGNIFICADO
No significante	0	Contenido no significante para el estudio.
1. Usuarios de las impresoras 3D.	1.1	Nivel y especialidad de alumnos que lo usan.
	1.2	Profesores y departamento que lo están usando.
2. Tipo de trabajos que realizan los alumnos	2.1	Qué tipo de pieza imprimen los alumnos.
	2.2	Proyectos terminados.
3. Aspectos relacionados como recurso educativo.	3.1	Taller tradicional (mecanizado, montaje, electrónica).
	3.2	Relación con currículo.
	3.3	Impresoras que dispone el centro.
	3.4	Configuración del aula.
	3.5	Documentación sobre el uso de las impresoras.
4. Metodología de trabajo empleada con los alumnos.	4.1	Metodología para las clases y distribución del aula.
	4.2	Cambio de metodología en las clases.
	4.3	Motivación para el aprendizaje y trabajo.
5. Proceso de implantación del recurso	5.1	Calidad y fiabilidad en el uso. Problemas con impresoras de bajo coste y Tumaker.
	5.2	Periodo de implantación en el centro.
6. Uso de la impresora	6.1	Software empleado para el diseño o modelado.
	6.2	Materiales empleados para la impresión.

CATERORIAS	CODIGO	UNIDADED DE SIGNIFICADO
	6.3	Características técnicas de la impresora.
	6.4	Procedimientos de trabajo.
	6.5	Aplicación en la industria.
7. Conocimientos y formación necesarios para su manejo	7.1	Objetivo, conocimientos y resultado que se persigue.
	7.2	Conocimientos y formación para alumnos.
	7.3	Conocimientos y formación para profesores.
	7.4	Necesidades de formativas en otros niveles.
8. Coste	8.1	Coste de la impresora.
	8.2	Coste de impresión y consumibles.
	8.3	Mantenimiento.
	8.4	Asignación presupuestaria o de personal. Dedicación.
9. Relacion con otros agentes	9.1	Colaboración con otros departamentos. Transversalidad.
	9.2	Colaboración con otros centros.
	9.3	Comunidades/foros/web de apoyo en el uso. Relación con movimiento maker.
	9.4	Relación con proveedores (impresoras y material).
	9.5	Organismos/programas/proyectos de la administración pública. Relación colaboración.
	9.6	Relación con empresas industriales.
	9.7	Percepción sobre el trabajo de otros centros.
	9.8	Otras experiencias ajenas al centro.
10. Aspectos históricos y de desarrollo de las impresoras	10.1	Historia general sobre las impresoras 3D.
	10.2	Historia particular sobre las impresoras 3D.
11. Posibilidades de uso y aplicaciones futuras.	11.1	Aplicación futura en la industria.
	11.2	Aplicación futura en la enseñanza.

Dentro de cada entrevista se han identificado cada unidad de significado con el número correspondiente al código de la tabla entre corchetes [1.1]. Por otro lado, cada unidad de significado se ha numerado de forma correlativa con dos números separados por un punto. El primero de ellos hace referencia al nº de entrevista y el segundo a la unidad de significado correlativa. Las citas extraídas de las entrevistas se han señalado colocando primero el número correlativo de unidad de significado seguido del código de la unidad de significado al que corresponde.

De esta manera, un fragmento de la entrevista 5 que está en la posición correlativa décimo quinta, y con una unidad de significado correspondiente al código [9.8] se designará como 5.15[9.8].

Algunas unidades de significado se han etiquetado con dos o más códigos por hacer referencia en una única frase a varias unidades de significado. Estas unidades de significado se han etiquetado con un único número correlativo seguido de los correspondientes códigos. Por ejemplo 6.13[7.1][7.2][11.1]

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS CUALITATIVO

4.1. Resultado cuantitativo

La Tabla 5 nos muestra las cantidades de unidades de significado que se han clasificado en las entrevistas. Por la abultada cantidad de información que supone, se han retirado las cantidades correspondientes a cada uno de los códigos y se muestran únicamente las categorías.

Tabla 5. Relaciones de unidades de significado por entrevista

CATEGORIA	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4	Entrevista 5	Entrevista 6	Entrevista 7	Entrevista 8	Entrevista 9	TOTALES POR CATEGORIA
0	0	3	3	0	0	2	1	2	0	11
1	4	4	3	3	2	3	2	8	2	31
2	3	1	1	3	1	2	4	6	4	25
3	5	11	6	6	1	6	7	7	4	53
4	2	3	10	2	0	6	8	10	2	43
5	5	16	6	4	1	13	9	12	2	68
6	4	21	6	5	4	12	5	7	4	68
7	11	17	8	7	2	7	13	22	8	95
8	1	12	6	4	0	8	6	7	4	48
9	5	18	10	3	4	33	10	8	6	97
10	1	2	0	0	0	4	0	0	0	7
11	1	10	2	1	3	2	10	1	1	31
TOTALES POR ENTREVISTA	42	115	58	38	18	96	74	88	37	566

La entrevista 5 no corresponde a un profesor y las preguntas que se le han formulado han sido distintas a las de otros entrevistados. Es por ello que esta entrevista presenta la menor cantidad de unidades de significado.

Las entrevistas a profesores que menor cantidad de unidades de significado nos han dado han sido la 1 y la 4. La explicación de esto es que estas dos entrevistas son las que se ha hecho sin grabación y se han reconstruido en base a apuntes tomados durante la entrevista.

Por otro lado las categorías que han aportado más unidades de significado han sido las 5, 6 y 7 que están relacionadas con el proceso de implantación, el uso de las impresoras y los conocimientos formación necesarios para su manejo.

4.2. Análisis cualitativo

Por el enorme volumen de información que supone el análisis exhaustivo de los datos recogidos, estudiaremos la información más característica por cada una de las categorías que consta la clasificación.

Los temas se comentan agrupados por categoría siguiendo el esquema planteado por García San Pedro (2010). Cada uno de los apartados incluye un resumen acompañado de citas extraídas de aquellas intervenciones más destacadas que justifican el análisis realizado.

Debido al volumen de información que supone la inclusión de las citas junto a la síntesis, este apartado sólo incluye la síntesis correspondiente a cada categoría. En el ANEXO IV contamos con el análisis completo en el que tenemos la síntesis junto con las citas extraídas de las entrevistas que lo justifican.

1) Usuarios de las impresoras 3D.

Los usuarios que utilizan las impresoras 3D varían de centro a centro. Principalmente son los alumnos de grado superior los que las usan pero el manejo y las posibilidades de uso se muestran a otros niveles.

En cuanto a los departamentos que lideran el aula Ikaslab y el uso de las impresoras también depende del centro y de las especialidades que se trabajan en él. Mayoritariamente son departamentos relacionados con la fabricación mecánica bien a través del diseño, o bien a través de la producción por mecanizado o soldadura.

Como excepción tenemos el caso correspondiente a la entrevista n°8, en el que hay varios departamentos que cuentan con impresoras 3D.

2) Tipo de trabajos que realizan los alumnos.

El tipo de pieza que imprimen los alumnos es variado y depende de los objetivos que se hayan planteado en el centro. Mientras que en algunos centros las piezas impresas son exclusivamente diseñadas por los alumnos y están relacionados con la materia que imparten, otros centros permiten imprimir piezas descargadas desde internet sin que tengan ninguna relación con la materia impartida. En algunos centros también se imprimen piezas escaneadas mediante escáner 3D.

3) Aspectos relacionados como recurso educativo.

En cuanto a las relaciones con el taller tradicional, la mayoría de los entrevistados están de acuerdo en que la impresora 3D es un recurso que los complementa, uno no sustituye al otro y es necesaria la formación en los dos ámbitos. Por otro lado se hace referencia a las expectativas de futuro de las impresoras 3D y a la reducción de costes que supone su empleo en ciertos procesos industriales.

En lo referente al currículo, en general se enmarca como elemento de prototipado o como recurso productivo para la fabricación de piezas que se emplearán en diferentes proyectos. En dos de las entrevistas se señala que es la fabricación de la propia impresora la que se está usando como recurso educativo.

Las impresoras de las que se dispone en los centros son mayoritariamente de la empresa Tumaker. Algunos centros cuentan con una impresora profesional de la marca Stratasys. Tanto las Tumaker como las Stratasys emplean la tecnología FMD. Tenemos tres excepciones para esta casuística general: por un lado en la entrevista N°3 nos indican que las impresoras son suministradas por la Fundació CIM. En segundo lugar, el centro correspondiente a la entrevista N°7, cuenta con tres tipos de impresoras, Stratasys, Tumaker y Prusa. Por último, el centro correspondiente a la

entrevista N°8, cuenta con la mayor variedad de impresoras ya que tiene Stratasys, Tumaker, de fotopolímero basada en DLP y de fabricación propia.

En cuanto a la configuración del aula sólo se han obtenido dos comentarios al respecto haciendo los dos hincapié en la idea de que la zona dedicada al diseño y la zona dedicada a la impresión tienen que estar cerca la una de la otra.

Los comentarios recogidos sobre la documentación son variados. Tenemos centros en los que se han documentado los parámetros de funcionamiento para cada material pero no su uso. Otros centros en los que se emplea la documentación que ponen a su disposición los proveedores, y centros que han elaborado una documentación detallada para sus alumnos.

4) Metodología de trabajo empleada con los alumnos.

Las metodologías empleadas están relacionadas con los objetivos que se persiguen. Para algunos centros la impresora es un fin y se emplea en el aula para su diseño o montaje. En otros centros la impresora es un medio para trabajar la creatividad y la innovación.

En cuanto a la pregunta sobre el cambio de metodología, tenemos dos respuestas tipo en las que encajan todos los centros. Por un lado centros a los que no les ha supuesto un cambio. Y por otro lado centros en los que el cambio de metodología está enmarcado en un proyecto mayor que engloba a varias asignaturas. En estos últimos el proceso de cambio ya estaba iniciado y las impresoras se han incorporado a este cambio metodológico como un recurso más.

En cuanto a la motivación, la impresora 3D se muestra como un recurso educativo que despierta enormemente la curiosidad, motivación e implicación de los alumnos.

5) Proceso de implantación del recurso.

Si ha habido un tema en el que todos los entrevistados han estado de acuerdo es en las diferencias de fiabilidad y facilidad de uso que hay entre las impresoras Tumaker o de bajo coste y las impresoras profesionales.

Respecto al periodo de implantación no tenemos unanimidad pero muchos coinciden en que por lo menos es necesario un año para poder poner en marcha de manera satisfactoria y adquirir el conocimiento necesario antes de empezar a impartir las clases con los alumnos.

Dos de los centros declaran que el recurso se puede poner en marcha en un periodo relativamente corto de tiempo. Preguntados por los problemas que han tenido responden que no es una cuestión de tiempo si no que el problema es la fiabilidad de las impresoras. De todas formas estos dos casos no siguen el patrón típico del resto de las entrevistas. Lo más normal ha sido la dedicación de varios meses hasta contar con la confianza suficiente en el manejo de las impresoras.

6) Uso de la impresora.

El software empleado para el modelado y la impresión está recogido en el Anexo II. Básicamente pueden agruparse en tres grupos: El software profesional para el modelado, el software no profesional para modelado, y el software para el parametrizado de la impresión y comando de la impresora.

Los materiales empleados principalmente son el PLA (ácido poliláctico) y el ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno). Estos dos materiales son los empleados en las impresoras tipo FMD partiendo de rollo de filamento. Últimamente han salido materiales para la extrusión como la madera, piedra y fibra de carbono pero hay que dejar claro que en realidad son mezclas de un polímero como el PLA o el ABS a un 70% y el resto del material está mezclado en forma de polvo al 30%. Por otro lado, se están incorporando materiales nuevos como el metacrilato, que permite imprimir piezas transparentes, o los filamentos flexibles que permiten crear piezas con un comportamiento similar a la goma. Para terminar, no podemos olvidar los materiales solubles que se emplean en la impresión como material de soporte que luego se retira.

Respecto a las características técnicas de las impresoras se han recogido características relacionados con las impresoras profesionales o haciendo referencia a las impresoras Tumaker. Características relacionadas con los materiales que pueden usar. Y por último características relacionadas con la cantidad de cabezales.

No citaremos aquí los procedimientos de trabajo ya que estos hacen referencia más a operaciones manuales o procedimientos industriales necesarios para la fabricación de las piezas, que a aspectos relacionados con las impresoras 3D.

Las aplicaciones industriales que se detallan en las entrevistas son múltiples. Algunas relacionadas con la literatura existente sobre la impresión 3D en catálogos y webs, mientras que otras relacionadas con aplicaciones de la industria del entorno.

7) Conocimientos y formación necesarios para su manejo.

Por un lado los objetivos que se persiguen son variados y dependen de la especialidad del ciclo formativo del profesor entrevistado. Estos objetivos están relacionados con la materia impartida. Pero por otro lado hay un objetivo que es común a prácticamente todos los centros y este es la socialización de las impresoras 3D. Esto es, el objetivo es dar a conocer la tecnología y las posibilidades que ofrece.

En cuanto a los conocimientos y la formación necesaria básicamente la idea es generalizada. Para entender como es el proceso, aprender a usar el software y hacer una primera impresión, la cantidad de horas de formación necesaria es muy baja y el abanico de horas necesarias se sitúa entre las 2 y 8 horas. En cambio para llegar a imprimir con soltura y dominar el proceso puede llegar a ser necesario un año de trabajo.

8) Coste.

Los costes de adquisición de la impresora dependen de si la impresora es profesional o de bajo coste. El precio de las profesionales de Stratasys con tecnología FMD comienza a partir de los 15.000€ que puede ascender hasta los 20.000 € si se le añaden ciertos accesorios. Las impresoras de bajo coste en cambio pueden ser de 2 tipos: las que vienen montadas y las que vienen desmontadas en forma de kit para que las monte uno mismo. El precio de las primeras ronda entre los 1.500 € y los 2.000 €. En este grupo de impresoras entran la totalidad de las Tumaker que se han visto en los centros estudiados. Las del segundo grupo que llegan a modo de kit rondan entre los 500€ y 750€.

Un rollo de filamento de impresión para las FMD de bajo coste, con una cantidad de material de 7501-1.000 gr, ronda entre los 24 € y 30 €. Mientras que la misma cantidad de filamento para las FMD de Stratasys puede llegar a costar 300 €.

En cuanto a las asignaciones presupuestarias y premios son de destacar los 20.000 € que han recibido los centros que participan en el programa Ikaslab, junto con los 150.000€ de premio a repartir que han recibido los 11 centros participantes en el proyecto Gutenberg 3D.

Para finalizar con el apartado de costes nos queda por señalar la cantidad ingente de horas que han trabajado muchos profesores y alumnos para conseguir sus objetivos con las impresoras 3D.

9) Relacion con otros agentes.

Este apartado incluye las relaciones que tienen los centros con agentes externos al propio centro. Aquí entran: empresas, proveedores, organismos oficiales, comunidades virtuales, otros centros y otros departamentos. En el ANEXO IV en el que se justifica el análisis cada uno de los códigos cuenta con un ejemplo.

10) Aspectos históricos y de desarrollo de las impresoras.

En este punto los comentarios de los profesores nos hablan de la evolución que han tenido algunos de los modelos de impresora con los que han trabajado. El comentario general en todos ellos es que los avances han sido enormes en muy poco tiempo. Desde las V1 de Tumaker a las V3 han pasado tan sólo 2 años y las mejoras que han incorporado han sido considerables. Este comentario se extiende a otras marcas.

11) Posibilidades de uso y aplicaciones futuras.

Todos los entrevistados coinciden en las posibilidades que ofrece la impresora 3D en al ámbito de la industria. En cambio los comentarios sobre el uso futuro en la enseñanza son escasos y hacen más referencia a posibles proyectos que ha metodologías de trabajo. También se menciona la ampliación a otras materias, o la generalización en el uso por otras especialidades o niveles.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo de la discusión del análisis de contenido es:

- Sacar a la luz las contradicciones que se dan entre entrevistados y la bibliografía que trata el tema.
- Completar con citas aportadas por otros autores.
- Plantear cuestiones críticas con el fin de buscar respuestas que mejoren la situación actual.

En este apartado las conclusiones o críticas están apoyadas por citas extraídas de las entrevistas o de otros autores.

1) Usuarios de las impresoras 3D.

Es una cuestión que no da lugar a mucha discusión. En general las impresoras se emplean con alumnos de ciclos superiores y los de ciclos de grado medio son los que tienen un contacto menor con ellos. Esta decisión se justifica en parte por ser los de ciclo superior los que aprenden a manejar las herramientas de diseño 3D, y por tanto son los que pueden imprimir su propios diseños.

Contrastan los centros que emplean la impresora sólo con los que diseñan y los que la emplean en materias no relacionadas con el diseño.

La sala de impresoras se usa preferentemente por los estudiantes del ciclo de grado superior en Diseño en Fabricación Mecánica 1.1[1.1]. A estos alumnos se les enseña a usar el software y el uso de la impresora para que después puedan imprimir sus propios diseños 1.2[2.1]

En los ciclos de grado medio y superior de formación profesional 8.1[1.1]...desde el módulo Empresa e Iniciativa Emprendedora hemos introducido (se refiere al aula Ikaslab) a todos los alumnos, en esta escuela tenemos 20 ciclos formativos. El módulo Empresa e Iniciativa Emprendedora es un módulo transversal al igual que FOL. Estos módulos se dan en todos los ciclos formativos, tanto en grado medio como en grado superior 8.2[1.1].

2) Tipo de trabajos que realizan los alumnos.

Algunos centros están cerrados a la impresión de piezas descargadas desde internet por creer que es una pérdida de tiempo, pero puede resultar una buena alternativa para enseñar el funcionamiento de mecanismos que ya están diseñados y sólo hay

que imprimirllos. De la misma manera que en un trabajo de clase realizado por los alumnos y presentado en PowerPoint se incluyen fotografías descargadas de la red, se podrían incluir conjuntos de piezas descargados de la red e impresos en 3D

Se evita a toda costa que se use el recurso como un juguete que sirve para imprimir elementos no relacionados con la fabricación mecánica 1.25[7.1].

3) Aspectos relacionados como recurso educativo.

Relacionados con la documentación:

El único aspecto a destacar en este apartado es la falta de documentación que hay en algunos centros sobre el manejo de las impresoras 3D. Afecta en dos aspectos:

- Si queremos que los alumnos trabajen de una forma autónoma y aprendan a gestionar documentación técnica es conveniente que esta esté disponible.
- Aunque en la mayoría de los centros se haya dado formación a varios profesores en muchos de ellos sólo un profesor los usa asiduamente. Si por algún motivo este profesor no pudiera asistir a clase durante un periodo largo de tiempo, el recurso podría quedar inutilizado

Relacionados con el currículo:

El currículo de la especialidad de Diseño en Fabricación mecánica hace referencia al proceso de análisis AMFE como una herramienta para la revisión y mejora de los diseños. Sólo en una de las entrevistas se hace referencia a la ventaja de contar con una pieza física para el proceso de revisión de un diseño.

Hasta ahora se diseñaba y se imprimían los diseños en papel. Al proceso de diseño ahora añadimos la impresión 3D que ofrece al alumno la posibilidad de ver físicamente lo que ha dibujado facilitando su revisión para mejorar el diseño 4.18[7.1].

En las entrevistas no contamos con información como para hacer un juicio sobre el uso de la metodología AMFE, pero parece ser que este sería el ámbito adecuado para integrarlo en un proceso continuado de diseño, impresión, análisis, propuesta de mejoras y nuevo diseño.

Tenemos que tener en cuenta que sólo una especialidad prevé el uso de máquina de prototipado mientras que en el resto podemos incluirlo como recurso educativo a través de la innovación y la mejora de los productos. El alumno no sólo puede limitarse a imprimir. Está claro que por ahora el objetivo es la socialización. Pero si queremos que la impresora sea un elemento empleado para la innovación o para la mejora de los productos, los alumnos también tienen que familiarizarse con herramientas de análisis como el DAFO y AMFE a los que se hace mención en el marco teórico.

Los modelos de fabricación digital permiten revisar también algunas condiciones de comportamiento estructural (estabilidad estática, dinámica, conexiones, etc), físico (aislamiento acústico, térmico), ambiental (sombreamiento, asoleamiento, disposición al viento), constructivo (elementos estructurales primarios, secundarios, revestimientos, secuencias de montaje, dimensión de piezas, etc). Comprender las configuraciones espaciales en relación a condiciones constructivas o ambientales en momentos preliminares de diseño es altamente importante para mejorar la propuesta del proyecto. (García Alvarado, 2011, p.146)

Por otro lado, el conocimiento en las empresas es cada vez más especializado y personalizado. Por lo que buscan más en sus empleados actitudes que conocimientos. Moreno (2015), profesor del Instituto La Garrocha en Olot nos comenta:

De las habilidades que se esperan de un chaval no hay ningún que se llame recordar, a la cual dedicamos la mayoría del tiempo. A veces los empresarios me preguntan por las actitudes de los alumnos, no me preguntan por lo que saben. Dicen: "Si no sabe algo ya se lo enseñaremos".

En este contexto sería interesante familiarizar a los alumnos con las estrategias de innovación y utilizar la impresora 3D para poner en práctica estas habilidades que desarrollarán una actitud positiva hacia la innovación.

4) Metodología de trabajo empleada con los alumnos.

Resultan contradictorias las respuestas de algunos profesores sobre la motivación en el empleo de las impresoras. En los centros correspondientes a las entrevistas 1 y 2 están convencidos de que el recurso sólo es interesante para los alumnos que diseñan, y que los que descargan pueden llegar a aburrirse.

En otros centros que no tienen una especialidad de diseño, les pasa que empiezan a imprimir cosas de Thingiverse y al final acaban aburriéndose 2.3[9.7]

Por otro lado, según la entrevista 6, la descarga de objetos desde Enabling the Future y su fabricación se muestra como un elemento de motivación. El hecho de imprimir prótesis de manos para personas necesitadas del tercer mundo pone en juego la solidaridad como elemento de motivación. Al final, la solidaridad es el fin y la impresora 3D un medio para conseguirla.

Hemos conseguido enganchar a los alumnos por ejemplo con las prótesis de las manos, fuera de horario (lectivo), 2-3-4 horas, si no pueden venir no pasa nada, pero han tenido una participación... No me atrevería a decirte de cuantas horas. El recurso tiene de cara a la motivación una componente muy importante: Mucho 6.74[4.3]

Es posible que suceda algo similar con todas las horas de dedicación de alumnos y profesores para solucionar los problemas de impresión de las impresoras de bajo coste. Si todas las impresoras fueran profesionales e imprimieran a la perfección al primer intento ¿profesores y alumnos hubiesen tenido la misma dedicación? Creo que muchos se lo han tomado como un reto personal conectado con el deseo de mejora y eso les ha motivado. En este caso la impresora se ha convertido en un medio para aprender, relacionarse con otros equipos de trabajo y compartir la experiencia.

Otros centros han conseguido motivar a los alumnos con el montaje de las impresoras.

Creo que al final más de un alumno ha terminado comprando la impresora que ha montado él, para llevarlo a casa 6.69[4.3].

5) Proceso de implantación del recurso.

Prácticamente todos los profesores hacen mención a la enorme dedicación que exigen las impresoras de bajo coste por las debilidades técnicas que presentan. Si las impresoras generaran menos problemas los profesores dispondrían de más tiempo para aspectos relacionados con la pedagogía, la gestión o la relación con empresas.

Poder montarlo aquí por si vamos a trabajar con empresas ya que ofrece una precisión mayor sería importante 3.37[11.2]. Para todo eso necesito tiempo, estoy

yo sólo con esto y con el dinero y las horas que me da el centro que me quita de guardias y de poco más. Yo tengo mis clases luego 3.38[8.4].

La implantación del recurso se hace a costa de la dedicación voluntaria de muchos profesores y alumnos sin que haya una asignación de horas adecuada para ello.

Incluso cuando se introducen nuevos equipos, como impresoras 3D, en los centros educativos, se sabe muy poco sobre cómo funcionan estas máquinas, cómo se pueden configurar y sobre cómo escribir aplicaciones para las mismas... El sistema de cualificación es la raíz del problema. Las cualificaciones profesionales las establecen los consejos y deben seguir las directrices de la autoridad reguladora Ofqual (Office of the Qualifications and Examinations Regulator). Su actualización es un laborioso proceso que puede llevar hasta dos años. El sistema es sencillamente demasiado lento para mantenerse al día de los rápidos cambios de la industria. (Medhat, 2014).

Sin embargo, todo el potencial que ofrece la impresión 3D no será una realidad plena hasta que los maestros y profesores estén formados y se muestren seguros a la hora de configurar y utilizar los sistemas. Los centros de enseñanza donde se pueden cursar estudios de formación profesional y bachillerato tienen el papel de formar a los maestros y profesores en estas y otras tecnologías innovadoras. Esta iniciativa no debería remitirse únicamente a los alumnos - también tenemos que enseñar a los maestros y profesores (Sa'ad Medhat citado en Professional Engineering Magazine, 2014).

Parece por tanto lógico pensar que si la Formación Profesional quiere ser una punta de lanza tecnológica tendrá que dedicar más recursos de personal y económicos a la implantación de nuevas tecnologías en las aulas. El centro de innovación para la Formación Profesional Tknika es a quien puede corresponder este papel, pero ninguno de los entrevistados hace referencia a Tknika cuando hablan de formación, implantación del recurso o la resolución de problemas técnicos. La formación la han dado los fabricantes, la implantación se ha realizado a base de horas de profesorado y los problemas técnicos se han resuelto con consultas en los foros.

6) Uso de la impresora.

Si observamos la cantidad de unidades de significado correspondientes al código 6.4 (procedimientos de trabajo), veremos que la entrevista 2 triplica las unidades de significado que suman el resto de los entrevistados. Los procedimientos de trabajo están relacionados con las técnicas empleadas en el mundo industrial para la fabricación de prototipos o piezas definitivas. Esta es una muestra de la implicación y conocimiento que tienen algunos profesores con las aplicaciones reales de la industria.

7) Conocimientos y formación necesarios para su manejo.

El principal objetivo para la introducción de las impresoras 3D en las escuelas ha sido la socialización de una tecnología emergente que se prevé será importante en un futuro cercano. Algunos centros ven este fin con un único enfoque en el que enmarcan las impresoras dentro de las especialidades de diseño. Estos centros están perdiendo la posibilidad de uso que otros centros si han podido darle como recurso transversal que se usará en más de una asignatura con un objetivo que vaya más allá de lo propiamente establecido por un departamento.

Se evita a toda costa que se use el recurso como un juguete que sirve para imprimir elementos no relacionados con la fabricación mecánica. 1.25[7.1]

Siempre con piezas de diseño propio. Este es el aspecto fundamental que se quiere trabajar con los alumnos del ciclo de diseño 1.35[2.1] [7.1].

Realmente son los que saben dibujar los que luego necesitan imprimir 2.2[7.1]... Cuando manejas un software de diseño y eres capaz de dibujar aquello que quieres imprimir se dan las circunstancias óptimas para el uso de las impresoras 2.5[7.2].

Por otro lado, hay entrevistados que coinciden en su objetivo con objetivos propuestos en la bibliografía haciendo referencia a la formación en nuevas tecnologías.

...es para que nuestros alumnos salgan de aquí con un plus más en su currículo. Salen de aquí no sólo sabiendo usar las máquinas, si no montarlas desmontarlas y repararlas. El día de mañana cuando estas máquinas entren más en las empresas, necesitarán gente que las repare, no solamente gente que las ponga en marcha 3.18[7.1]. No son sólo para imprimir, sino también para el montaje y reparación: Sí. Las máquinas que tenéis las habéis montado vosotros a partir de kits: Sí 3.19[5.2].

Los funcionarios escolares dicen que las clases darán a los estudiantes un impulso en formación tecnológica y de fabricación y, por lo tanto, una ventaja en el mercado de trabajo después de la graduación. (MacKenzie, 2013).

8) Coste.

El origen del problema que tanto se cita por los entrevistados, muchas horas de dedicación para no tener problemas con las Tumaker, es originado por la falta de fiabilidad y robustez propio de este tipo de impresoras de bajo coste.

Estas carencias son suplidas por la gran cantidad de horas que dedican tanto profesorado como alumnos a las pruebas previas a la fabricación y la fabricación posterior de piezas.

Para sacar esta pieza que no está perfecta tienes que tirar a la basura otras cinco 8.66[5.1].

En la enseñanza no se toma en consideración este coste ya que el profesor cobra igual dedique o no su tiempo, pero de cara al ámbito empresarial en el que la dedicación y los constantes problemas sí contarán como un coste, es importante que los alumnos sepan distinguir entre caro y costoso, y entre barato y económico. En ocasiones pagar 10 veces más puede resultar económico. Además en las empresas no se les va permitir tirar a la basura 5 piezas antes de que salga una buena y tendrán que asumir que hay que hacerlo bien a la primera.

9) Relacion con otros agentes.

Los resultados en este apartado son dispares. Mientras que el entrevistado 6 cuenta con 33 referencias a relaciones con otros agentes, son varios los entrevistados que no llegan a la media docena de menciones. Además, la entrevista 6 es la única que hace mención a su relación con foros de la comunidad maker, precisamente donde tienen origen las impresoras que están usando y se encuentra la gente que mayor experiencia tiene es su uso.

10) Aspectos históricos y de desarrollo de las impresoras.

No hay nada reseñable en este apartado. En general todos los profesores son conocedores de las nuevas versiones de impresoras que van saliendo y las mejoras que incorporan.

11) Posibilidades de uso y aplicaciones futuras.

En general las expectativas futuras para las impresoras 3D son espectaculares pero existen estudios que hablan de una posible burbuja creada por las campañas de marketing de los propios fabricantes.

Ese movimiento ha servido a Citron Research para anunciar que se está creando una burbuja alrededor de esta industria que, en el consumo doméstico, apenas puede reproducir algo más que muñecos de plástico. (Reuters, 2013)

Parece que fue ayer cuando Wall Street echaba espuma por la boca sobre las acciones del sector de la impresión 3D. Estas acciones excesivamente valoradas no se valoraron en base a sus finanzas, sino como beneficiario de ser ungido como "el nuevo nuevo". Citron Research fue crítico con el espacio y publicó artículos sobre 3 de estos valores inflados relacionados a la impresión 3D subidos como la espuma. Han pasado 18 meses y la mayoría de ellos han caído un 80% con respecto a sus niveles más altos. (Stocklemon, 2015)

Por otro lado, resulta curioso que en las aplicaciones futuras para la impresora 3D nadie haya respondido orientado a la educación. Las respuestas siempre han sido orientadas a la industria o empresa. En parte es una buena señal que significa que la FP en Guipúzcoa está en contacto con la realidad industrial. En parte significa que los profesores están más pendientes por la aplicación que por los contenidos o metodologías que se puedan desarrollar gracias a las impresoras 3D.

6. PROPUESTA DE MEJORA Y CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN

En este capítulo se detallan las propuestas de mejora que se deducen del análisis temático y de la discusión de los resultados del análisis.

6.1. Documentación para el uso de las impresoras 3D.

Normalmente a los alumnos no les suele gustar consultar documentación para resolver sus dudas, prefieren preguntar o probar directamente. En cambio, adquirir destrezas en el uso de documentación técnica es un requisito del currículo de las especialidades técnicas. Entregarles una documentación completa para que luego puedan usarla no sólo como ayuda para resolver el problemas a la hora de la impresión sino que además completa su currículo.

Lo lógico es que esta documentación la entregue el proveedor junto con la impresora aunque la tendencia actual es crear foros y blogs en internet donde se cuelga esta documentación. La competencia digital para la búsqueda de información en la red también hay que trabajarla, pero para ello tendremos que asegurarnos de que esa documentación está fácilmente accesible para los alumnos.

Se puede empezar por documentar los problemas más habituales tras realizar un diagrama de Pareto. Según esta teoría el 80% de las veces el origen de un problema está en el 20% de las causas. Documentando un pequeño porcentaje de causas de fallo y su solución podemos conseguir que en la mayoría de los casos los alumnos trabajen de una manera independiente.

6.2. Integración de la impresora en el currículo mediante las herramientas de mejora DAFO y AMFE.

Salvo la especialidad de Diseño en Fabricación Mecánica en el que se señala la impresora 3D para la fabricación de prototipos, el resto de las especialidades no cuentan con mención expresa del uso de las impresoras 3D. Nos queda la opción de integrarlo a través de las competencias que se piden desde el punto de vista de la innovación.

El DAFO y el AMFE son herramientas de análisis para la mejora de un producto o servicio, para innovar en definitiva. Estas dos herramientas podrían integrarse en una unidad didáctica junto con el uso de la impresora 3D cuyo objetivo sea completar el ciclo de diseño de un producto realimentándolo mediante piezas impresas en 3D.

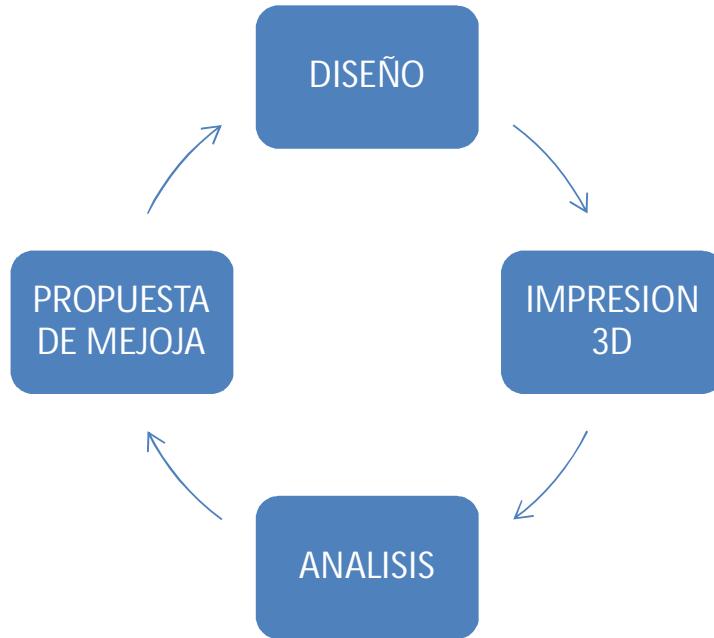


Ilustración 14. Proceso de mejora de producto.

Fuente: Elaboración propia

6.3. Mejorar el diseño de las impresoras

Mejorar el diseño de las impresoras de bajo coste y reducir los problemas técnicos que plantea su uso supondría un gran avance para los profesores. Este es un proceso en el que pueden trabajar en conjunto Tknika como proveedor de servicios tecnológicos, Tumaker como fabricante, y el grupo de centros integrados en Ikaslab como usuarios que pueden dar un feedback a los dos anteriores.

6.4. Jornadas de trabajo entre profesores de diferentes centros.

Tras las entrevistas ha quedado constatado que los profesores tienen un conocimiento bajo sobre la experiencia de otros centros de su entorno. Gracias a los foros se conocen entre ellos, saben quiénes son los miembros más activos y los que más trabajan pero no saben para qué y de qué manera los emplean en el aula.

Independientemente de los objetivos y metodologías que vaya a adoptar cada uno de los centros, sería conveniente que se juntaran para compartir su experiencia en el aula.

6.5. Consideraciones para la puesta en marcha de un aula de impresión 3D

Requerimientos para su instalación en el aula.

Para las impresoras no profesionales será necesario contar con un PC para cada impresora. Algunas marcas como Tumaker ofrecen la opción de incorporar un dispositivo de impresión autónomo que realiza la función de un PC y una vez transferido el programa Gcode permite a la impresora trabajar sin estar conectado al ordenador. Esta característica de las impresoras exige diferentes configuraciones de red y disposición de ordenadores en función de si cumple con ella o no.

- Es conveniente que los ordenadores desde los que se imprime y las impresoras 3D estén próximas unas de otras. De esta manera, mientras la impresora imprime, los alumnos podrán diseñar y vigilar la marcha del proceso.
- Determinar cuáles serán los ordenadores desde los que se podrá imprimir. En la misma aula podrá haber más ordenadores desde los que no se podrá imprimir pero si diseñar.
- Tener instalado el software necesario para imprimir: programas de CAD para diseño y programas para la configuración y gestión de las impresoras.
- Determinar el conexionado que requiere USB o RJ45, y el cableado necesario para cada caso.
- Ubicación. Las corrientes de aire y cambios bruscos de temperatura pueden perjudicar al proceso de impresión.
- Mesas para la colocación de las impresoras.
- Mesas y sillas para el trabajo con los ordenadores
- Aunque no sea en grandes cantidades, algunos polímeros emiten gases tóxicos al ser calentados a altas temperaturas. No es un problema si vamos a trabajar con una impresora, pero para el trabajo en una habitación pequeña con varias impresoras, es necesario prever un sistema de ventilación. "Actualmente el PLA tiene dos ventajas principales sobre el ABS: no emite gases nocivos (se pueden tener varias impresoras funcionando en un espacio cerrado y no hay problema)" (Impresoras 3D, 2013).

- Dibujar un layout antes de comenzar con la instalación.

Consideraciones a tener en cuenta a la hora de comprar la impresora.

- Pedir presupuesto a varios proveedores.
- Aclarar quien se hace cargo del transporte
- Aclarar de quien es la responsabilidad del montaje en nuestro centro y si la empresa vendedora se hace cargo de la primera puesta en marcha.
- Consultar la posibilidad de un contrato de mantenimiento: su coste, servicios que incluye, etc.
- Consultar el coste del material que emplearemos y la posibilidad de tener varios proveedores.
- Asegurarse de que el sistema de alimentación del material no es propietario.
- Asegurarse de que podemos conseguir las instrucciones de uso de la impresora antes de comprarla. Incluso pedirla y revisarla para asegurarnos de que es adecuada a nuestras necesidades.
- Averiguar qué tipo de conexiones a PC y red necesitan.
- Averiguar si la impresión es autónoma o necesita un PC

Consideraciones sobre los objetivos, metodología y formación del profesorado

- Definir los objetivos con los que vamos a usar la impresora 3D en el aula.
- Considerar la posibilidad de trabajar con la impresora en proyectos que sean transversales.
- Definir la tipología de piezas que se imprimirán.
- Definir si serán los alumnos lo que realizarán los diseños o se trabajará con diseños ya establecidos.
- Prever la formación en CAD 3D si fuera necesario.
- Preparar la documentación necesaria para el uso normal y las instrucciones para solventar los problemas más comunes.
- Como profesores, adquirir la formación y experiencia necesaria para solventar los problemas técnicos que puedan surgir en el aula. Un atasco o unos parámetros no adecuados pueden dejarnos sin varias horas de trabajo con el riesgo de que sean clases perdidas.

Consideraciones sobre seguridad e higiene.

Las impresoras cuentan con ciertas partes que pueden provocar daños a las personas si no se toman las precauciones adecuadas.

- Las impresoras que trabajan con fotopolímeros o polvo cuentan con un emisor laser o de ultravioletas que puede producir quemaduras.
- Los cabezales de las impresoras FMD trabajan a temperaturas de hasta 230°C. El contacto con el cabezal puede producir quemaduras.
- Aunque las máquinas con las que se trabaja en educación son pequeñas existen varios puntos de atrapamiento entre las partes móviles que no están cubiertas y podrían producir lesiones.
- En aulas pequeñas trabajando con varias impresoras hay que considerar su ventilación por la emisión de gases.
- Los disolventes empleados para limpiar las boquillas pueden resultar tóxicos. Es conveniente informarse sobre su uso antes de su aplicación.
- Las piezas impresas se quedan pegadas en la base donde se hace la impresión. Suele ser necesario emplear un rascador o cutter para despegarlo. Tomar las precauciones necesarias para evitar cortaduras.

7. CONCLUSIONES.

Este trabajo se ha propuesto realizar un análisis crítico del uso de las impresoras 3D en educación, concretamente en el ámbito de la FP. Para ello se ha llevado a cabo un estudio de carácter cualitativo en el contexto de Guipúzcoa.

Se han realizado 8 entrevistas a 8 profesores de diferentes centros, más una entrevista a un técnico de un centro tecnológico de apoyo a la formación profesional. La información recogida se ha clasificado en 11 categorías temáticas que corresponden a 39 códigos temáticos diferentes.

La discusión crítica se ha realizado tomando como base las respuestas de los entrevistados. Sacando a la luz sus contradicciones o comparándolas con comentarios de autores que han estudiado el tema.

También ha quedado establecida la necesidad de uso de estas impresoras por la creciente demanda de la industria y por las expectativas futuras de aplicación industrial que actualmente hay sobre esta tecnología.

Las conclusiones a las que llegamos para cada uno de los objetivos específicos son:

1) Analizar el uso de la impresora 3D para su caracterización.

En el marco teórico se han definido las diferentes tecnologías empleadas para la impresión 3D, las ventajas e inconvenientes que se presenta cada una de ellas y la adecuación de determinados modelos para el uso en la educación. Se ha recogido además la experiencia de programas y organismos relacionados con la docencia junto con la de centros educativos y actividades relacionadas con la educación en las que se muestra que es un recurso perfectamente válido para la docencia.

Se han diferenciado las impresoras de bajo coste habitualmente empleadas por los alumnos y las profesionales tanto en sus costes de adquisición y uso, como sus capacidades y problemática que presentan.

2) Contrastar el uso de la impresora en el aula con las competencias requeridas.

Se han establecido las competencias, contenidos y actividades en los que puede encajar la impresora 3D para dos de las especialidades que más se presentan en las entrevistas y se ha definido la relación que puede darse entre dichos elementos del currículo y el uso de las impresoras en el aula. La conclusión obtenida es que la impresora 3D encaja perfectamente como recurso educativo que se puede emplear en los currículos estudiados. Tanto como recurso propio de un módulo relacionado con el diseño, el prototipado y la fabricación así como, o como recurso transversal en asignaturas como Empresa e Iniciativa Emprendedora. Se ha realizado además una propuesta de mejora para la inclusión de métodos de mejora como el DAFO y el AMFE para su integración con la impresora 3D.

3) Conocer la aportación de la impresora en relación a los recursos del taller tradicionalmente empleados en la Formación Profesional.

En las entrevistas realizadas a profesores ha quedado claramente establecido que es un recurso que suma y completa lo que tradicionalmente se ha realizado en los talleres de Formación Profesional. Sólo en el caso del prototipado y por resultar un proceso más económico se justifica la sustitución de los recursos tradicionales de mecanizado por las impresoras 3D, pero se hace hincapié en que es necesario que se estudien las dos alternativas.

4) Conocer el uso que se da a la impresora 3D como recurso educativo.

Se han podido establecer los niveles y titulaciones en los que se emplea. En este sentido los centros entrevistados se dividen en dos grupos. Los que emplean la impresora como medio productivo y los que la emplean como recurso para impartir otras materias. En general podemos concluir que es un recurso accesible para los alumnos que no está restringido al uso exclusivo de los profesores.

5) Conocer cuál ha sido el proceso necesario para implantar con éxito el recurso con sus dificultades, formación y tiempo que se ha invertido en ello.

La formación necesaria para el uso es corta pero prácticamente todos los entrevistados coinciden en que debido a la falta de fiabilidad de las impresoras de

bajo coste, es necesario un periodo de entrenamiento de cerca de un año para contar con la experiencia necesaria que nos dé seguridad en su uso.

6) Definir criterios para una implantación exitosa de las impresoras 3D, basándonos en las respuestas obtenidas del estudio realizado.

De las entrevistas se desprenden las contradicciones, limitaciones y carencias en las que están incurriendo los centros. Para solventar estos aspectos se ha propuesto 4 puntos de mejora para los centros que ya están trabajando con las impresoras 3D.

Para los centros que están pensando implantarlo en un futuro se ha definido un listado de consideraciones a tener en cuenta que ayudarán a trazar el camino a seguir a los nuevos usuarios de las impresoras 3d en las aulas.

Para terminar, señalaremos que se trata de un recurso que responde a la creciente necesidad de innovación de la industria, tecnológicamente avanzado, económicamente accesible, y que despierta la curiosidad y la motivación para el trabajo de los alumnos,

8. LIMITACIONES DE ESTUDIO.

Problemas para la búsqueda de información.

La información disponible se encuentra mayoritariamente en revistas especializadas de habla inglesa y en páginas web. En ellos se habla de la motivación que despierta en los alumnos, de la necesidad de incidir en las materias denominadas como STEM (science, technology, engineering and maths), de las metodologías PBL, y del futuro prometedor que tendrán las impresoras 3d en la fabricación. Las experiencias más antiguas que se han encontrado se remontan al 2013 y no se ha podido disponer de documentación que hable de la experiencia de uso en educación que vaya más allá de la propia implantación. Además, la documentación hallada trata mayoritariamente de primaria y secundaria pero no sobre la Formación Profesional.

Para poder contrastar el uso que se ha recogido en la Formación Profesional de las escuelas guipuzcoanas con las de otros lugares será necesario esperar unos años.

Problemas para el desarrollo del cuestionario.

Uno de los problemas detectado durante las entrevistas es que algunos profesores no responden específicamente a la pregunta. Por ejemplo:

- a) A la pregunta N°10 sobre la relación de los objetivos de enseñanza que se busca con las impresoras 3D y el DCB de la especialidad que imparte el profesor la respuestas han sido variadas pero sólo uno de los entrevistados de los entrevistados ha sabido enmarcarlo dentro de DCB de la especialidad Diseño en Fabricación Mecánica.
- b) A las cuestiones N°19 y N°21 en la que se pregunta por la relación con empresas, ninguno de los entrevistados ha especificado el nombre de una empresa dedicada a la producción. Probablemente con el objetivo de no dar pistas a la competencia, en este caso otros centros de FP. Aunque todos los entrevistados señalan que hay muchas empresas interesadas en la tecnología, es un dato que no se puede contrastar por carecer de él.

Codificación de las entrevistas para el análisis de contenido.

Codificar las entrevistas ha resultado sencillo, pero analizar los datos no tanto por la abultada cantidad de códigos que se han definido antes de comenzar con el análisis. Durante el análisis se han detectado varios códigos que podrían juntarse reduciendo de esta manera su número pero al no contar con un sistema informatizado que nos permitiera sustituir aquellos códigos ya establecidos el trabajo no se ha podido realizar.

El tiempo necesario para desarrollar una investigación cualitativa.

Cómo bien indican Fernandez Nuñez (2006),

Es importante resaltar, que las investigaciones cualitativas requieren mucho tiempo. Por ejemplo, se necesita de dos a cinco veces más tiempo para procesar y ordenar los datos, que el tiempo necesario para recolectarlos (Miles y Huberman, 1994). Además, el análisis de la información recolectada es un proceso que también requiere tiempo, no se hace rápido. (p.1)

La falta de tiempo disponible para el presente trabajo ha hecho que no se haya podido contrastar la transcripción con los entrevistados, aclarar dudas sobre conceptos que no están claros, preguntar sobre cuestiones que otros entrevistados han comentado, elaborar una codificación más precisa, etc. En definitiva: más tiempo.

Curriculum de las especialidades.

Según se ha avanzado con las entrevistas, las especialidades de FP se han multiplicado. Esto ha enriquecido los contenidos pero uno de los objetivos ha sido imposible de completarlo en su totalidad. "Contrastar el uso de la impresora en el aula con las competencias requeridas." Por ello se ha optado por estudiar las competencias de los alumnos de Grado Superior en Organización de la Producción en Fabricación Mecánica y Diseño en Fabricación Mecánica. Por ser estos dos las especialidades que más se repiten.

9. LINEAS DE ACTUACION FUTURAS.

- 1) El caso de la entrevista N°6 es digno de mención. Consiguen que los alumnos vengan por las tardes fuera de horario lectivo y en verano, están colaborando en diferentes proyectos con al menos dos grupos de centros de Formación Profesional Ikaslab y Gutenberg3D. Consiguen por ello cuantiosas subvenciones gubernamentales. Ganan concursos de electrónica como el Malagabot. ¿Qué hacen para conseguir esa motivación y esos resultados? La experiencia de este centro podría ser una buena propuesta para una investigación de tipo estudio de caso.
- 2) Aunque algunos profesores nos hayan indicado que la impresora 3D supone un plus en los currículos personales de los alumnos, la presente investigación no es suficiente para establecer una comparativa de cara a las competencias adquiridas entre los alumnos que hayan usado la impresora y aquellos que no la hayan usado. Podría abrirse por tanto, una línea de investigación que estudie cual es el aporte específico de la impresora 3D en comparativa con aquellos que no la usan. En este apartado pueden incluirse la influencia que haya podido tener en la creación de nuevas empresas o nuevos productos, por parte de exalumnos de Formación Profesional que hayan trabajado con este recurso durante su formación.
- 3) Propuestas de actuación para preparar las unidades didácticas necesarias donde se estudien los métodos de análisis para mejora como el DAFO y el AMFE junto con la impresora. Estas unidades didácticas tendrán que estar encaminadas a completar el ciclo de diseño, prototipado y fabricación seriada en un proyecto.

10. BIBLIOGRAFÍA.

10.1. Referencias bibliográficas.

Aguilera R.M., Durand-Smith A., Rodríguez E.M., Romero Mendoza M. (2003). Veinticinco años de investigación cualitativa en salud mental y adicciones con poblaciones ocultas. Primera parte. *Salud Mental*. 26(6), 76-83. Recuperado el 7 de julio de 2015 de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=854269>

Chalmer J. (10 de diciembre de 2013). 3D printing: not yet a new industrial revolution, but its impact will be huge. [Impresión 3D: no es todavía una nueva revolución industrial, pero su impacto será enorme.]. The Guardian. Recuperado de <http://www.theguardian.com>

Educalab. (2014). Proyectos de innovación y mejora. Recuperado el 5 de julio de 2015 de <http://educaLab.es/intef/formacion/formacion-presencial/proyectos-de-innovacion-y-mejora>

Eixo R. (5 de mayo de 2015). [Via Televisión] Experiencia educativa con impresoras 3D en el IES A Paralaia [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=zDm_he27MM

Eizaguirre A. (18 de noviembre de 2013). [Innobasque Agencia Vasca de la Innovación] Aitziber Eizaguirre, Tumaker- Los desafíos de la innovación. Guía Estrategia Empresaria. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=CbAqpIKp2LI>

Eizaguirre A. (13 de mayo de 2015). [AFM] Asamblea AFM 2015. Aitziber Eizaguirre. TUMAKER. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=tSY28nzd--I>

Fernandez Nuñez L. (Octubre de 2006). Fichas para investigadores ¿Cómo analizar datos cualitativos?. *Bulletí laRecerca*. Universitat de Barcelona. Institut de Ciències de l'Educació Secció de Recerca. Recuperado el 6 de julio de 2015 de <http://www.ub.edu/ice/recerca/pdf/ficha7-cast.pdf>

Fundació Cim Barcelonatech. (s.f.). Estereolitografía (SLI). Recuperado el 24 de 06 de 2015, de <http://www.fundaciocim.org/es/fabricacio/servei/estereolitografia-sla>

García Alvarado, R. (junio, 2011). Fabricación digital de modelos constructivos: análisis de equipos y procesos. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (59), 145-157. Recuperado de la base de datos Redalyc.org.

García-San Pedro, M.J. (2010). Diseño y validación de un modelo de evaluación por competencias en la universidad (Tesis de doctorado, Universitat Autònoma

de Barcelona) recuperada el 26 de junio de 2015 de <http://www.tesisenred.net/handle/10803/5065>.

Gutenberg 3D. (2015) Gutenberg 3D. Grupos de trabajo. Recuperado el 5 de julio de 2015 de <http://gutenberg3d.blogspot.com.es/p/grupos-de-trabajo.html>

Hirikilabs. (s.f.). *Sobre Hirikilabs*. Recuperado el 10 de julio de 2010 de <http://hirikilabs.tabakalera.eu/about/>

Ikaslan Araba. (2014). Mendizabala inaugura ikaslab, un laboratorio de impresión 3d. Recuperado el 7 de julio de 2015 de <http://ikaslanaraba.net/blog/mendizabala-inaugura-ikaslab-un-laboratorio-de-impresion-3d-un-espacio-creativo-para-experimentar-con-esta-tecnologia/>

Impresoras 3D. (19 de junio de 2013). ABS y PLA: diferencias, ventajas y desventajas. Recuperado de <http://impresoras3d.com/abs-y-pla-diferencias-ventajas-y-desventajas/>

Imprimalia 3D. (2015). Gutenberg 3D, un proyecto educativo basado en la impresión 3D. Recuperado el 5 de julio de 2015 de <http://www.imprimalia3d.com/noticias/2015/03/01/004399/gutenberg-3d-proyecto-educativo-basado-impresi-n-3d>

Kei-ivac. (2013a). Diseño Curricular Base. Técnico Superior en Diseño en Fabricación Mecánica. Vitoria-Gasteiz: Instituto vasco de cualificaciones y formación profesional. Recuperado el 22 de junio de 2015 de <http://www.kei-ivac.com/es/familias-profesionales/fabricacion-mecanica-fme/ciclos-formativos/tecnico-superior-en-diseno-en-fabricacion-mecanica.html>

Kei-ivac. (2013b). Diseño Curricular Base. Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica. Vitoria-Gasteiz: Instituto vasco de cualificaciones y formación profesional. Recuperado el 22 de junio de 2015 de <http://www.kei-ivac.com/es/familias-profesionales/fabricacion-mecanica-fme/ciclos-formativos/tecnico-superior-en-programacion-de-la-produccion-en-fabricacion-mecanica.html>

Lemoncurri. (4 de marzo de 2015). Open Source UV Photopolymer DLP 3D Printer. Recuperado de <https://code.google.com/p/lemoncurry/wiki/main>

Lledó, J. A. (2013). *Técnicas duras de managment para tiempos de crisis*. España: CEU Ediciones. Recuperado de <http://www.ebrary.com>

Llorente Galera F. (2009). Innovación tecnológica, sistemas y técnicas utilizadas en la i+d por los proveedores directos en Cataluña de los fabricantes de automóviles. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 15(2), 43.doi:10.1016/S1135-2523(12)60088-4

Loy J. (24 de febrero de 2014). eLearning and eMaking: 3D Printing Blurring the Digital and the Physical. *Education Sciences*. 4(1), 108-121; doi:10.3390/educsci4010108

MacKenzie B. (3 de abril de 2013). 3-D Printing Classes In a Virginia School Attract Global Visitors. *Education Week*, 32(27), 8. Recuperado de la base de datos Ebsco Host.

Medhat S. (28 de septiembre de 2014). Colleges must stop delivering irrelevant courses with poor careers advice. *The Guardian*. Recuperado de <http://www.theguardian.com/education/2014/sep/28/all>

Mission Street Manufacturing. (s.f). Our Mission. Recuperado el 10 de 07 de julio de <http://www.missionst.com/mission/>

Moreno T. (7 de marzo de 2015). [Universidad Internacional Menéndez Pelayo] Explota la ciencia, 10:30h [Archivo de video]. Recuperado de http://www.uimptv.es/mobile-video-484_explota-la-ciencia-%C2%B7-10-30h.html#

Morketxo, F. (14-07-2014). Armeria Eskola quiere «hacer volar la imaginación» con impresoras 3D. Recuperado el 22 de 06 de 2015, de <http://www.diariovasco.com/bajo-deba/201407/12/armeria-eskola-quiere-hacer-20140712002650-v.html>

Ogando F. (5 de mayo de 2015). [Via Televisión] Experiencia educativa con impresoras 3D en el IES A Paralaia [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=zDm_he27MMQ

Olivo R.J. (2015). De la Impresión 3D a la Impresión 4D. Recuperado de <http://www.amazon.es/>

Organización Mundial del Comercio. (2013). Informe sobre el Comercio Mundial. Factores que determinan el futuro del comercio. Recuperado de sitio web de World Trade Organization: https://www.wto.org/spanish/res_s/publications_s/wtr13_s.htm

Pauné M. (13 de noviembre de 2013). Barcelona estrenará en 2014 el primer FabCafé de Europa. *La Vanguardia*. Recuperado de www.lavanguardia.com/

Professional Engeenering Magazine. (1-07-2014). 3D print firms target schools. *Professional Engeenering Magazine*, 27(7), p.8. Recuperado de <http://web.b.ebscohost.com>

Reuters. (15 de febrero de 2013) Obama pone de moda las impresoras 3D. *Tecnología*. *El País*. Recuperado de

http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2013/02/15/actualidad/1360917363_691778.html

Stocklemon. (19 de junio de 2015). Citron Research Comments on the Ridiculousness of Ambarella [Mensaje en un blog]. Recuperado del sitio web de Citron Research: <http://www.citronresearch.com/wp-content/uploads/2015/06/AMBA-final-a.pdf>

Tovar V. (3 de enero de 2015). Taxonomía 2.0 [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://virgiliotovar.wordpress.com/category/luces-uno/page/2/>

Undo Prototipos. (s.f.). Tecnología FMD. Recuperado el 23 de junio de 2015 de http://www.undoprototipos.com/portfolio/tecnologia_fdm/

University of Northern Iowa (s.f.). Major RP Technologies. Recuperado el 23 de junio de 2015 de http://www.uni.edu/~rao/rt/major_tech.htm#top

Vilches, T. R. (2005). *Apuntes del estudiante de Auditoría*. Argentina: El Cid Editor. Recuperado de <http://www.ebrary.com>

10.2. Bibliografía complementaria.

Gibson I., Rosen D., Stucker B. (2015). *Additive manufacturing technologies*. Nueva York, EE.UU: Springer Science+Business Media.

Hatch M. (2014). *The Maker Movement Manifesto*. EE.UU: McGraw-Hill Professional.

Libow M., Stager G. (2013). *Invent to learn: Making, tinkering and engineering in the classroom*. EE.UU: Constructing Modern Knowledge Press.

Mariel Romano J. (s.f.). *La verdad sobre las impresoras 3D*. Edición Kindle en www.amazon.es

Mouza C., Lavigne N. (2013). *Emerging technologies for the classroom*. Nueva York, EE.UU: Springer Science+Business Media.

Ng W. (2015). *New digital technology in education*. Nueva York, EE.UU: Springer International Publishing Switzerland.

Thornburg D., Thornburg N., Armstrong S. (2014). *The Invent to learn guide to 3d printing in the classroom*. EE.UU: Constructing Modern Knowledge Press.

Vazhnov A. (2013) *Impresión 3D. Cómo va a cambiar el mundo*. Editorial Baikal.

11. ANEXOS

ANEXO I. SITIOS EN LA RED PARA CONSULTA

El objetivo de este anexo no es hacer un recopilatorio de todas las opciones disponibles en la red o en el mercado. En él sólo se enumeran los lugares de internet y los productos mencionados en algún momento durante la investigación.

FABRICANTES DE IMPRESORAS

Fabricantes de impresoras profesionales.

- Stratasys: <http://www.stratasys.com/>
- 3D Systems: <http://www.3dsystems.com/>

Fabricantes de impresoras lowcost.

- Tumaker: <http://tumaker.com/>
- Prusa: http://reprap.org/wiki/Prusa_i3/es
- Makerbot: <http://stories.makerbot.com/tagged/education>
- BQ: <http://www.bq.com/es/mundo-3d>
- Ultimaker: <https://ultimaker.com/>
- Fundación CIM: <http://www.bcn3dtechnologies.com/>

PÁGINAS WEB Y BLOGS DE INTERÉS.

Páginas web y blogs abiertos en los que se puede consultar información sobre el uso de las impresoras, software, materiales, solución de problemas etc.

- Tienda online: <http://impresoras3d.com/>
- Tienda online: <http://sicnova3d.com/>
- Proyecto Reprap: <http://reprap.org/>
- Clone Wars: www.reprap.org/wiki/Proyecto_Clone_Wars
- Thingiverse: www.thingiverse.com
- Enabling the Future: <http://enablingthefuture.org/>
- Shapeways: <http://www.shapeways.com/>

- imaterialise: <http://i.materialise.com/>

SOFTWARE EMPLEADO PARA EL MODELOADO 3D.

Software profesional

- Solidworks: www.solidworks.es/
- Solidedge: www.plm.automation.siemens.com/es_es/products/solid-edge/
- Autodesk Inventor: www.autodesk.com/products/inventor/overview
- NX: www.plm.automation.siemens.com/es_es/products/nx/

Software de gama media

- Rhino: www.rhino3d.com/es/

Software de gratuito

- Freecad: <http://www.freecadweb.org/>

SOFTWARE EMPLEADO PARA EL PARAMETRIZADO Y CONTROL DE LA IMPRESORA.

- Cura: <https://ultimaker.com/en/products/cura-software>
- Repetier: www.repetier.com
- Simplify: www.simplify3d.com
- Netfabb: www.netfabb.com
- slic3r: <http://slic3r.org/>

ANEXO II. EXTRACTO DE DCB DE LAS ESPECIALIDADES EN FABRICACION MECANICA

Tabla 6. Extracto DCB. Técnico Superior en Diseño en Fabricación Mecánica

APARTADO DE DCB	Extracto del DCB
ENSEÑANZAS DEL CICLO FORMATIVO. APARTADO GENERAL	
Objetivos generales del ciclo formativo	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las limitaciones de fabricación, analizando las capacidades de las máquinas y procesos en la fabricación de prototipos para realizar modificaciones en el diseño del producto. • Utilizar herramientas informáticas para la elaboración, organización y mantenimiento de la documentación técnica de fabricación de productos mecánicos y documentación complementaria de uso de los mismos. • Reconocer las oportunidades de negocio. Identificando y analizando demandas del mercado laboral para crear y gestionar una pequeña empresa.
MODULOS PROFESIONALES:	2) DISEÑO DE PRODUCTOS MECÁNICOS. 3) DISEÑO DE ÚTILES Y PROCESADO DE CHAPA Y ESTAMPACIÓN. 4) DISEÑO DE MOLDES PARA PRODUCTOS POLIMÉRICOS. 5) DISEÑO DE MOLDES PARA PRODUCTOS POLIMERICOS.
Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación	<p>Evaluá la calidad del diseño de elementos y mecanismos analizando la funcionalidad y fabricabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se ha descrito el procedimiento de aseguramiento de la calidad del diseño. • Se han identificado los elementos o componentes críticos del producto. • Se han identificado las causas potenciales de fallo. • Se han identificado los efectos potenciales que puede provocar el fallo.

APARTADO DE DCB	Extracto del DCB
	<ul style="list-style-type: none"> • Se han propuesto modificaciones en el diseño del producto que mejore de su funcionalidad. • Se han propuesto modificaciones en el diseño del producto que mejore la fabricación. • Se han propuesto modificaciones en el diseño del producto que mejore el montaje y desmontaje del mismo, evitando el uso de herramientas especiales. • Se han optimizado los diseños desde el punto de vista del coste de fabricación y su mantenimiento.
MODULO PROFESIONAL 2. DISEÑO DE PRODUCTOS MECANICOS	
Contenidos básicos procedimentales	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las características y especificaciones requeridas del componente y utilaje de fabricación mecánica, realizando la búsqueda, selección y clasificación de la documentación necesaria.
MODULO PROFESIONAL 6. AUTOMATIZACION DE LA FABRICACION	
Aspectos metodológicos	<ul style="list-style-type: none"> • El utilizar documentación técnica descargada desde las web de las casas comerciales enriquece al alumnado ya que le permite ver la amplitud de la oferta comercial existente en este campo. Del mismo modo, el alumnado conoce el uso de la red desde un punto de vista de uso real por parte de las empresas.
Actividades significativas y aspectos críticos de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de catálogos técnicos comerciales: <ul style="list-style-type: none"> - Definición de los parámetros ó aspectos básicos de selección. - Búsqueda de documentación.

APARTADO DE DCB	Extracto del DCB
MÓDULO PROFESIONAL 3. DISEÑO DE UTILES DE PROCESADO DE CHAPA Y ESPTAMPACION	
Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación	<p>Verificación del diseño de útiles de procesado:</p> <p>Análisis de útiles diseñados aplicando el AMFE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de elementos o componentes críticos del útil. - Identificación de causas potenciales de fallo del útil. - Identificación de efectos potenciales de fallo del útil.
MÓDULO PROFESIONAL 5	
Actividades	<p>Simulación de inyección para definir el punto de inyección.</p> <p>Simulación CAE del llenado de la pieza.</p> <p>Verificación del diseño. Análisis del molde diseñado aplicando el AMFE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de elementos o componentes críticos del molde. - Identificación de causas potenciales de fallo del molde.
Criterio de evaluación	Se ha identificado el concepto de innovación y su relación con el progreso de la sociedad y el aumento en el bienestar de las personas.
ESPACIOS Y EQUIPAMIENTOS MINIMOS	
Equipamientos: Aula de diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Moldes prototipos de metacrilato. • Máquina de prototipado rápido.

Tabla 7. Extracto DCB. Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica

APARTADO DE DCB	Extracto del DCB
ENSEÑANZAS DEL CICLO FORMATIVO. APARTADO GENERAL	
Objetivos generales del ciclo formativo	<ul style="list-style-type: none"> Reconocer las oportunidades de negocio, identificando y analizando demandas del mercado para crear y gestionar una pequeña empresa. Valorar las actividades de trabajo en un proceso productivo, identificando su aportación al proceso global para conseguir los objetivos de la producción.
MODULO PROFESIONAL 1. INTERPRETACION GRAFICA	
Contenidos básicos actitudinales	<ul style="list-style-type: none"> Creatividad e innovación en las soluciones constructivas.
MODULO PROFESIONAL 2. DEFINICION DE PROCESOS DE MECANIZADO CONFORMADO Y MONTAJE	
Resultados del aprendizaje y criterios de evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> Se ha elaborado y gestionado adecuadamente la documentación técnica referente al proceso de montaje.
Contenidos básicos actitudinales	<ul style="list-style-type: none"> Disposición e iniciativa personal para la innovación
MODULO PROFESIONAL 6. PROGRAMACION DE LA PRODUCCION	
Contenidos básicos conceptuales	<ul style="list-style-type: none"> Documentación técnica de equipos industriales: componentes, parámetros de funcionamiento, especificaciones técnicas.

Tabla 8. Extracto DCB. Módulo Empresa e Iniciativa Emprendedora.

APARTADO DE DCB	Extracto del DCB
MÓDULO PROFESIONAL 11. EMPRESA E INICIATIVA EMPRENDEDORA VALIDO PARA TODOS LOS CICLOS DE GRADO MEDIO Y GRADO SUPERIOR	
Contenidos básicos procedimentales	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las principales características de la innovación en la actividad del sector relacionado con el título (materiales, tecnología, organización del proceso, etc.) • Aplicación de herramientas para la determinación de la idea empresarial. • Establecimiento del plan de marketing: política de comunicación, política de precios y logística de distribución. • Elaboración de la viabilidad técnica, económica y financiera de una empresa del sector.
Actividades significativas y aspectos críticos de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de pequeños aspectos innovadores en el sector. • Realización de una tabla con ideas de negocio que respondan a necesidades del mercado.

**ANEXO III. TABLA COMPLETA CON EL RECUENTO
DE LAS UNIDADES DE SIGNIFICADO.**

Categoría	Código	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4	Entrevista 5	Entrevista 6	Entrevista 7	Entrevista 8	Entrevista 9	TOTALES POR U.S.
0	0.0	0	3	3	0	0	2	1	2	0	11
	Tot. cat.	0	3	3	0	0	2	1	2	0	11
1	1.1	3	2	2	2	0	2	1	3	1	16
	1.2	1	2	1	1	2	1	1	5	1	15
2	2.1	3	0	1	2	1	2	2	5	2	18
	2.2	0	1	0	1	0	0	2	1	2	7
3	Tot. cat.	3	1	1	3	1	2	4	6	4	25
	3.1	2	4	1	1	0	1	1	1	1	12
4	3.2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	9
	3.3	1	2	2	2	1	1	2	3	1	15
5	3.4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
	3.5	1	3	1	1	0	3	3	2	1	15
6	Tot. cat.	5	11	6	6	1	6	7	7	4	53
	4.1	0	2	5	0	0	2	1	3	0	13
7	4.2	1	1	3	1	0	1	1	2	2	12
	4.3	1	0	2	1	0	3	6	5	0	18
8	Tot. cat.	2	3	10	2	0	6	8	10	2	43
	5.1	3	7	1	3	1	5	3	6	2	31
9	5.2	2	9	5	1	0	8	6	6	0	37
	Tot. cat.	5	16	6	4	1	13	9	12	2	68
10	6.1	1	1	1	2	0	1	3	3	2	14
	6.2	1	0	1	0	1	2	0	0	0	5
11	6.3	0	0	4	2	2	5	0	2	1	16
	6.4	0	9	0	0	1	2	0	1	0	13
12	6.5	2	11	0	1	0	2	2	1	1	20
	Tot. cat.	4	21	6	5	4	12	5	7	4	68

Categoría	Código	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4	Entrevista 5	Entrevista 6	Entrevista 7	Entrevista 8	Entrevista 9	TOTALES POR U.S.
7	7.1	5	8	3	1	2	2	2	9	3	35
	7.2	5	7	3	4	0	2	9	7	2	39
	7.3	1	2	0	2	0	3	2	6	3	19
	7.4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	Tot. cat.	11	17	8	7	2	7	13	22	8	95
8	8.1	1	6	1	3	0	0	5	1	1	18
	8.2	0	5	1	1	0	7	0	3	1	18
	8.3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3
	8.4	0	0	4	0	0	1	1	2	1	9
	Tot. cat.	1	12	6	4	0	8	6	7	4	48
9	9.1	0	1	3	0	1	3	2	3	3	16
	9.2	0	0	0	0	0	6	1	0	0	7
	9.3	1	0	0	0	1	5	0	0	1	8
	9.4	1	2	0	0	0	1	1	1	1	7
	9.5	1	7	3	1	1	2	0	1	0	16
	9.6	2	6	3	2	1	12	6	3	1	36
	9.7	0	2	0	0	0	4	0	0	0	6
	9.8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Tot. cat.	5	18	10	3	4	33	10	8	6	97
10	10.1	1	2	0	0	0	2	0	0	0	5
	10.2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	Tot. cat.	1	2	0	0	0	4	0	0	0	7
11	11.1	1	10	0	0	3	2	5	0	1	22
	11.2	0	0	2	1	0	0	5	1	0	9
	Tot. cat.	1	10	2	1	3	2	10	1	1	31
	TOTALES POR ENTREVISTA	42	115	58	38	18	96	74	88	37	566

ANEXO IV. ANALISIS CUALITATIVO JUSTIFICADO

En este anexo se justifica el estudio cualitativo mediante citas extraídas de las entrevistas

1) Usuarios de las impresoras 3D.

Los usuarios que utilizan las impresoras 3D varían de centro a centro. Principalmente son los alumnos de grado superior los que las usan pero el manejo y las posibilidades de uso se muestran a otros niveles.

En cuanto a los departamentos que lideran el aula Ikaslab y el uso de las impresoras también depende del centro y de las especialidades que se trabajan en él. Mayoritariamente son departamentos relacionados con la fabricación mecánica bien a través del diseño, o bien a través de la producción por mecanizado o soldadura.

La sala de impresoras se usa preferentemente por los estudiantes del ciclo de grado superior en Diseño en Fabricación Mecánica 1.1[1.1]... En menor medida también lo usan los alumnos de grado superior de Producción en Fabricación Mecánica. 1.8[1.1].

En Grado Superior de Construcciones Metálicas. 3.1[1.1].

Se emplea tanto en Grado Medio como en Grado Superior, y lo implementamos en todos los proyectos de final de módulo que se hacen con los de Grado Superior. Los de Grado Medio lo tocan un poco para hacer prótesis de mano para el proyecto Enabling the Future. 6.1[1.1].

Como excepción tenemos el caso correspondiente a la entrevista nº8, en el que hay varios departamentos que cuentan con impresoras 3D.

Se emplea mucho en joyería... Estos son usos específicos que se realizan en los ciclos, como hemos dicho en mecánica y en construcción también... En Ikaslab hemos entrado los profesores del departamento de FOL, un par se han quedado fuera porque han empezado a principios de este curso y son sustitutos. 8.32[1.2]

2) Tipo de trabajos que realizan los alumnos.

El tipo de pieza que imprimen los alumnos es variado y depende de los objetivos que se hayan planteado en el centro. Mientras que en algunos centros las piezas impresas son exclusivamente diseñadas por los alumnos y están relacionados con la

materia que imparten, otros centros permiten imprimir piezas descargadas desde internet sin que tengan ninguna relación con la materia impartida. En algunos centros también se imprimen piezas escaneadas mediante escáner 3D.

La sala de impresoras se usa preferentemente por los estudiantes del ciclo de grado superior en Diseño en Fabricación Mecánica. A estos alumnos se les enseña a usar el software y el uso de la impresora para que después puedan imprimir sus propios diseños. En menor medida también lo usan los alumnos de grado superior de Producción en Fabricación Mecánica. En este ciclo aprenden el uso del software para después imprimir alguna pieza que previamente han mecanizado en el taller... Siempre con piezas de diseño propio. Este es el aspecto fundamental que se quiere trabajar con los alumnos del ciclo de diseño. 1.35[2.1]

De todo. Cuando les enseño el manejo, les enseño que pueden conseguir las piezas desde un CAD, los repositorios de internet que vemos varios, y desde los escáneres. Tratamos de trabajar las tres vías. 3.43[2.1] [7.1].

Los de Diseño Mecánico, Carpintería y Construcción sí que trabajan con sus propios diseños. Esto es la planta de una vivienda proyectado por un alumno. Nosotros (FOL) lo trabajamos también en Carpintería. Si el alumno sabe le dejamos, aunque nuestro objetivo no es diseñar. 8.81[2.1][7.1] [2.1].

3) Aspectos relacionados como recurso educativo.

En cuanto a las relaciones con el taller tradicional, la mayoría de los entrevistados están de acuerdo en que la impresora 3D es un recurso que los complementa, uno no sustituye al otro y es necesaria la formación en los dos ámbitos. Por otro lado se hace referencia a las expectativas de futuro de las impresoras 3D y a la reducción de costes que supone su empleo en ciertos procesos industriales.

Hemos pasado 150-200 años diseñando en función de que quitamos material: mecanizado. En unas geometrías relativamente básicas y ahora las posibilidades son inmensas a la hora de diseñar. 2.55[3.1].

La industria, incluso la del metal, no sólo se usa el metal. Pueden utilizar estas impresoras incluso para los de fundición, hemos hecho moldes. Es una manera de que vean que se puede usar para otras cosas. Al final con esto, y más los chavales que son de Grado Superior, ven que pueden hacer el prototipo en tres dimensiones en plástico aunque luego el real se vaya a hacer en otro material. 3.27[3.1].

Supone otra forma de fabricar piezas que antes se hacían por mecanizado. Se está usando cada vez más en multitud de sectores. 4.22[3.1].

Al final, en el mecanizado está claro, el material es más caro. Hacer un molde o figura que necesitas, hacerlo en un taller de mecanizado te sale más caro. 6.49[3.1].

Para hacer utilajes, para hacer garras... No se trata de sustituir el taller mecánico, ellos tienen que aprender el taller mecánico. Pero hay piezas que incluso en plástico son mejores y por otra parte lo que hemos hablado antes: como queremos

transmitir el conocimiento de estas máquinas, sustituimos una parte que antes se haría en el taller para hacerlo en plástico. 7.36[3.1]

En cuanto al currículo, en general se enmarca como elemento de prototipado o como recurso productivo para la fabricación de piezas que se emplearán en diferentes proyectos. En dos de las entrevistas se señala que es la fabricación de la propia impresora la que se está usando como recurso educativo.

El objetivo está muy poco relacionado con los DCB de fabricación mecánica. 1.23[3.2].

En el currículo de los delineantes sí que aparece el prototipado. En el currículo de hace 4 años, en el DCB sí que aparece, en el de los delineantes. 2.49[3.2]

Entra en la 3º evaluación de la asignatura de montaje en el que hay que realizar un proyecto de montaje de una estructura. En lugar de hacer una máquina grande o una estructura grande en el taller. Hacemos la estructura de la impresora 3D y aprovechamos para montar la impresora como tal 3.20[3.2].

Para el DCB de mecanizado está relacionado a nivel de concepción de diseño y prototipado que une el diseño con la fabricación industrial. Además, es una realidad tecnológica que no podemos dejar de lado. 4.19[3.2].

No pero lo hemos forzado en el currículo. Lo tenemos enfocado como un recurso productivo. No como un recurso transversal como se ha comentado anteriormente. 6.47[3.2].

Estamos en ello. No están relacionados con el currículo pero creemos que mediante el sistema ETHAZI puede tener una fácil integración. Porque creamos proyectos físicos. Porque en vez de mecanizar todo en acero o aluminio los fabricamos en PLA o ABS. 7.33[3.2].

Si porque lo enfocamos desde el punto de vista del emprendimiento. 8.56[3.2].

...luego otros 3 que se han montado en mecánica 8.35[3.3], dicen que son mejores 8.36[5.1]. ¿Son de diseño propio? Se crearon diferentes diseños como proyectos entre los alumnos, se decidió entre todos cual era el mejor diseño más adecuado, y en función de ese diseño se han fabricado todas, no ha fabricado cada uno su diseño si no que han empleado un modelo común 8.37[2.2]. ¿Basado en Prusa? En licencias libres, los de tipo delta de tres ejes verticales... Son un proyecto muy bueno para los alumnos. Se entusiasman cuando ven que funciona 8.38[4.3].

Lo único para el tema de moldes. Para simular moldes. 9.18[3.2][7.1].

Las impresoras de las que se dispone en los centros son mayoritariamente de la empresa Tumaker. Algunos centros cuentan con una impresora profesional de la marca Stratasys. Tanto las Tumaker como las Stratasys emplean la tecnología FMD. Tenemos tres excepciones para esta casuística general: por un lado en la entrevista N°3 nos indican que las impresoras son suministradas por la Fundació CIM. En

segundo lugar, el centro correspondiente a la entrevista N°7, cuenta con tres tipos de impresoras, Stratasys, Tumaker y Prusa. Por último, el centro correspondiente a la entrevista N°8, cuenta con la mayor variedad de impresoras ya que tiene Stratasys, Tumaker, de fotopolímero basada en DLP y de fabricación propia.

En cuanto a la configuración del aula sólo se han obtenido dos comentarios al respecto haciendo los dos hincapié en la idea de que la zona dedicada al diseño y la zona dedicada a la impresión tienen que estar cerca la una de la otra. "Es necesaria un aula mixta teórico-práctico donde las impresoras y los ordenadores para el diseño estén juntos." 4.26[3.4].

Los comentarios recogidos sobre la documentación son variados. Tenemos centros en los que se han documentado los parámetros de funcionamiento para cada material pero no su uso. Otros centros en los que se emplea la documentación que ponen a su disposición los proveedores, y centros que han elaborado una documentación detallada para sus alumnos.

Sí que hemos documentado los parámetros para cada tipo de material. 6.36[3.5].

Sabemos que Tumaker tiene una web donde ha puesto todos los documentos necesarios para empezar a trabajar y solucionar problemas. Internamente también hicimos otro 7.29[3.5].

Tengo un montón de Powerpoints del montaje, creo que son 12. Otras 4 de ajustes y curiosidades, en que hay que fijarse, que fallos pueden darse. La experiencia que tengo la he ido guardando en estos documentos. Luego tenemos otros 2 Powerpoint del software para que tengan los alumnos algo a lo que agarrarse cuando tengan alguna duda, la configuración al final. Tengo también de escáneres y de ingeniería inversa. 3.14[3.5].

4) Metodología de trabajo empleada con los alumnos.

Las metodologías empleadas están relacionadas con los objetivos que se persiguen. Para algunos centros la impresora es un fin y se emplea en el aula para su diseño o montaje. En otros centros la impresora es un medio para trabajar la creatividad y la innovación.

No es llegar a entender cómo funciona, tienes que montarla. Al montarlas has encendido el gusanillo a los alumnos y luego ha ido todo rodado. 6.68[4.1].

Cuando tocamos el tema de la empresa (los alumnos) tienen que crear una empresa, para que puedan ver cómo funciona, para ver que en un futuro tienen la

posibilidad de tener ser empresarios. Entonces, para fabricar el producto, con la excusa de fabricar el producto, hemos utilizado con ellos las impresoras 3D. 8.3[4.1].

En cuanto a la pregunta sobre el cambio de metodología, tenemos dos respuestas tipo en las que encajan todos los centros. Por un lado centros a los que no les ha supuesto un cambio. Y por otro lado centros en los que el cambio de metodología está enmarcado en un proyecto mayor que engloba a varias asignaturas. En estos últimos el proceso de cambio ya estaba iniciado y las impresoras se han incorporado a este cambio metodológico como un recurso más.

No ha supuesto un cambio de metodología, es un recurso más 2.50[4.2].

No ha supuesto un cambio en la metodología de trabajo, sólo se ha añadido un paso más en el proceso de fabricación 4.20 [4.2].

El cambio de metodología ya lo hemos hecho antes. La nueva metodología ETHAZI consiste en trabajar por proyectos 6.48[4.2]. Lo único que hemos hecho ha sido implementar las impresoras al cambio de metodología que ya estábamos realizando... 6.48[4.2].

El cambio de metodología ha venido sobre todo por parte de ETHAZI, no por las impresoras. Lo hemos ido integrando según lo ha necesitado 7.35[4.2].

En cuanto a la motivación, la impresora 3D se muestra como un recurso educativo que despierta enormemente la curiosidad, motivación e implicación de los alumnos.

El cambio a destacar es que los alumnos han estado dispuestos a venir por las tardes, fuera de horario lectivo, para aprender su uso e imprimir piezas 1.27[4.3].

La posibilidad de ver fabricada la pieza que ha diseñado es un elemento de motivación para el alumno. Lo asume como un reto 4.21[4.3].

Es un recurso económico que da mucha versatilidad, y además motiva a los alumnos. 7.38[8.1] [4.3].

Los alumnos, durante el curso, han estado viniendo todas las tardes. Hemos conseguido enganchar a los alumnos por ejemplo con las prótesis de las manos, fuera de horario (lectivo), 2-3-4 horas, si no pueden venir no pasa nada, pero han tenido una participación... No me atrevería a decirte de cuantas horas. El recurso tiene de cara a la motivación una componente muy importante: Mucho 6.75[4.3]. La verdad es que lo que les ofrecimos a ellos está muy bien. Ellos (alumnos) han ido a Málaga, al Malagabot, que es un concurso de electrónica y se han dedicado a dar charlas... 6.75[9.2]

5) Proceso de implantación del recurso.

Si ha habido un tema en el que todos los entrevistados han estado de acuerdo es en las diferencias de fiabilidad y facilidad de uso que hay entre las impresoras Tumaker o de bajo coste y las impresoras profesionales.

Las impresoras Tumaker son las que más problemas dan. No es algo que se soluciona a base de dedicarle horas para adquirir experiencia. Son impresoras de bajo coste que dan problemas por sus carencias constructivas. Las impresoras de Stratasys en cambio, se pueden usar con un par de jornadas de formación. No dan problemas. 1.32[5.1] [5.1] [5.2].

Estamos hablando de otra calidad pero de otro precio. Nada que ver. 2.24[5.1]

Los comienzos han sido problemáticos con las Tumaker 4.28[5.1]. Se atascan con facilidad y necesitan hacer un buen ajuste previo... La fiabilidad de las máquinas Tumaker será un campo a trabajar. 4.28[5.1].

Las profesionales son muchísimo más sencillas para usar. Meto la pieza que quiero imprimir, pulso un botón, y me sale perfecto. El knowhow es cero. 6.40[5.1].

La más importante es el fenómeno warmping que tiene todo el mundo con las impresoras que son relativamente baratas. Por diferencia de temperatura entre capas la pieza se va doblando y se abre...se despegá de la base... También la resistencia entre capas, entre capa y capa hay debilidades y salen piezas muy frágiles...capas que se despegan unas de otras.

Respecto al periodo de implantación no tenemos unanimidad pero muchos coinciden en que por lo menos es necesario un año para poder poner en marcha de manera satisfactoria y adquirir el conocimiento necesario antes de empezar a impartir las clases con los alumnos.

...pero inicialmente con esa falta de fiabilidad y esos trucos que hay que aprender, cuesta aprenderlos un poco [10.1]. Éramos muy pesimistas, esto no vale para nada. Para esta pieza lo que me he tenido que pelear, pero poco a poco vas aprendiendo. 2.61[5.2] [10.1].

Nosotros empezamos hace dos años, sí que es verdad que hemos metido más. [5.2].

Meter muchas horas y mucho internet. Entiendo que cuando entras en un proyecto como en este caso que lo propuse yo, vas a meter horas... Dos cursos. El curso pasado estuve las dos primeras evaluaciones preparando el material y la tercera evaluación ya las montamos con los alumnos. Horas un montón 3.42[5.2].

Una Prusa que tú puedes comprar pieza por pieza supone un tiempo brutal. Lo hemos hecho una vez y nos hemos olvidado... Llevo un año y todavía estoy aprendiendo. Cómo se usa el software y cómo se usan las impresoras en 2 o 3 horas lo manejan. Para conseguir una calidad buena de impresión hay que experimentar, hay que meter muchas horas. Cuantas no sabría decirte, pero muchas. 6.34[5.2]

¿Qué le dirías a un profesor que empieza el curso que viene? En septiembre empieza a trabajar con las impresoras 3D con los alumnos: Que se lo tomará con paciencia. Primero que pase un año él sólo hasta dominar el recurso. 6.54[5.2].

Llevamos un curso con ello y aún y todo una parte del curso ha sido para los docentes: qué tipo de máquinas, que problemas da la máquina... y lo hemos implementado a un nivel muy básico. 7.40[5.2]

Dos de los centros declaran que el recurso se puede poner en marcha en un periodo relativamente corto de tiempo. Preguntados por los problemas que han tenido responden que no es una cuestión de tiempo si no que el problema es la fiabilidad de las impresoras. De todas formas estos dos casos no siguen el patrón típico del resto de las entrevistas. Lo más normal ha sido la dedicación de varios meses hasta contar con la confianza suficiente en el manejo de las impresoras.

1 a 2 semanas tras la formación. 1.34[5.2]

Ninguna más que las propias de la logística (espacio, instalación del cableado, cercanía a los ordenadores, etc). 4.25[5.2].

Inicialmente nos peleamos bastante con las máquinas 2.58[5.1] [5.2].

Hemos dedicado un montón de horas para luego trabajar con los alumnos 8.23[5.2].

Las impresoras llegaron a finales de mayo y recibimos la formación en junio. En septiembre empezamos a trabajar con los alumnos. Depende también del profesorado 8.77[5.2].

6) Uso de la impresora.

El software empleado para el modelado y la impresión está recogido en el Anexo II. Básicamente pueden agruparse en tres grupos: El software profesional para el modelado, el software no profesional para modelado, y el software para el parametrizado de la impresión y comando de la impresora.

Los materiales empleados principalmente son el PLA (ácido poliláctico) y el ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno). Estos dos materiales son los empleados en las impresoras tipo FMD partiendo de rollo de filamento. Últimamente han salido materiales para la extrusión como la madera, piedra y fibra de carbono pero hay que dejar claro que en realidad son mezclas de un polímero como el PLA o el ABS a un 70% y el resto del material está mezclado en forma de polvo al 30%. Por otro lado, se están incorporando materiales nuevos como el metacrilato, que permite imprimir piezas transparentes, o los filamentos flexibles que permiten crear piezas con un

comportamiento similar a la goma. Para terminar no podemos olvidar los materiales solubles que se emplean en la impresión como material de soporte que luego se retira.

Al ser para enseñar a los alumnos básicamente trabajamos con PLA que es el más barato. Tenemos otros materiales como el ABS o Nylon, pero cada uno tiene sus ventajas y desventajas por temperatura de impresión, por características mecánicas. Para este tipo de piezas y para que los alumnos aprendan con PLA es suficiente. Tenemos filamento de madera, de polvo de piedra, arenisca y el PLAflex con el que he realizado varias pruebas durante este año. Es flexible, es como si fuera de goma 3.9[6.2].

Puede imprimir en policarbonato, ASA, nylon y elastómeros 5.12[6.2]

Respecto a las características técnicas de las impresoras se han recogido características relacionados con las impresoras profesionales "La calibración la hace la máquina. Tiene sus valores sus medidas, le metes la pieza y te lo hace todo ella" 6.41[6.3], o haciendo referencia a las impresoras Tumaker "Al final esto no es nada profesional. 6.55[6.3]. Características relacionadas con los materiales que pueden usar. "Sólo tenemos las de filamento. Hemos visto algunos que funcionan con metal pero de ese tipo no tenemos, Tampoco estoy segura de cómo son las de joyería, luego las veremos." 8.42[6.3]. Y características relacionadas con la cantidad de cabezales "Voladora V2 con dos extrusores" 9.7 [3.3][6.3].

No citaremos aquí los procedimientos de trabajo ya que estos hacen referencia más a operaciones manuales o procedimientos industriales necesarios para la fabricación de las piezas, que a aspectos relacionados con las impresoras 3D.

Las aplicaciones industriales que se detallan en las entrevistas son múltiples. Algunas relacionadas con la literatura existente sobre la impresión 3D en catálogos y webs, mientras que otras relacionadas con aplicaciones de la industria del entorno.

Aun así sólo se conoce su uso en las grandes corporaciones y no ha llegado a la pequeña y mediana empresa principalmente por desconocimiento de las posibilidades que ofrece y los costes a los que se puede trabajar hoy en día... Para el sector aeroespacial, gracias a la posibilidad de fabricar piezas con el interior en forma de (estructura de ramas), se consigue reducir el peso en un peso del 80%. Las prótesis o implantes que se realizan en caso de roturas óseas complejas, se pueden personalizar tras escanear la zona afectada, reduciendo drásticamente los tiempos de intervención quirúrgica. 1.28[6.5].

En joyería el uso es enorme 8.9[6.5],

Sobre todo en el prototipado. Cuando tienen una pieza que en la forma tradicional les hubiera costado mucho dinero y no están seguros de hacerlo, nos lo piden fabricar el plástico 7.57 [9.6][6.5].

Entre las aplicaciones industriales, es de mencionar que en estos momentos, ya se está hablando del uso de las impresoras no sólo para la fabricación de prototipos, también como medio de producción.

En estos momentos, además de prototipo, la serie corta de piezas se pueden obtener mediante impresión. Y luego piezas finales, 1-2 unidades que se tienen que obtener para una aplicación determinada. Para muchísimas aplicaciones las piezas son finales. 2.38[6.5].

7) Conocimientos y formación necesarios para su manejo.

Por un lado los objetivos que se persiguen son variados y dependen de la especialidad del ciclo formativo del profesor entrevistado. Estos objetivos están relacionados con la materia impartida. Pero por otro lado hay un objetivo que es común a prácticamente todos los centros y este es la socialización de las impresoras 3D. Esto es, el objetivo es dar a conocer la tecnología y las posibilidades que ofrece.

Para que conozcan las impresoras, las posibilidades que ofrecen y su ámbito se usó en la industria... Divulgar la tecnología y dar a conocer el recurso. Quitar los mitos y el miedo que existen hacia ella 1.20[7.1].

Se ha diseñado bastante prototipo, algunas veces han sido proyectos que han estado directamente enfocados a la obtención de un prototipo 2.77[7.1].

Nuestro proyecto está enfocado a los alumnos, no estaba pensado para las empresas o hacer cursillos fuera del centro. A partir de ahí hemos podido abrirlo más, pero es para que nuestros alumnos salgan de aquí con un plus más en su currículu. Salen de aquí no sólo sabiendo usar las máquinas, si no montarlas desmontarlas y repararlas. El día de mañana cuando estas máquinas entren más en las empresas, necesitarán gente que las repare, no solamente gente que las ponga en marcha 3.18[7.1].

Conocer una tecnología nueva. Hasta ahora se diseñaba y se imprimían los diseños en papel. Al proceso de diseño ahora añadimos la impresión 3D que ofrece al alumno la posibilidad de ver físicamente lo que ha dibujado facilitando su revisión para mejorar el diseño. 4.18[7.1]

Preparar profesionales para la nueva revolución en la que se van a encontrar la sociedad y las empresas; la industria sobre todo 6.42[7.1].

Por una parte el prototipado de los productos que trabajamos, pero por otra parte intentar fomentar la creatividad. Los alumnos tienen inquietudes "yo ya haría una pieza de este tipo", "no hay en el mercado", el objetivo es fomentar esos alumnos para que vengan, impriman y puedan salir ideas empresariales. 7.31[7.1]

Lo que hemos buscado es la socialización de la impresora 3D, vemos que es una tecnología nueva, y si lo reducimos a un solo ciclo formativo, se queda sin que mucha gente pueda verlo. 8.5[7.1]

En cuanto a los conocimientos y la formación necesaria básicamente la idea es generalizada. Para entender como es el proceso, aprender a usar el software y hacer una primera impresión, la cantidad de horas de formación necesaria es muy baja y el abanico de horas necesarias se sitúa entre las 2 y 8 horas. En cambio para llegar a imprimir con soltura y dominar el proceso puede llegar a ser necesario un año de trabajo.

Es suficiente con tener conocimientos básicos de informática ya que podemos imprimir piezas descargadas desde internet 1.14[7.2]. Los que quieran diseñar piezas será necesario que dominen algún software de diseño en 3D. 1.15[7.2]

Vendría bien saber algo de dibujo en CAD 3D. El curso que hemos planteado para parados, de entrada, íbamos a dar en Solidedge solamente la parte de modelado 3.10[7.2]. Para el montaje de los alumnos, como lo tengo todo en Powerpoint paso a paso, no necesitan traer de antemano ningún conocimiento, ni de electrónica ni nada. El montaje mecánico es en base a tornillos y tuercas, y el montaje electrónico es enchufar y listo. Luego está el tema del ajuste de las alturas, que vayan bien los motores, al lado correcto... Sí. En 2-3 horas has aprendido lo necesario para imprimir. Si quieres entrar más a fondo con 4 horas sabes mucho 3.13[7.2].

Para el correcto manejo de las impresoras tienen estimado un curso de 12 horas que incluye el uso de las dos impresoras y el escáner 4.16[7.2].

"creemos que un nivel básico se puede conseguir con 10-20 horas". 7.23[7.2].

Para ser autónomo son necesarias unas 30 horas. Una preparación previa de unas 15-20 horas y luego trabajar por cuenta propia 8.47[7.2]. En el caso de los alumnos que descargan las piezas de Thingiverse y con el apoyo del profesor en unas 8 horas ya sacan las piezas. Luego ya vienen por su cuenta al aula. A todos los alumnos se les imparte un curso de 8 horas. 8.48[7.2]

8) Coste.

Los costes de adquisición de la impresora dependen de si la impresora es profesional o de bajo coste. El precio de las profesionales de Stratasys con tecnología FMD comienza a partir de los 15.000€ que puede ascender hasta los 20.000 € si se le añaden ciertos accesorios. Las impresoras de bajo coste en cambio pueden ser de 2 tipos: las que vienen montadas y las que vienen desmontadas en forma de kit para que las monte uno mismo. El precio de las primeras ronda entre los 1.500 € y los 2.000 €. En este grupo de impresoras entran la totalidad de las Tumaker que se han visto en los centros estudiados. Las del segundo grupo que llegan a modo de kit rondan entre los 500€ y 750€.

El coste de las Tumaker ronda los 1.500 € mientras que la Stratasys va por encima de los 15.000 € 1.11[8.1].

Luego tenemos una de la empresa Stratasys de fotopolímero con unos acabados mucho más profesionales, pero también más cara 2.12[8.1] [5.1]. El material de aportación que usa es propio de la casa y es muy caro 2.13[8.2]. El consumible es muy caro, la máquina es cara, el mantenimiento es caro 2.14[8.1] [8.2] [8.3].

Es difícil de valorar. El rollo de PLA, polietileno, etc puede rondar entre los 20 y 30 €. El rollo suele ser de 700-800 gr. El kg puede salir a 30 €. Realmente el coste de impresión son 30 € (por Kg) más lo que puedas achacarle a la amortización de la máquina 2.19[8.2]. Las máquinas en este momento, las de formato pequeño de hilo pueden rondar los 800 € 2.20[8.1]. La grande, como fue algo que nos hicieron a nosotros a medida un poco más, pueden ser 3.000-4.000 € 2.21[8.1] [9.4]. No tiene nada que ver con los costes de hilo que usa la Stratasys, los cartuchos de la Estratasys resultan mucho más caros. Dos cartuchos de 800 gr de material de aportación cuestan aproximadamente 500 € 2.22[8.2]. La máquina creo que costo 35.000 € 2.23[8.1].

Un rollo de filamento de impresión para las FMD de bajo coste, con una cantidad de material de 7501-1.000 gr, ronda entre los 24 € y 30 €. Mientras que la misma cantidad de filamento para las FMD de Stratasys puede llegar a costar 300 €.

En cuanto a las asignaciones presupuestarias y premios son de destacar los 20.000 € que han recibido los centros que participan en el programa Ikaslab, junto con los 150.000€ de premio a repartir que han recibido los 11 centros participantes en el proyecto Gutenberg 3D.

Para finalizar con el apartado de costes nos queda por señalar la cantidad ingente de horas que han trabajado muchos profesores y alumnos para conseguir sus objetivos con las impresoras 3D.

Para todo eso necesito tiempo, estoy yo sólo con esto y con el dinero y las horas que me da el centro que me quita de guardias y de poco más. Yo tengo mis clases luego 3.38[8.4].

Yo concretamente sabiendo el curso pasado que este curso empezábamos a trabajar en septiembre con las impresoras 3D, me lleve en verano una a casa. 8.21[8.4]

Tampoco ando todos los días. Metía mano en mis horas libres 9.29[8.4]

9) Relacion con otros agentes.

Este apartado incluye las relaciones que tienen los centros con agentes externos al propio centro. Aquí entran: empresas, proveedores, organismos oficiales,

comunidades virtuales, otros centros y otros departamentos. Pondremos un ejemplo de cada código.

A nivel interno hay dos colaboraciones con los drones en cartografía 2.87[9.1].

La verdad es que lo que les ofrecemos a ellos está muy bien. Ellos (alumnos) han ido a Málaga, al Malagabot, que es un concurso de electrónica y se han dedicado a dar charlas. Han ido como expertos: Charlas que están grabadas y nos sacarían los colores a muchos de nosotros, a mí por ejemplo 6.75[9.2].

Trae unos parámetros base, que son setups y empiezas de ahí. Luego tú vas cambiando de lo que te dicen en los foros 9.26[9.3].

Pero a raíz de que tuvimos un alumno en prácticas en Tumaker vinieron las primeras impresoras hace 2 años 2.70[9.4].

Hemos tenido la suerte de tener un Alumno, I.C., que este año monta empresa a través de Urrats Bat con el tema de impresión 3D 2.82[9.5].

Esta tecnología está creando mucha curiosidad y necesidades también, y vienen empresas con solicitudes de servicio. A todos ellos les damos respuesta probando las aplicaciones 5.6[9.6].

10) Aspectos históricos y de desarrollo de las impresoras.

En este punto los comentarios de los profesores nos hablan de la evolución que han tenido algunos de los modelos de impresora con los que han trabajado. En comentario general en todos ellos es que los avances han sido enormes en muy poco tiempo. Desde las V1 de Tumaker a las V3 han pasado tan sólo 2 años y las mejoras que han incorporado han sido considerables. Este comentario se extiende a otras marcas.

Ahora estamos en una Prusa i3, empezó por una Prusa i1, luego i2 e i3. Las mejoras que se van implementando a estas impresoras son brutales EN6[10.2].

11) Posibilidades de uso y aplicaciones futuras.

Todos los entrevistados coinciden en las posibilidades que ofrece la impresora 3D en el ámbito de la industria. En cambio los comentarios sobre el uso futuro en la enseñanza son escasos y hacen más referencia a posibles proyectos que ha metodologías de trabajo. También se menciona la ampliación a otras materias, o la generalización en el uso por otras especialidades o niveles.

ANEXO V. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 1.

- 1) En qué nivel de enseñanza se emplea: La sala de impresoras se usa preferentemente por los estudiantes del ciclo de grado superior en Diseño en Fabricación Mecánica 1.1[1.1]. A estos alumnos se les enseña a usar el software y el uso de la impresora para que después puedan imprimir sus propios diseños 1.2[2.1] 1.3[7.2]. En menor medida también lo usan los alumnos de grado superior de Producción en Fabricación Mecánica 1.4[1.1]. En este ciclo aprenden el uso del software para después imprimir alguna pieza que previamente han mecanizado en el taller 1.5[2.1] [3.1]. La idea es que puedan ver la diferencia entre ambos procesos 1.6[3.1]. Por último, se dan nociones básicas de su uso a alumnos de grado superior y a alumnos de grado medio 1.7[1.1] para que conozcan las impresoras, las posibilidades que ofrecen y su ámbito se usó en la industria 1.8[7.1].
- 2) Especialidades (alumnos) en las que se emplea: Respondido en la anterior pregunta.
- 3) Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando: Los profesores que mayoritariamente usan el recurso son los de diseño y fabricación mecánica 1.9[1.2].
- 4) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): 10 impresoras Tumaker y una impresora Stratasys de hilo 1.10[3.3].
- 5) Coste de las impresoras. Coste estimado de impresión para cada una de las tecnologías. El coste de las Tumaker ronda los 1.500 € mientras que la Stratasys va por encima de los 15.000 € 1.11[8.1]. La calidad, fiabilidad y sencillez de uso tampoco son comparables al igual que el precio 1.12[5.1]. El consumible empleado por las Tumaker es de libre adquisición en el mercado mientras que el de la Stratasys sólo se les puede comprar a ellos 1.13[6.2].
- 6) Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros): Es suficiente con tener conocimientos básicos de informática ya que podemos imprimir piezas descargadas desde internet 1.14[7.2]. Los que quieran diseñar piezas será necesario que dominen algún software de diseño en 3D 1.15[7.2]. Actualmente, en la Escuela Armería están trabajando con NX de Siemens 1.16[6.1].

También resulta interesante tener unos conocimientos básicos sobre polímeros 1.17[7.2].

7) Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario: Con una formación de entre 10 y 15 horas es suficiente 1.18[7.2].

8) Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo: Sí. Incluso han grabado un video con las instrucciones básicas 1.19[3.5].

9) Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca: Divulgar la tecnología y dar a conocer el recurso. Quitar los mitos y el miedo que existen hacia ella 1.20[7.1]. Es una tecnología en la que las primeras patentes son de hace 30 años y en el entorno industrial de Eibar está disponible desde hace 20 años 1.21[10.1]. Aun así sólo se conoce su uso en las grandes corporaciones y no ha llegado a la pequeña y mediana empresa principalmente por desconocimiento de las posibilidades que ofrece y los costes a los que se puede trabajar hoy en día 1.22[6.5].

10) Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad/nivel. En qué aspectos: El objetivo está muy poco relacionado con los DCB de fabricación mecánica 1.23[3.2]. La idea es que los alumnos conozcan la impresora como máquina destinada a la fabricación de prototipos, series cortas, piezas de alto valor añadido (aeronáutica, aeroespacial, medicina) 1.24[7.1]. Se evita a toda costa que se use el recurso como un juguete que sirve para imprimir elementos no relacionados con la fabricación mecánica 1.25[7.1].

11) Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases: No ha habido un cambio en la metodología para impartir las clases 1.26[4.2]. El cambio a destacar es que los alumnos han estado dispuestos a venir por las tardes, fuera de horario lectivo, para aprender su uso e imprimir piezas 1.27[4.3].

12) En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales: taller de mecanizado, taller eléctrico/electrónico: Como he comentado anteriormente se usa como máquina de producción. A diferencia de las máquinas tradicionales con las impresoras 3D se pueden fabricar piezas que antes no había manera de fabricar con ningún proceso. Para el sector aeroespacial, gracias a la posibilidad de fabricar piezas con el interior en forma de (estructura de ramas), se

consigue reducir el peso en un peso del 80%. Las prótesis o implantes que se realizan en caso de roturas óseas complejas, se pueden personalizar tras escanear la zona afectada, reduciendo drásticamente los tiempos de intervención quirúrgica 1.28[6.5].

13) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso: Posibilidades infinitas. Sobre todo para el sector aeroespacial, medicina, cálculo estructural y prototipado 1.29[11.1].

14) Cuáles son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso: Las impresoras Tumaker son las que más problemas dan 1.30[5.1]. No es algo que se soluciona a base de dedicarle horas para adquirir experiencia 1.31[5.2]. Son impresoras de bajo coste que dan problemas por sus carencias constructivas. Las impresoras de Stratasys en cambio, se pueden usar con un par de jornadas de formación. No dan problemas 1.32[5.1].

15) Qué formación ha sido necesaria para el profesorado: Para las Tumaker se ha impartido un curso de 40 horas. Para la Stratasys ha sido suficiente con una formación corta que lo ha impartido Análisis y Simulación. En los dos casos se ha incluido en uso del escáner 1.33[7.3].

16) Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D: 1 a 2 semanas tras la formación 1.34[5.2].

17) Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red: Siempre con piezas de diseño propio. Este es el aspecto fundamental que se quiere trabajar con los alumnos del ciclo de diseño 1.35[2.1] [7.1].

18) Estáis trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D: Ikaslab: foro en internet como apoyo técnico para solventar problemas 1.36[9.3].

19) Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades: A través de TKgune se está dando servicio a las empresas 1.37[9.5]. Por otro lado tenemos un trato directo con Tumaker 1.38[9.4].

20) Estáis dando formación a empresas del entorno: Sí. El interés es alto 1.39[9.6].

21) Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas: Prototipado y escaneado 1.40[9.6].

ANEXO VI. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 2.

- 1) En qué nivel de enseñanza se emplea: Lo estamos utilizando sobre todo con los ciclos superiores, especialmente con el ciclo de Diseño en Fabricación Mecánica, esto es, con los delineantes proyectistas mecánicos 2.1[1.1]. Realmente son los que saben dibujar los que luego necesitan imprimir 2.2[7.1]. En otros centros que no tienen una especialidad de diseño, les pasa que empiezan a imprimir cosas de Thingiverse y al final acaban aburriéndose 2.3[9.7]. La base es dibujar en un software de diseño 3D 2.4[7.2]. Cuando manejas un software de diseño y eres capaz de dibujar aquello que quieras imprimir se dan las circunstancias óptimas para el uso de las impresoras 2.5[7.2].
- 2) Especialidades (alumnos) en las que se emplea: Sobre todo los alumnos de Diseño en Fabricación Mecánica 2.6[1.1]. Cualquiera que sepa manejar un software 3D a nivel de diseño de sólido. Creo que ahí está la clave del asunto 2.7[7.2].
- 3) Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando: Los que lo estamos usando somos también los profesores de diseño. Somos mecánicos 2.8[1.2]. Habrá electrónicos que sepan usar software 3D de diseño pero en algunos centros se han dedicado más al montaje y programación de la máquina (impresora) que al uso 2.9[9.7].
- 4) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): En este momento tenemos en el centro, en el laboratorio de Ikaslab: 4 máquinas de hilo (FMD), y una máquina de fotopolímero 2.10[3.3]. Las máquinas de hilo podemos decir que son de un nivel de aficionado (son de Tumaker) 2.11[5.1]. Luego tenemos una de la empresa Stratasys de fotopolímero con unos acabados mucho más profesionales, pero también más cara 2.12[8.1] [5.1]. El material de aportación que usa es propio de la casa y es muy caro 2.13[8.2]. El consumible es muy caro, la máquina es cara, el mantenimiento es caro 2.14[8.1] [8.2] [8.3]. Luego hay otra impresora de hilo en el Departamento de Topografía, y otra de hilo en el Departamento de Madera 2.15[3.3].

Realmente nosotros estamos tirando del carro y liderando el tema de la impresión 2.16[1.2]. Creo que fue un acierto montar el aula de impresión justo al lado del aula de diseño 2.17[3.4]. Estamos muy pendientes... y realmente ha sido clave. Se

aprovecha para seguir dibujando mientras se imprime: Sí, porque las tienes ahí. Y los alumnos están aquí, ven las máquinas que están imprimiendo 2.18[4.1].

5) Coste de las impresoras: Es difícil de valorar. El rollo de PLA, polietileno, etc puede rondar entre los 20 y 30 €. El rollo suele ser de 700-800 gr. El kg puede salir a 30 €. Realmente el coste de impresión son 30 € (por Kg) más lo que puedas achacarle a la amortización de la máquina 2.19[8.2]. Las máquinas en este momento, las de formato pequeño de hilo pueden rondar los 800 € 2.20[8.1]. La grande, como fue algo que nos hicieron a nosotros a medida un poco más, pueden ser 3.000-4.000 € 2.21[8.1] [9.4]. No tiene nada que ver con los costes de hilo que usa la Stratasys, los cartuchos de la Estratasys resultan mucho más caros. Dos cartuchos de 800 gr de material de aportación cuestan aproximadamente 500 € 2.22[8.2]. La máquina creo que costo 35.000 € 2.23[8.1]. Estamos hablando de otra calidad pero de otro precio. Nada que ver 2.24[5.1]. Yo creo que la clave de las impresoras de hilo de Tumaker es precisamente es que el coste es barato, por eso se han echado (quiere decir fabricado, no tirar a la basura) muchas piezas, hemos gastado muchísimo plástico. Yo creo que es la forma de aprender, tanto nosotros como los alumnos 2.25[8.1] [4.1].

6) Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros): CAD 3D. Saber manejar sólo a nivel de modelado sólido: Solidedge, Solidworks. Cualquier software de diseño 3D sería el conocimiento previo ideal 2.26[7.2] [6.1]. Luego realmente, los dos software libre que utilizan (las impresoras) el Cura y el Repetier son sencillos de utilizar a nivel básico 2.27[5.1]. Tienen muchos recovecos y muchas opciones, cogerle el punto a la máquina lleva su tiempo. Se aprende a utilizar rápido pero para obtener buenos resultados hay que dedicarle tiempo 2.28[7.3]. El Repetier y el Cura, a un alumno que sabe CAD le explicas en media hora y entiende perfectamente 2.29[7.2].

7) Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario: Ir recogiendo cada uno de los materiales y si hay un problema averiguar que está pasando 2.30[5.2], sería... Problema de diseño de la pieza: No. Normalmente problemas de diseño de la pieza no suelen ser. Tienes que ver la pieza y ver como la pones, en qué sentido, como la orientas 2.31[0]. Por lo que sea si el plato está un poco separado del cabezal suele dejar como hilos sueltos que no fusionan bien sobre la mesa. Si está muy pegado se suele atascar. Saber interpretar

cual es el problema para que la pieza no te esté quedando bien requiere su tiempo, esos ajustes de máquina requieren su tiempo. Limpiar bien los cabezales antes de imprimir para que la impresión sea correcta, estas cosas necesitan un poquito de aprendizaje 2.32[5.1] [7.2].

8) Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo: No hemos documentado como tal las instrucciones previas 2.33[3.5]. Tienes un manual para el Repetier y uno para el Cura 2.34[3.5]. Del software, no del aparato: No lo hemos procedimentado pero lo podíamos haber hecho. Si te está pasando esto... probablemente podría ser... Pero no lo hemos hecho. Sí que hemos procedimentado unas cuantas cosas que normalmente pasan...2.35[3.5]

9) Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca: Creemos que viene una revolución en la fabricación y esto es el comienzo. A nosotros nos ha servido mucho de cara a verlo 2.36[11.1]. Los alumnos que diseñan y además luego pueden sacar el prototipo, la pieza que han diseñado en la mano, es interesante para muchísimas cosas 2.37[0]. En estos momentos, además de prototipo, la serie corta de piezas se pueden obtener mediante impresión. Y luego piezas finales, 1-2 unidades que se tienen que obtener para una aplicación determinada. Para muchísimas aplicaciones las piezas son finales 2.38[6.5]. Estamos hablando de que las características mecánicas de los polímeros no son las más adecuadas, pero en muchas ocasiones sí 2.39[6.5]. Además tenemos ese frente abierto que es utilizar piezas impresas como base para el posterior recubrimiento con fibra de carbono. Creo que ahí hay un campo de investigación interesante... 2.40[6.5] [11.1] Para recubrirlas de fibra de carbono tienen que ser piezas relativamente sencillas 2.41[6.4]. Se está intentando en Tknika con un colector que va recubierto de fibra de carbono y previamente se ha impreso con un material soluble. Cuando esté cubierto lo meterán en el baño para que se disuelva el material empleado para imprimir 2.42[6.4]. Se utiliza como modelo, es decir no imprimimos la pieza final. Imprimes y luego la recubres 2.43[6.5]. Si es PLA está dentro. Si imprimes en algún material tipo CIBS, hubiéramos dejado un pequeño orificio en el carbono, lo introduciríamos en un baño de limonelo y todo el CIBS se hubiera disuelto. Se hubiera quedado sólo la cascara: Eso es lo que quieren hacer en Tknika 2.44[6.5]. Creo que ahí sí que hay un campo de investigación interesante y rentable porque puedes fabricar piezas en series cortas o unitarias sin necesidad de fabricar un molde 2.45[11.1]. La idea es que de cara a la industria o de cara al trabajo que van a cumplir en una empresa, los

estudiantes que están aquí sepan usar este recurso como un recurso de producción: Sí 2.46[7.1]. De la misma manera que los de mecanizado saben usar el control numérico: Sí. Esto se utiliza para hacer un prototipo... tenemos que hacer un prototipo, o esta serie que es corta, requiere el uso de un molde ¿se puede imprimir? En este momento puede ser un método más de producción. Pero pensando siempre en series cortas-unitarias 2.47[6.5]. Por el tiempo de impresión que resulta elevado no es en este momento un sistema productivo para la gran serie, pero si interesante y muy rentable para series de pocas unidades 2.48[6.5].

10) Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad o nivel. En qué aspectos: En el currículo de los delineantes sí que aparece el prototipado. En el currículo de hace 4 años, en el DCB sí que aparece, en el de los delineantes 2.49[3.2]. ¿En los de fabricación? Lo desconozco.

11) Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases: No ha supuesto un cambio de metodología, es un recurso más 2.50[4.2] [3.1]. Es verdad que cambias un poco el chip cuando estás pensando en que esa pieza, o voy a fabricar algo que luego se vaya a imprimir, sí que cambias el chip a la hora del diseño. Se diseña pensando en que vas a imprimir esa pieza. Hay ciertas cosas que tienes que tenerlas en cuenta. Por ejemplo si necesitas imprimir una pieza que tiene roscas, puedes preparar un hexágono, parar de imprimir en la capa que hace de tapa en el orificio, insertar una tuerca y luego continuar imprimiendo. Cosas de este tipo hay que preverlas y cambia un poco el diseño. Ahí sí que hay un cambio de modo de concepción de las piezas 2.51[6.4].

12) En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales: taller de mecanizado, taller eléctrico/electrónico: Complementa claramente otros procesos de fabricación 2.52[3.1]. De hecho ahí tenemos el ejemplo de la caja reductora. Hasta ahora era algo que se hacía con los alumnos de primero: cálculo de transmisiones, los ejes y mecanizado de piezas en el taller. Pero la carcasa en sí no se podía fabricar aquí en el centro, tampoco tenemos instalaciones para hacerlo. Este año la carcasa está completa. Las dos mitades de la carcasa se han impreso y para el objetivo que se persigue puede ser suficiente para nosotros 2.53[3.1] [7.1]

13) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso: Creo que todavía están por descubrir. En el momento que las impresoras de aleación metálica

empiecen a despegar sí que va a haber un boom. Va a cambiar muchísimo hasta la forma de diseñar 2.54[11.1]. Hemos pasado 150-200 años diseñando en función de que quitamos material: mecanizado. En unas geometrías relativamente básicas y ahora las posibilidades son inmensas a la hora de diseñar 2.55[3.1]. En esos momentos estamos atados por el tipo de material que tenemos que usar, en el momento que las impresoras admitan aleaciones metálicas esto va a ser otra cosa 2.56[11.1]. A nivel de impresoras metálicas las cosas están en nivel de desarrollo. Es verdad que hay productos comerciales (...) pero todavía es algo muy en pañales. Se está evolucionando muy rápido y en unos años tendremos en muchas partes piezas metálicas impresas 2.57[11.1].

14) Cuáles son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso: Inicialmente nos peleamos bastante con las máquinas 2.58[5.1] [5.2]. Creo que las máquinas de Tumaker en el fondo pecan de falta de fiabilidad 2.59[5.1]. Poco a poco las van mejorando. Esta versión 2 es mejor que la versión 1. En la versión 3 creo que han hecho mejoras importantes, pero inicialmente con esa falta de fiabilidad y esos trucos que hay que aprender, cuesta aprenderlos un poco 2.60[10.1]. Éramos muy pesimistas, esto no vale para nada. Para esta pieza lo que me he tenido que pelear, pero poco a poco vas aprendiendo 2.61[5.2]. En este momento está ya dominado: Sí. Controlas el proceso 2.62[5.2].

15) Qué formación ha sido necesaria para el profesorado: Realmente no son muchas horas. Cuando hemos dado formaciones internas a profesores del instituto, nos hemos encontrado con lo que hemos comentado antes. Si previamente no eres capaz de modificar, ni siquiera de dibujar la pieza, estas un poco limitado 2.63[7.3]. Hay páginas de las que te puedes bajar un montón de cosas y bajas en un formato STL, no puedes hacer ningún tipo de modificación. No puedes partir la impresión en dos mitades porque no te entre en la máquina 2.64[6.4]. Para todas esas cositas lo realmente interesante es trabajar a nivel de diseño de sólido 3D. Creo que es más importante eso que manejar los softwares de la máquina 2.65[7.1]. Si tú tienes un archivo bien preparado para imprimir, igual te has dado cuenta de que esta piezas la puedes imprimir en dos mitades, para eso necesitas controlar un software 3D 2.66[6.4]. El éxito está en esa primera fase. Ahí está el problema, yo no desligaría la formación en impresión 3D del software de diseño 3D. Sin limitarnos al software de la máquina y al de fileteado 2.67[7.1]. Nivel básico pero que alguien sepa manejar los archivos 2.68[7.2].

- 16) Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D: Nosotros empezamos hace dos años, sí que es verdad que hemos metido más 2.69[5.2]. ¿El programa Ikaslab desde cuando está en marcha? Desde al año pasado. Pero a raíz de que tuvimos un alumno en prácticas en Tumaker vinieron las primeras impresoras hace 2 años 2.70[9.4]. Junio de hace dos años. Ese año fue una toma de contacto, y cuando empezamos a sacarles fue en septiembre de 2013 2.71[5.2]. Ahí ya empezamos, teníamos las impresoras aquí y las usamos, en la parte de atrás del aula de diseño teníamos una impresora nuestra otra de los eléctricos propiamente pero la usábamos nosotros 2.72[0]. Durante ese curso entro el proyecto Ikaslab y nosotros entramos 2.73[5.2]. Luego ya había más impresoras, la versión 2 de las impresoras Tumaker, ese año encargamos la impresora que era más grande y en marzo (2014) llegó la Stratasys 2.74[5.2].
- 17) Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red. Ya me los has comentado, lo que os interesa es diseñar: Piezas que valgan para algo 2.75[7.1]. Que tengan una función: En ese aspecto creo que de cara al proyecto Tkgune, lo que antes era Asmaola, en muchísimos proyectos se han utilizado las impresoras 3D 2.76[9.5]. Se ha diseñado bastante prototipo, algunas veces han sido proyectos que han estado directamente enfocados a la obtención de un prototipo 2.77[7.1]. Por ejemplo para un modelista que quería saber cómo diseñar el molde, pegar los machos... 2.78[9.6] Pero en otro tipo de aplicaciones un par de piezas pequeñas que para mecanizar requería mucho esfuerzo y a su vez no soportaba grandes esfuerzos, sí que nos hemos animado a fabricar esas piezas en impresión 3D, creo que todavía ahí están, con sus imitaciones pero los requisitos de resistencia los cumplen de sobra. Se han utilizado... 2.79[6.4]. Nos ha facilitado un montón la fabricación del prototipo, hemos tenido que mecanizar menos piezas 2.80[6.5].
- 18) Estáis trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D: En el proyecto Ikaslab estamos diferentes centros. En este aspecto hemos ido un poco a nuestro aire, las cosas como son 2.81[9.5]. Hemos tenido la suerte de tener un Alumno, I.C., que este año monta empresa a través de Urrats Bat con el tema de impresión 3D 2.82[9.5]. El año pasado estuvo en Tumaker haciendo una formación dual 2.83[9.6]. Teniéndole a él, que se ha puesto muy al día en el mantenimiento y montaje de las máquinas, el conocimiento que tenía de las máquinas Tumaker nos ha venido muy

bien para progresar 2.84[5.2]. El proyecto principal es la empresa que ha formado él a través de Urrats Bat 2.85[9.5]. Nosotros tenemos intención de crear en la escuela un espacio para trabajar con fibra de carbono y creo que ahí se van a dar muchísimas colaboraciones entre la impresión y la técnica del carbono. Creemos que es un ámbito que hay que investigar y que hay que profundizar 2.86[10.1]. De hecho, internamente ya tenemos un par de cositas para hacer con los topógrafos para el dron de ala fija al que hay que hacer unas modificaciones... ¿Estáis trabajando con drones en topografía? Con los drones pasa lo mismo, están evolucionando muy rápido (...). A nivel interno hay dos colaboraciones con los drones en cartografía 2.87[9.1]. Creo que a nivel externo y con el tema de Tkgune también saldrán 2.88[9.5] [11.1].

19) Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades: Creo que hay algo con Tkanika. A nivel de proyectos lo de la quilla lo podemos dar por finalizado 2.89[9.5]. Creo que vendrán más parecidos al de la quilla 2.90[37]. Ahora estamos en un proyecto con una empresa que va a surgir para hacer fundas para instrumentos en fibra de carbono 2.91[2.2]. Vino a la escuela como proyecto Tkgune 2.92[9.5]. Ya se están mecanizando moldes para fabricar en carbono (las fundas de) violonchelo y acordeón, pero nos dimos cuenta de que para el violín, por las dimensiones que tenía la funda podíamos hacer molde impreso. Nos lo estamos marcando como objetivo para hacer las cascarras del violen en molde impreso en 3D. No es un molde mecanizado en resina. A partir de los ficheros de como tenían que ser las fundas se ha preparado el molde, se ha impreso en la impresora de gran formato, en este caso en tres partes, se ha emplastecido la junta, se han dado los recubrimientos para dar el carbono y el objetivo es que sean modelos finales, que las cascarrás de carbono del violín salgan de ahí. Hay un montón de incógnitas, cuánto va a durar un molde de plástico frente a uno de aluminio. No lo sabemos a ciencia cierta pero nos parece interesante investigar 2.93[6.4]. Reduciríamos un montón el plazo de fabricación del molde. De hecho, a la semana de tener el (fichero) ya teníamos el molde en plástico. Luego había que lijarlo, trabajarla, emplastecerlo. A los 10 días podía estar el molde preparado 2.94[11.1]. Eso es un ahorro de tiempo importante y un ahorro de dinero también. Podemos establecer que económicamente ha costado 5-6 veces menos y es mucho más ligero. Si sale bien la cascara inferior probablemente nos animemos también con la parte superior que geométricamente era más compleja 2.95[11.1]. El ahorro es considerable: En material sí. Frente a unos 1.500 € de coste de mecanizado de aluminio estamos hablando de 80 € de coste de material para el molde impreso más

lo que tengas que estimar de tiempo de fabricación y demás 2.96[8.2]. Es verdad también que el tiempo de preparación del molde impreso es algo mayor. Mayor que el tiempo de preparación en una máquina de control numérico: No, una vez de que tengo el molde para preparar las cascarás. El recubrimiento, el lijado, etc. da más trabajo 2.97[6.4]. Volvemos a lo mismo, si necesito un molde para hacer unas pocas cáscaras, probablemente me sale muchísimo más rentable imprimirla que mecanizarla 2.98[6.5]. Está también lo del tamaño, este molde que tiene 800 mm de largo hay que hacerlo en tres partes. Un molde de violonchelo sería imposible sacarlo en la impresora. Hemos visto que funciona y la cascará sale perfecta 2.99[6.4]. Tumaker hace un año no veía para que queríamos una impresora más grande, en este momento ya tienen en catálogo la impresora de gran formato parecida a la nuestra. En el mercado están saliendo impresoras de un metro por un metro 2.100[11.1].

20) Estás dando formación a empresas del entorno: Si 2.101[9.6].

21) Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas: Interés mucho 2.102[9.6]. Más que el interés el problema es: "yo para que quiero esto" 2.103[9.6]. No saben para qué lo pueden usar: Algunos sí, otros vienen por curiosidad. Igual en su ámbito no tiene gran aplicación la impresora 3D 2.104[9.6]. En el mundo de las estructuras metálicas, salvo para hacer alguna maqueta no le va a valer absolutamente para nada 2.105[6.5]. Nuestro reto es encontrar aplicaciones a la impresión 3D 2.106[7.1]. Los dos ejemplos que hemos comentado, tanto el de la quilla como el de los moldes son ejemplos interesantes de algo que ya se hace previamente como se puede hacer de una forma más barata y rápida 2.107[6.5].

ANEXO VII. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 3.

- 1) En qué nivel de enseñanza se emplea: En Grado Superior de Construcciones Metalicas 3.1[1.1].
- 2) Especialidades (alumnos) en las que se emplea: Se usa en la asignatura de Montaje 3.2[1.1]. Está relacionado con la soldadura y el montaje mecánico en base a atornillamientos.
- 3) Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando: Ahora mismo el departamento de soldadura 3.3[1.2].
- 4) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): 8 impresoras. Son impresoras que habéis montado vosotros a través de kits y aquí hacéis el montaje. Si eso es. Impresoras de gama profesional no tenemos, no nos da el presupuesto 3.4[3.3]. Estamos en Ikaslab pero no en el presupuesto de Ikaslab 3.5[9.5]. El proyecto lo teníamos antes de que surgiera Ikaslab. El primer año sí que nos dieron horas (lectivas) y dinero pero en el segundo año nos han quitado todo. Si se mantiene esto es por la directiva que ha decidido tirar para adelante 3.6[8.4].
- 5) Coste de las impresoras: No llega a 750€ cada una 3.7[8.1]. El consumible, ahora que compramos en Donostia nos sale algo más barato, 24 € por Kg. Antes los compraba por 30 € en internet 3.8[8.2]. Al ser para enseñar a los alumnos básicamente trabajamos con PLA que es el más barato. Tenemos otros materiales como el ABS o Nylon, pero cada uno tiene sus ventajas y desventajas por temperatura de impresión, por características mecánicas. Para este tipo de piezas y para que los alumnos aprendan con PLA es suficiente. Tenemos filamento de madera, de polvo de piedra, arenisca y el PLAflex con el que he realizado varias pruebas durante este año. Es flexible, es como si fuera de goma 3.9[6.2].
- 6) Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros): Vendría bien saber algo de dibujo en CAD 3D. El curso que hemos planteado para parados, de entrada, íbamos a dar en Solidedge solamente la parte de modelado 3.10[7.2]. Para el montaje de los alumnos, como lo tengo todo en Powerpoint paso a paso, no necesitan traer de antemano ningún conocimiento, ni de electrónica ni nada. El montaje mecánico es en base a tornillos y tuercas, y el

montaje electrónico es enchufar y listo. Luego está el tema del ajuste de las alturas, que vayan bien los motores, al lado correcto 3.11[7.2].

7) Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario: El tema de software les enseño yo desde cero 3.12[4.1]. Trabajáis con software libre: Sí. En 2-3 horas has aprendido lo necesario para imprimir. Si quieres entrar más a fondo con 4 horas sabes mucho 3.13[7.2].

8) Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo: Tengo un montón de Powerpoints del montaje, creo que son 12. Otras 4 de ajustes y curiosidades, en que hay que fijarse, que fallos pueden darse. La experiencia que tengo la he ido guardando en estos documentos. Luego tenemos otros dos Powerpoint del software para que tengan los alumnos algo a lo que agarrarse cuando tengan alguna duda, la configuración al final. Tengo también de escáneres y de ingeniería inversa 3.14[3.5]. Tenemos dos escáner, uno comprado y otro montado aquí junto con los alumnos 3.15[3.3]. Con una Kinect de Microsoft. Con un software libre que bajamos de internet, modificamos un par de cosas y escanea 3.16[6.3]. No es una maravilla pero para imprimir a estas escalas... Si quieres una pieza que va a ir en una máquina igual no sirve para nosotros para probar y que vean los alumnos que es un escáner ya vale 3.17[5.1].

9) Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca: Nuestro proyecto está enfocado a los alumnos, no estaba pensado para las empresas o hacer cursillos fuera del centro. A partir de ahí hemos podido abrirlo más, pero es para que nuestros alumnos salgan de aquí con un plus más en su currículu. Salen de aquí no sólo sabiendo usar las máquinas, si no montarlas desmontarlas y repararlas. El día de mañana cuando estas máquinas entren más en las empresas, necesitarán gente que las repare, no solamente gente que las ponga en marcha 3.18[7.1]. No son sólo para imprimir, sino también para el montaje y reparación: Sí. Las máquinas que tenéis las habéis montado vosotros a partir de kits: Sí 3.19[5.2].

10) Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad/nivel. En qué aspectos: Entra en la 3º evaluación de la asignatura de montaje en el que hay que realizar un proyecto de montaje de una estructura. En lugar de hacer una máquina grande o una estructura grande en el taller. Hacemos la

estructura de la impresora 3D y aprovechamos para montar la impresora como tal 3.20[3.2].

11) Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases: Yo creo que sí. A la hora de impartir trabajamos en los ordenadores, trabajamos aquí, el espacio físico varía 3.21[4.2]. La forma de impartir: yo les voy dando clase... pero este año se han implicado mucho y han buscado ellos sus videos 3.22[4.3]. Luego venían con lo que habían encontrado 3.23[4.1]. El año pasado no se habían implicado tanto. Yo les he visto bastante implicados. Viendo que el año pasado no conseguí toda la implicación que yo quería, este año les he machacado desde el principio 3.24[4.2]. Siempre intento que sean ellos los que vayan sacando cosas 3.25[4.1]. Desde el punto de vista de la empresa en el que tienen el material y tienen que montar respecto a este plano a, tenéis las impresoras (...) a partir de ahí hacéis vuestras piezas las que vosotros queráis o las que necesitéis. Si un poco distinto 3.26[4.2] (entiendo que hace referencia al cambio de metodología en el que el alumno es libre de elegir lo que hace).

12) En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales. Taller de calderería, taller de montaje: La industria, incluso la del metal, no sólo se usa el metal. Pueden utilizar estas impresoras incluso para los de fundición, hemos hecho moldes. Es una manera de que vean que se puede usar para otras cosas. Al final con esto, y más los chavales que son de Grado Superior, ven que pueden hacer el prototipo en tres dimensiones en plástico aunque luego el real se vaya a hacer en otro material 3.27[3.1]. A nivel de prototipo: Sí. En un principio a estas máquinas se les llamaba de prototipado rápido. Ahora ya se llaman de fabricación aditiva 3.28[0].

13) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso: Lo veo como cuando empezaron a entrar los robots de soldadura en los talleres. No estaba en todas las empresas, pero que los alumnos salgan con el currículo que ponga que saben robot de soldadura es interesante 3.29[7.1]. Hoy en día ya está metido en el DCB el robot 3.30[3.2]. ¿Puede ser la impresora un recurso que esté metido en el DCB en un futuro? Yo creo que debería estar, es más creo que deberían de venir con esto ya aprendido de la ESO o del bachillerato. De hecho hay países como EE.UU, Gran Bretaña y Japón que ya lo han introducido en una serie de estudios 3.31[7.4]. Les digo a los alumnos: cuando veáis que los niños japoneses construyen sus propios juguetes con impresoras 3D, empezad a temblar. No es sólo para nosotros. Si

empiezas desde pequeño pensando que es lo que quieras, cómo lo puedes conseguir 3.32[7.4]. ¿Necesito aprender un poco de dibujo? Pues lo aprendo. ¿Relacionado con el movimiento Maker? Sí. DIY es muy bonito 3.33[9.3].

14) Cuáles son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso: Tiempo y dinero. Dinero no tanto porque no he pedido demasiado. Las máquinas no son como en otros centros más caras, pero si tiempo. Para hacer más pruebas y cosas nuevas que tengo 3.34[5.2]. Cómo siete ideas de máquinas nuevas. Unas que ya existen para montarlas aquí, y otras que tengo en mente que sería una gozada montarlas porque no existen. Las que no existen son para metal, y una de las que existe es de fotopolímero. Unos chavales de Donostia montaron una que funciona mediante fotopolímeros que ya están libres en internet 3.35[11.2]. Dentro del movimiento para la organización de Donostía 2016, surgió en Tabakalera Irikilabs, y uno de los proyectos que salió se llamaba Irikizpi. Es una máquina que funciona con fotopolímero y luz ultravioleta que va calentando el material capa a capa y tiene un acabado muchísimo mejor 3.36[9.8]. Poder montarlo aquí por si vamos a trabajar con empresas ya que ofrece una precisión mayor sería importante 3.37[11.2]. Para todo eso necesito tiempo, estoy yo sólo con esto y con el dinero y las horas que me da el centro que me quita de guardias y de poco más. Yo tengo mis clases luego 3.38[8.4].

15) Qué formación ha sido necesaria para el profesorado: Meter muchas horas y mucho internet. Entiendo que cuando entras en un proyecto como en este caso que lo propuse yo, vas a meter horas 3.39[5.2]. No es lo mismo que el centro o Gobierno Vasco te de horas y luego metes un poco más en casa que tener que meterlas todas de tu tiempo libre 3.40[8.4]. Hay mucho voluntariado en esto: Sí. Y más que nos gustaría pero no da. Tengo materiales para hacer más pruebas pero no he podido. La máquina delta la monté con los alumnos y no le hemos dado mucho uso porque tiene una configuración distinta. Si me metía con eso no estábamos con las otras y la he tenido que dejar hasta ahora que ya no estoy con los alumnos para hacer las pruebas. Pero ya no me sirve para los alumnos que ya se han ido. Me servirá para otros cursos 3.41[5.2].

16) Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D: Dos cursos. El curso pasado estuve las dos primeras evaluaciones preparando el material y la tercera evaluación ya las montamos con los alumnos. Horas un montón

3.42[5.2]. ¿Es esto algo que puedes hacer en un mes? Si estás a ello sólo... tampoco. En una evaluación si estás trabajando a ello, preparar el material para impartir las clases, preparar las máquinas y todo eso en una evaluación ya se podría. Date cuenta de que para enseñar a ellos tuve que montar antes. Tuve que montar la máquina para ver cómo funcionaba, sacar las fotos para montar el Powerpoint.

17) Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red: De todo. Cuando les enseño el manejo, les enseño que pueden conseguir las piezas desde un CAD, los repositorios de internet que vemos varios, y desde los escáneres. Tratamos de trabajar las tres vías 3.43[2.1] [7.1].

18) Estáis trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D: Como tal no. Yo doy las charlas a otros cursos de otras especialidades a los que sólo les enseñamos (mostrar la impresora y sus posibilidades). El año pasado se dio a todos los cursos pero este año no ha habido tiempo para todos 3.44[9.1]. Les comento varios ejemplos de hacer piezas para luego venderlas por internet 3.45[4.1], los que pintan piezas... Como tal no tenemos, nadie se ha animado a ello 3.46[0]. Tenemos un cursillo preparado para el curso que viene con la mancomunidad para dar a parados. Ese sí que está enfocado a montar empresas desde ahí. De hecho uno de los bloques lo tiene que dar un profesor de FOL 3.47[9.1][9.5]. (...)

19) Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades: Hemos hecho piezas para empresas: Copreci, CVL. Unos han quedado más satisfechos y otros menos. No porque no les gusten las piezas, el objetivo era ver si a ellos les merecía la pena invertir en esta tecnología. Si instalaban una impresora nosotros podríamos darles un curso a los usuarios que fuesen a utilizar las máquinas. Unos han visto que era demasiado. ¿Demasiado pronto para la tecnología? Sí. O que no conseguían las calidades que buscaban. Todo eso hemos empezado este año. Teniendo más tiempo o personas trabajar más el tema de las empresas, pero como ando yo sólo... 3.48[9.6] Para nosotros también para conseguir un incentivo económico para invertir en las propias máquinas 3.49[8.4]

20) Estáis dando formación a empresas del entorno: No. No ha salido ninguno 3.50[9.6].

21) Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas: Hemos hecho piezas que nos han mandado. En muchos casos ven y oyen que se está trabajando con esto, y les viene bien que nosotros lo tengamos para venir y ver que es, que piezas sacan (...) por curiosidad y para ver si les merece la pena. De Fagor Automatización también vinieron y tenía entendido que ellos ya tenían una impresora. Les hicimos una pieza y ahí quedó la cosa 3.51[9.6].

Las impresoras profesionales existen desde hace muchos años, lo único que por precio ha sido prohibitivo. Según el rendimiento que le vayas a sacar. Si vas a hacer una pieza al mes no te vas a gastar 20.000-30.000€ en una piececita 3.52[0].

Cuál es el software que usáis: Básicamente el Netfabb para colocar, reparar, girar, escalar. Muchas piezas por su forma no se pueden imprimir bien, merece la pena cortarla imprimir en dos piezas y luego encollarlas. Para la configuración de la impresión utilizamos el slic3r . Les enseño también el Cura que es más sencillo y tiene bastante más posibilidades. En el CAD usamos el Solidedge 3.53[6.1]. Tenemos un convenio con ellos a través del Gobierno Vasco 3.54[9.5]. (...)

Quién es el fabricante del kit: Se lo compro a Fundació CIM, que es de la politécnica de Barcelona. Es un diseño de ellos (...) Esta es una BCN3D y esta otra una BCN3D plus. Parecen iguales pero a la hora de montar tienen bastantes diferencias. (...) Los extrusores antiguos eran de 0,5 ahora son de 0,4. Se supone que tendrá más precisión. Esa otra es una BCN3D delta, es otra curiosidad. Vienen con doble extrusor para trabajar con dos materiales o dos colores distintos 3.55[6.3]. Con dos materiales tienes que trabajar con 2 temperaturas distintas y la cosa se complica mucho 3.56[6.3]. También tienen extrusores para comida, para pasta de chocolate, pastas de azúcar 3.57[6.3]. Son cosas que vendrían bien que conozcan los alumnos, montarlas aquí y ver cómo funciona 3.58[4.1]. Tenemos un ciclo de Atención Domiciliaria. Podríamos trabajar con ellas sobre esos temas. Son moldes que se les ha hecho a ellas para hacer galletas 3.59[9.1].

(...)

Y la implicación de los alumnos: Es importante. Si se implican una evaluación se hace corta. Querían hacer más. En un momento estaban todas las máquinas en marcha y no puedes imprimir más. Iban preparando en el ordenador pero hasta el día siguiente no se podía poner 3.60[4.3].

ANEXO VIII. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 4.

- 1) En qué nivel de enseñanza se emplea: La impresora se emplea con los alumnos de ciclo superior 4.1[1.1].
- 2) Especialidades (alumnos) en las que se emplea: La especialidad en la que se emplea es Programación de la Producción en Fabricación Mecánica 4.2[1.1]. Se ha organizado una jornada para todos los alumnos de la escuela en el que se les ha mostrado las posibilidades que ofrece y cual el su manejo pero sin hacer uso de ellas 4.3[7.2]. Los electrónicos de grado superior, además de esta jornada han recibido un curso para aprender su manejo 4.4[7.2].
- 3) Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando: Principalmente el departamento mecánico pero el resto de los departamentos también hace uso de él. Estos departamentos son: Frio-calor y mantenimiento 4.5[1.2].
- 4) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): Cuentan con una Stratasys con marca HP 4.6[3.3] de hilo con capacidad para filamento y soporte. El resultado final es de un solo material aunque puede imprimir soporte que luego se desecha 4.7[6.3]. El centro además posee 5 impresoras Tumaker, dos de ellas preparadas para imprimir en dos materiales 4.8[3.3]. Estas últimas dan más posibilidades en cuanto a materiales ya que el segundo material puede ser un material definitivo con lo que pueden imprimir piezas de dos materiales 4.9[6.3].
- 5) Coste de las impresoras: El coste de compra de las Tumaker ronda entre los 1.000 y 1.500 € 4.10[8.1]. Una máquina nueva de Stratasys similar a la que tienen ronda entre los 15.000 y 20.000 € 4.11[8.1]. En ambos casos el precio varía en función de los accesorios que se incorporen a la impresora 4.12[8.1]. En cuanto al filamento consumible, un rollo para la Tumaker cuesta 30 € con un contenido aproximado de 1.000 cm³. Mientras que un rollo de filamento para la Stratasys de 650 cm³ cuesta 200 €. La Stratasys requiere además una placa soporte nueva por cada impresión que cuesta 5 €. 4.13[8.2]
- 6) Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros): Con tener conocimientos de informática a nivel de usuario es

suficiente. Es un recurso que lo puede usar cualquiera 4.14[7.2]. Los programas que están usando son Inventor y Solidedge para el diseño, Cura para establecer las características de la impresión y generar el código G, y Repetier para enviar el código G a la impresora 4.15[6.1].

- 7) Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario: Para el correcto manejo de las impresoras tienen estimado un curso de 12 horas que incluye el uso de las dos impresoras y el escáner 4.16[7.2].
- 8) Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo: Tienen una documentación preparada para el curso de 12 horas que han impartido 4.17[3.5].
- 9) Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca: Conocer una tecnología nueva. Hasta ahora se diseñaba y se imprimían los diseños en papel. Al proceso de diseño ahora añadimos la impresión 3D que ofrece al alumno la posibilidad de ver físicamente lo que ha dibujado facilitando su revisión para mejorar el diseño 4.18[7.1].
- 10) Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad/nivel. En qué aspectos: Para el DCB de mecanizado está relacionado a nivel de concepción de diseño y prototipado que une el diseño con la fabricación industrial. Además, es una realidad tecnológica que no podemos dejar de lado 4.19[3.2].
- 11) Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases: No ha supuesto un cambio en la metodología de trabajo, sólo se ha añadido un paso más en el proceso de fabricación 4.20[4.2]. La posibilidad de ver fabricada la pieza que ha diseñado es un elemento de motivación para el alumno. Lo asume como un reto 4.21[4.3].
- 12) En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales: taller de mecanizado, taller eléctrico/electrónico: Supone otra forma de fabricar piezas que antes se hacían por mecanizado. Se está usando cada vez más en multitud de sectores 4.22[3.1].

13) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso: Llevan un año trabajando con el recurso y son múltiples las opciones que ofrece, cada vez se usará más 4.23[11.2]. La fiabilidad de las máquinas Tumaker será un campo a trabajar 4.24[5.1].

14) Cuales son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso: Ninguna más que las propias de la logística (espacio, instalación del cableado, cercanía a los ordenadores, etc) 4.25[5.2]. Es necesaria un aula mixta teórico-práctico donde las impresoras y los ordenadores para el diseño estén juntos 4.26[3.4].

15) Qué formación ha sido necesaria para el profesorado: 12 horas de formación por parte de la empresa Tumaker más otras 12 horas por parte de la distribuidora de Stratasys 4.27[7.3].

16) Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D: Los comienzos han sido problemáticos con las Tumaker 4.28[5.1]. Se atascan con facilidad y necesitan hacer un buen ajuste previo 4.29[5.1]. Para ello es necesario contar con experiencia previa de un curso escolar aproximadamente 4.30[7.3].

17) Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red: Se imprimen piezas de diseño propio 4.31[2.1] desarrolladas en Autodesk Inventor 4.32[6.1], y piezas descargadas desde internet 4.33[2.1].

18) Estáis trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D: El ciclo de Programación de la Producción en Fabricación Mecánica termina con la elaboración de un proyecto. Este curso se han desarrollado tres proyectos: bebedero de agua para perros, bloque motor con la transmisión cinemática entre cigüeñal y pistones que convierte el movimiento lineal en circular, y un escanciador de sidra 4.34[2.2].

19) Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades: Junto con Tknika se han diseñado los toletes de las traineras 4.35[9.5] y varios componentes para una empresa dedicada a la fabricación de válvulas 4.36[9.6].

20) Estáis dando formación a empresas del entorno: Si. Dos cursos para empresas y tres para profesorado 4.37[9.6].

21) Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas: Hemos realizado una maqueta para un estudio de arquitectura. Tenemos conocimiento de que en Alemania se están fabricando moldes para inyección de plástico, que hasta ahora se han fabricado en acero, en materiales plásticos mediante impresoras 3D 4.38[6.5].

ANEXO IX. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 5.

- 1) Que es Ikaslab: En Tknika se creó este proyecto sobre las impresoras 3D por una tecnología que viene muy fuerte con un gran desarrollo en los últimos años 5.1[11.1]. Lo que queremos es que la Formación Profesional incorpore esta tecnología cuanto antes. Para ello se han creado las aulas laboratorio Ikaslab en 15 centros además del de Tknika, para desarrollar aplicaciones en torno a esta tecnología, y junto con el equipamiento que tenemos aquí para dar una respuesta a los proyectos que surjan en los centros y en las empresas 5.2[7.1].
- 2) Lo que se hace en Ikaslab es experimentar con estas máquinas: En cada centro hay un laboratorio Ikaslab y pueden acceder a él desde diferentes módulos y pueden utilizar las máquinas en los diferentes proyectos de mecánica o electrónica que puedan tener 5.3[1.2].
- 3) Me has comentado que vuestro objetivo era usarlo como recurso transversal tanto para electrónica como para mecánica: En estos momentos es un departamento el que lidera la promoción del laboratorio en cada centro, pero es verdad que queremos que el laboratorio sea independiente y que el acceso a él sea desde todos los departamentos 5.4[1.2] [9.1].
- 4) Cuál es la relación que tiene Tkanika con los centros que cuentan con Ikaslab. Transferís un conocimiento desde aquí a los centros: Lo que hemos hecho aquí es experimentar con la aplicación 5.5[7.1]. La aplicación llega a veces desde los centros y otras veces desde las empresas a través de consultas. Esta tecnología está creando mucha curiosidad y necesidades también, y vienen empresas con solicitudes de servicio. A todos ellos les damos respuesta probando las aplicaciones 5.6[9.6]. Hay mucho trabajo por realizar respecto a esta tecnología, todavía está por hacer el camino que nos lleva a las empresas. Hay que hacer un desarrollo en ese sentido 5.7[11.1].
- 5) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): Tenemos una Tumaker Voladora que es la que se usa para practicar en los laboratorios Ikaslab tanto por profesores como por alumnos. Y luego tenemos las máquinas profesionales para piezas finales o para los que vienen de empresas con una calidad suficiente para enseñárselo al cliente. Son dos Stratasys una HP 5.8[3.3]. Con ellas conseguimos otra calidad en las piezas 5.9[5.1]. Son todas

de tecnología FMD 5.10[6.3]. Consiste en un filamento que pasa por un cabezal que lo calienta y lo va extruyendo capa a capa. Un aspecto que tienen todas en común es que van creando la pieza capa a capa. Existen diferentes tecnologías: resinas que se curan con ultravioleta, polvo que se va juntando mediante laser 5.11[6.3]. Dos de ellos con ABS y los otros dos con múltiples materiales. Puede imprimir en policarbonato, ASA, nylon y elastómeros 5.12[6.2]. Tenemos también un escáner. Tenemos dos opciones para generar piezas: Dibujar en CAD o ingeniería inversa que parte de piezas ya existentes. La pieza escaneada se puede imprimir directamente o se puede transformar en CAD para obtener una pieza diferente que es imprimible. Un tercer modo de imprimir piezas es descargándola desde internet. Suelen ser juguetes u objetos para el hogar 5.13[6.4]. En el entorno industria no se descargan piezas, lo normal que se dibujen 5.14[2.1].

6) Estáis en relación con el movimiento Maker:

El mundo Maker es parte de la tecnología. Es en parte culpable de promocionar esta tecnología. Hacen sus desarrollos y aplicaciones y hay que tenerlos en cuenta. No es una cosa de frikis. Las empresas más grandes del sector los están vigilándolos. Por ejemplo, Makerboot lo compro la principal empresa del sector. El movimiento Maker no es una tontería, no son un grupo de frikis y hacen cosas serias 5.15[9.3].

7) Cuanto tiempo habéis necesitado para poner en marcha el proyecto. Desde que se tomó la decisión hasta que se puso en marcha: Lleva en marcha un par de años. Comenzó su desarrollo durante el 2014 (otros entrevistados hacen referencia a 2013) y hasta ahora. Ha sido progresivo, no se han puesto en marcha todos a la vez, el avance ha sido diferente en cada centro. Algunos ya están dando servicio a las empresas y otros acaban de ponerlo en marcha. Todos van por buen camino y tienen en común que están muy interesados en el tema 5.16[9.5].

8) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso:

De cara al futuro, aunque la tecnología tenga más de 20 años, para el gran público, o a nivel industrial no está muy desarrollada, ahí hay un campo de trabajo enorme. Se dice que las grandes empresas comprar estas máquinas no sólo para aplicaciones concretas sino también para experimentar con las opciones que ofrece. Queda mucho trabajo por hacer y seguro que saldrán múltiples aplicaciones nuevas. Primero hay que dar a conocer la tecnología, a las pymes llega más tarde y hay que hacer ese trabajo. A nivel de aplicaciones hay que probarlo y buscar nuevas aplicaciones 5.17[11.1].

ANEXO X. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 6.

- 1) En qué nivel de enseñanza se emplea: Se emplea tanto en Grado Medio como en Grado Superior, y lo implementamos en todos los proyectos de final de módulo que se hacen con los de Grado Superior 6.1[1.1]. Los de Grado Medio lo tocan un poco para hacer prótesis de mano para el proyecto Enabling the Future 6.2[1.1] [2.1]. Los de grado superior son los que lo utilizan más que nada para introducir algo en su proyecto de fin de curso algo que esté fabricado en la impresora 6.3[4.1]. Esto en lo que respecta a nuestro centro, pero estamos trabajando en un proyecto a nivel nacional y sabemos que en otros centros se está implementando desde la ESO hasta las universidades 6.4[9.2] [9.7].
- 2) Especialidades (alumnos) en las que se emplea: En el centro, de todos los departamentos que hay, son 7... 6.5[0] En Easo, un centro de Donostia, creen que es un tema transversal, como tema transversal que mejor que trabajar con FOL 6.6[9.7]. Nosotros sólo trabajamos desde el departamento de electrónica 6.7[1.2], nos está costando que otros departamentos entren, pero se espera que sí 6.8[9.1].
- 3) Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando: Desde el proyecto Ikaslab siempre se ha querido que las impresoras entraran en el centro desde un departamento 6.9[9.5]. Ese departamento se encargará luego de dar formación a los demás departamentos para que vieran posibilidades de implementación cada uno en su área. Se han hecho dos cursos (para profesorado) y alrededor del 60% de los profesores saben imprimir en 3D. Se ha hecho un esfuerzo, se han hecho dos cursos y los profesores son bastante habilidosos 6.10[9.1].
- 4) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): No disponemos de ninguna impresora profesional por que no llega (el presupuesto) todas las que tenemos son estilo Maker 6.11[3.3]. Que quiere decir esto de Maker: las impresoras llevan en la sociedad alrededor de 30 años, por tema de patentes no eran permisibles para una empresa media, sólo la tenían empresas muy potentes tenían su impresora que imprimía a la perfección. Ocurre que esas patentes han saltado, y al saltar esas patentes hubo un polaco, Josef Prusa creo que se llama, que desarrolló su impresora. Partiendo de esa impresora se ha ido ramificando con impresoras que fabrican impresoras. Esa tecnología que desarrollo Prusa, al ponerlo en la red abiertamente, Open Source, se ha ido

mejorando, ha habido personas que lo han mejorado. Hay empresas que cogen todas esas mejoras que hay en la red y las han tuneado. Las Tumaker que tenemos aquí son Prusas tuneadas. Lo han puesto bonito y lo venden 6.12[9.3]. Diferencias: una Prusa que tu puedes comprar pieza por pieza supone un tiempo brutal. Lo hemos hecho una vez y nos hemos olvidado 6.13[5.2]. Te puede salir por unos doscientos euros. Luego hay empresas que venden kits que cuestan unos 400 €. Esta por ejemplo cuesta 1.500 € (Tumaker), esta tuneada, todas las impresoras que tenemos son Prusas Tuneadas. Las Tumaker son las típicas que se emplean en la Formación Profesional porque hubo una ayuda a 14 centros y se pensó en dar una opción a Tumaker 6.14[9.5]. Pero hoy en día no hay mucho interés en continuar con ellos 6.15[9.4]. Al tener la misma tecnología con diferentes fabricantes hemos visto que hay fabricantes que imprimen mejor 6.16[5.1]. Ahora estamos en una Prusa i3, empezó por una Prusa i1, luego i2 e i3. Las mejoras que se van implementando a estas impresoras son brutales 6.17[10.2]. Este por ejemplo el extrusor lo tiene atrás, se sabe que es un error, el extrusor (el elemento que empuja al filamento) debería estar sobre el cabezal de extrusión. Parece que son tonterías pero se nota en la calidad de lo que imprimes. Hay que hacer fuerza con el plástico y hacerlo cerca o lejos es diferente. Las dos son Prusas i3 pero cambiar cosas como esta que varía mucho en el resultado 6.18[6.3]. El hecho de que estén cerradas o no: Esta es una Tumaker V1 y esta V2. Si te fijas en estas piezas, estas son impresas y estas otras son de aluminio. Son mejoras que cada empresa le hace a sus máquinas 6.19[10.2].

5) Coste de las impresoras: El material se vende por kilos. Se venden bobinas de kilo y es otra de las ventajas de esta tecnología "doméstica". Cada rollo cuesta 27 €, 24 €, 25 € según qué tipo de filamento uses 6.20[8.2]. Hay filamentos de material flexible, otros de madera, ahora han sacado de nylon. Se puede imprimir en nylon 6.21[6.2]. Segú que quieras imprimir tienes un tipo de filamento con un precio diferente 6.22[8.2]. Con todas las impresoras que tenéis... Aquí hay 7. Si los alumnos se ponen a usarlas todas a la vez habrá un coste considerable: No es muy alto, es asumible. Una bobina da para mucho 6.23[8.2].

Estas son tecnologías muy Maker 6.24[9.3]. Hay otras impresoras que usando la misma tecnología te obligan a usar sus cartuchos. Te ponen un chip de forma que sólo puedes utilizar sus cartuchos. No hay opción a utilizar un cartucho diferente 6.25[6.3]. Vendrán la impresora por 800 € pero luego sólo puedes usar sus cartuchos, No hay opción a utilizar un cartucho diferente. Cada cartucho cuesta 45 € 6.26[8.2]. En el caso de las profesionales, una impresora que cuesta 300.000 € el

cartucho cuesta 800-1.000 € 6.27[8.2]. Para las impresoras de DLP, había una de Eraikizpi en la jornada del sábado, 200 gr de material pueden costar 5.000 € 6.28[8.2]. Será caro hasta para la industria: Para la industria de la joyería no. Y lo están usando 3.29[6.5]. Ahora nos estamos moviendo con impresoras de juguete, pero hasta ahora eran impresoras muy profesionales. Ahora a todas las profesionales les hemos quitado un cero por la derecha. Pero hasta hace poco se pagaban unas barbaridades 6.30[10.1]. En Easo creo que tienen una DLP (de fotopolímero). Creo que pagan 800 € por kilo de resina 6.31[9.7] [8.2].

- 6) Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros): Ya respondido
- 7) Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario: Llevo un año y todavía estoy aprendiendo 6.32[5.2]. Cómo se usa el software y cómo se usan las impresoras en 2 o 3 horas lo manejan 6.33[7.2]. Para conseguir una calidad buena de impresión hay que experimentar, hay que meter muchas horas. Cuantas no sabría decirte, pero muchas 6.34[5.2].
- 8) Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo. Todo ese konwhow lo habéis documentado para que el que venga por detrás en vez de pasarse un año haciendo experimentos, tenga ya un manual que seguir: No 6.35[3.5]. Los parámetros para cada tipo de material sí que hemos documentado 6.36[3.5]. El knowhow depende de la mano que tenga cada uno. Es cuestión de práctica. Para sacar buena calidad necesitas práctica 6.37[7.3]. Por ejemplo el material flexible: Tenemos una impresora preparada y calibrada para material flexible, no puede hacer movimientos bruscos, tienen que ser más fluidos 6.38[6.3]. Nos ha costado calibrar pero ya está calibrada para ese material y punto 6.39[5.2]. Las profesionales son muchísimo más sencillas para usar. Meto la pieza que quiero imprimir, pulso un botón, y me sale perfecto. El knowhow es cero 6.40[5.1]. La calibración la hace la máquina. Tiene sus valores sus medidas, le metes la pieza y te lo hace todo ella 6.41[6.3]. Por eso se pagarán más: Claro.
- 9) Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca: Preparar profesionales para la nueva revolución en la que se van a encontrar la sociedad y las empresas; la industria sobre todo 6.42[7.1]. El año pasado estuvimos formando alumnos y este año hemos mandado a 4 alumnos

en formación dual a trabajar con esta tecnología 6.43[9.6]. Este año hemos ofertado un servicio gratuito para empresas de impresión 3D para que las empresas fueran conociendo 6.44[9.6]. En el tejido empresarial vasco la mayoría de las empresas son Pymes y estamos intentando buscar que la empresa no pierda el tiempo intentando entender esta tecnología, nosotros se la tenemos que hacer atractiva. Lo que hemos ofrecido es: ¿Qué es lo que quieras? "Quiero la pieza en tres dimensiones" Mandan la pieza, quedamos con él y le damos la pieza 6.45[9.6].

Todo esto nos lleva a que intenten cogernos alumnos de prácticas, que implementen esta tecnología válida para ellos y válida para nosotros para que podamos enganchar alumnos en empresas 6.46[7.1] [9.6].

10) Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad/nivel. En qué aspectos: (Risas) No pero lo hemos forzado en el currículo. Lo tenemos enfocado como un recurso productivo. No como un recurso transversal como se ha comentado anteriormente 6.47[3.2].

11) Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases: El cambio de metodología ya lo hemos hecho antes. La nueva metodología ETHAZI consiste en trabajar por proyectos. Lo único que hemos hecho ha sido implementar las impresoras al cambio de metodología que ya estábamos realizando. Trabajar por proyectos supone un cambio total en la forma de impartir las clases. Lo único que hemos hecho ha sido añadir las impresoras a lo que estábamos montando 6.48[4.2].

12) En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales: taller de mecanizado, taller eléctrico/electrónico:

Al final, en el mecanizado está claro, el material es más caro. Hacer un molde o figura que necesitas, hacerlo en un taller de mecanizado te sale más caro 6.49[3.1]. Tienes que diseñar la pieza, mandarlo al taller y que te lo devuelvan, si no funciona volver a diseñarlo. Aquí en cambio, diseñas la pieza y la imprimes. Pude tardar 4-5 horas, pero ya no son los días que tardaría un taller de mecanizado, lo tienes al momento, lo testeas, no te vale, lo tiras y vuelves a imprimir con unas modificaciones. Lo vuelves a testear, te ahorras un montón de tiempo. Cuando tengas la pieza definitiva lo mandas al taller de mecanizado y sabes que sólo te va a costar una vez 6.50[6.4]. Sería a nivel de prototipado o testeo: Según para que lo necesites. Si la pieza terminada puede ser de plástico puede ser definitivo también,

pero todavía sale algo más caro. Prototipado también, es totalmente para prototipado 6.51[6.5].

13) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso:

Yo soy escéptico. Cada vez que oigo de dentro de unos años todos tendremos una impresora 3D en casa, yo todavía no veo la parte práctica para tenerlo en casa 6.52[11.1]. De cara a la industria veo unas posibilidades brutales. Sobre todo de acortar tiempos para todo 6.53[11.1].

14) Cuáles son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso. Que le dirías a un profesor que empieza el curso que viene. En septiembre empieza a trabajar con las impresoras 3D con los alumnos: Que se lo tomará con paciencia. Primero que pase un año él sólo hasta dominar el recurso 6.54[5.2]. Al final esto no es nada profesional 6.55[6.3], son máquinas hechas por unos críos, si ves a los que lo hicieron son unos críos 6.56[0]. Imprimen bien. Dan una buena calidad si metes horas. Pero no te puedes lanzar a la piscina con los alumnos cuando tú todavía no eres capaz de conseguir una buena calidad 6.57[7.3]. Se atasca, estamos hablando de que el plástico se derrite a 220°C de media, si hay se hace un bollo, tienes que aprender a soltar todo, desatascar, limpiar... Utilizar al final acetonas, líquidos corrosivos que hay que saber manejarlos 6.58[5.1]. No es como las profesionales que les das a un botón y las olvidas 6.59[5.1]. No es como una pizarra digital o tablet que se puede incorporar en muy poco tiempo: Esto es mucho más complicado 6.60[5.1].

15) Qué formación ha sido necesaria para el profesorado: Recibimos un curso de Tumaker que no valió para nada 6.61[7.3]. Más que nada hemos aprendido con una lista de correos que existe en la red de un grupo que se llama Clone Wars 6.62[9.3]. Este grupo viene de un grupo mayor, mundial, que se llama Reprap. Reprap es un grupo que nació a través de Josef Prusa basada en la replicación (de impresoras), los problemas y sus soluciones. Aquí, Juan González conocido como Obijuan, fue el primero que trajo una impresora 3D a España y creó la versión española de Reprap: Clone Wars 6.63[10.1]. Hay días que recibo 2, 3, 1 correo sobre temas que se han hablado el día anterior, de problemas que tiene la gente, cosas nuevas que se proponen sobre nuevos filamentos que se inventa uno, intentar juntar gente para realizar una compra en estados unidos, y proponer mejoras. Se junta la parte electrónica (Arduino), mecánica, química. Alguien que sepa de todo es muy difícil, necesitas apoyos. Tú puedes proponer una mejora y a su vez necesitas a

alguien que sepa de electrónica que te pueda ayudar. Se trabaja mucho en esa línea. Para entender bien cómo funciona el Clone Wars necesitar andar unos días 6.64[9.3].

16) Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D: Ponerlas a imprimir es muy sencillo. El problema viene cuando vienen los problemas 6.65[5.2]. Hasta que te sientes con confianza como para traer los alumnos aquí y ponerlos a trabajar: Un año sí 6.66[5.2]. Un profesor que llevaba un año antes que yo, ha montado 4 impresoras con los alumnos. Ha comprado 4 kits y los ha montado junto con los alumnos 6.67[5.2]. No es llegar a entender cómo funciona, tienes que montarla. Al montarlas has encendido el gusanillo a los alumnos y luego ha ido todo rodado 6.68[4.1] [4.3]. Creo que al final más de un alumno ha terminado comprando la impresora que ha montado él, para llevarlo a casa 6.69[4.3].

17) Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red: De todo, hacemos de todo 6.70[2.1]. Muchas veces vienen alumnos del departamento de mecánica que necesitan una pieza, pues hacemos trabajo interdepartamental, que nuestros alumnos impriman las piezas que necesitan los de mecánica 6.71[9.1]. Un electrónico que sepa diseñar piezas, o haces el curso de Freecad que tiene Juan González (obijuan) que es una maravilla, porque yo he aprendido así 6.72[9.3]. Ahora estamos intentando enganchar a los alumnos a hacer un el curso que es mediante microtutoriales 6.73[7.2]. Los alumnos están dispuestos a venir durante el verano: Los alumnos, durante el curso, han estado viniendo todas las tardes. Hemos conseguido enganchar a los alumnos por ejemplo con las prótesis de las manos, fuera de horario (lectivo), 2-3-4 horas, si no pueden venir no pasa nada, pero han tenido una participación... No me atrevería a decirte de cuantas horas. El recurso tiene de cara a la motivación una componente muy importante: Mucho 6.74[4.3]. La verdad es que lo que les ofrecimos a ellos está muy bien. Ellos (alumnos) han ido a Málaga, al Malagabot, que es un concurso de electrónica y se han dedicado a dar charlas. Han ido como expertos: Charlas que están grabadas y nos sacarían los colores a muchos de nosotros, a mí por ejemplo 6.75[9.2]. Con que CAD estáis diseñando: Trabajamos en FreeCAD. Somos electrónicos 6.76[6.1]. (...) Es lo que nuestro gurú Juan González nos ha enseñado. Los microtutoriales son de 7 minutos. La segunda temporada ya ha hecho 18 microtutoriales de la primera temporada hay 40. Tutoriales de 7-9 minutos que va

parte por parte explicándote cómo funciona un programa de diseño. Así aprenden nuestros alumnos 6.77[3.5].

18) Estás trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D: Sí. Este año nos presentamos a unas becas o ayudas, proyectos educativos del ministerio de educación. Sacamos la mejor puntuación a nivel estatal 6.78[9.2]. Entre 14 centros tuvimos una ayuda de 150.000€ en total. Salen unos 15.000 € por centro 6.79[8.4]. El proyecto se llama Gutenberg 3D. Con ese dinero hemos trabajado mucho entre centros, mucho trabajo colaborativo, hemos ido a Olot, Zaragoza, Málaga 6.80[9.2]. Lo hemos utilizado con los alumnos que trabajaban por la tarde y mostraban mucho interés. En qué consiste el proyecto: Estamos ya a mitad de camino. Lo que queremos es que desde Orihuela o Málaga se pueda controlar una impresora de Don Bosco utilizando una Raspberry Pi. Otra es Enabling the Future que se ha trabajado con Orihuela. Con otro centro se ha trabajado en realizar prótesis para personas del tercer mundo. Se han diseñado hormigueros para que un centro pudiera... Ellos tenían hormigueros de arena pero los querían fabricados en 3D y hemos hecho una parte del diseño en cada centro, lo hemos juntado y ha quedado muy chulo 6.81[9.2]. ¿Departamentos? Desde biológica para hacer hormigueros, mecánica, electrónica. Puedes abarcar lo que quieras, hay que buscarle la aplicación 6.82[9.2]. Otros centros están muy centrados en el diseño mecánico: La mayoría cree que sólo tiene apartado mecánico, pero están equivocados 6.83[9.7].

19) Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades. Entidades que no sean centros: Si, un montón de empresas. Este año hemos estado ofertando a diferentes empresas 6.84[9.6]. Con los bomberos de Guipúzcoa hemos intentado hacer un proyecto que al final no ha podido ser 6.85[9.6]. Seguimos trabajando en ofertarlo. Ya hemos dado el primer paso y estamos esperando a que las empresas nos manden los ficheros 6.86[9.6]. Creo que este año hemos trabajado con 8-9 empresas en diferentes proyectos 6.87[9.6].

20) Estás dando formación a empresas del entorno: Sí. A las tardes este año se han impartido 2 cursos al que ha venido gente de todo tipo. Desde parados y militares, hasta guardias civiles. Con mucho interés. 6.88[9.6] (...).

21) Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas: Lo que quieren son prototipados 6.89[9.6]. Ahora mismo estamos

trabajando con Urpa Plast que consiste en crear una boyas en una medida 6.90[9.6]. Querían al principio en una escala 1:1. En estas (Tumaker) no se podía hacer por altura y sólo se podía hacer en una profesional. Sólo el material salía por 2.500 €, sin las horas de trabajo y demás costes. Se ha tomado la decisión de hacerlo a escala y hacerlo en una máquina de estas que sale muchísimo más barato 6.91[6.4]. Desde boyas a un nuevo sistema flexible de aparcamiento de bicis, como el plástico es flexible para que pudiera apoyar la bici sin que rayara la bici. Para remo también. Hemos hecho unos topes 6.92[9.6].

Si quieres comentar algo más: Se están creando en estos momentos muchas empresas de polímeros. Uno de los últimos que han sacado ha sido la impresión en Nylon. Una buena calidad les está costando pero lo que consiguen está muy bien 6.93[6.2].

ANEXO XI. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 7.

- 1) En qué nivel de enseñanza se emplea: Durante el curso 2014-2015 ha habido dos fases a distinguir, una la implantación del sistema en principio a los docentes, se han elegido diferentes tipos de máquinas, se han analizado, para ver que fallos tienen, se ha intentado compartir los conocimientos que tenemos a nivel de profesores. De enero en adelante se ha intentado ampliar esa formación a los alumnos 7.1[5.2]. A nivel de todos los ciclos se ha hecho una jornada de puertas abiertas con todas las clases 7.2[7.2] y luego han participado específicamente los alumnos de diseño montando dos máquinas de la empresa Sicnova , del modelo Prusa i3. Con el objetivo de que ellos conocieran la máquina y transmitieran su conocimiento a sus compañeros, e intentaran fomentar la impresión 3D entre ellos 7.3[4.1] [4.3]. Puntualmente también en ciclos de mecatrónica y diseño integrados en el sistema de enseñanza ETHAZI han imprimido parte de los proyectos que se han desarrollado, una parte pequeña de los proyectos 7.4[2.2]. Esto es en lugar de mecanizar piezas se están imprimiendo: en una pequeña parte.
- 2) Especialidades (alumnos) en las que se emplea: Respondido en la anterior pregunta.
- 3) Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando: Sobre todo en el departamento de mecánica 7.5[1.2]. En el departamento de electricidad y automatismos ha habido alumnos que por iniciativa propia, pidieron utilizar el aula para montar una máquina que querían ellos a nivel particular 7.6[9.1]. Se les ha dejado imprimir las piezas que componían la máquina, y han hecho una modificación de las máquinas que hay en internet 7.7[2.2]. Aparte, algún docente del departamento de electricidad también ha imprimido cajas para hacer montajes eléctricos 7.8[9.1].
- 4) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): Tenemos una profesional Dimension (del fabricante Stratasys), que sería de otro nivel 7.9[3.3]. Saca piezas de mayor calidad pero su coste es también 10 veces mayor que el de las máquinas de bajo coste 7.10[5.1] [8.1]. La máquina no sé lo que costo por que se compró hace 8 años y yo no estaba aquí, pero su coste ronda los 15.000-20.000 € 7.11[8.1]. En cambio las otras, la más cara que sería la Tumaker, ronda los 1.800 €, y las de Sicnova alrededor de 500 € 7.12[8.1]. 2 Prusa y 2 Tumaker, todas son FMD. Las Prusa que son un tercio o un

cuarto en precio a las Tumaker 7.13[8.1], la calidad que obtenemos de ellas a priori parece buena 7.14[5.1]. A veces es cuestionable la Tumaker, es decir que a veces conseguimos calidades mejores que en las Prusa 7.15[5.1].

5) Coste de las impresoras: Respondido en la anterior pregunta.

6) Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros): No se necesita ningún conocimiento previo 7.16[7.2]. Por una parte los STL con los que trabaja la máquina puedes encontrar en internet 7.17[2.1], pero sí que es verdad que si queremos motivar la creatividad, que es uno de los objetivos del aula, convendría tener conocimientos de CAD 3D 7.18[4.3] [7.2]. En parte por ello se ha empezado con los alumnos de diseño que son los que tienen esos conocimientos y trabajan con el programa Solidworks 7.19[1.1] [6.1]. Los de Producción por Mecanizado también trabajan en segundo curso con Solidedge, que también sería válido 7.20[6.1] [7.2]. Y los de mecatrónica también dan en primero un curso de Solidworks y terminan en segundo con un conocimiento alto 7.21[6.1] [7.2]. Por una parte creemos que en esos ciclos va a ser relativamente sencillo implantarlo y ampliar el uso, y queremos también motivar a los ciclos de electricidad, automatismos y administración 7.22[11.2], porque creemos que un nivel básico se puede conseguir con 10-20 horas, a nivel básico 7.23[7.2]. A los docentes de administración les hemos dado un curso y una vez visto cómo funcionan las máquinas nos han preguntado cuánto les costaría aprender el software 3D. Yo creo que están animados, ese es el reto que tenemos para el año que viene 7.24[4.3] [11.2]. En lugar de hacer lo que parece lógico, primero el software 3D y luego la impresora, lo hemos hecho al revés porque creemos que podemos motivar a más gente que al principio pensaría que no es capaz de usar el software por que no se han dedicado a ello, pero creemos que es fácil y una vez visto esto se están animando. ¿Si para casa quisiera hacer esto me costaría mucho? Preguntan 7.25[4.3].

Se está pensando en usarlo como recurso para Urratsbat. Están pensando que se podría vender un producto que se haga aquí. El año que viene creo que puede ser posible, en septiembre necesitamos darle un empujón a ello 7.26[11.2].

7) Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario: 2 horas. Pero sabiendo que con las primeras piezas de impresión puedes tener problemas. Creemos que el buen uso de las máquinas no se consigue con un curso, si no con la experiencia: viendo donde fallas, el material, con que temperatura

trabajas, la pieza que tienes que imprimir. En total diría que son necesarias 30 horas pero para empezar a hacer tus pinitos con 2 horas es suficiente 7.27[7.2].

8) Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo: Si. Tenemos un documento Word con los pasos básicos para imprimir, con notas en las que hace hincapié donde hay que tener cuidado, donde puedes fallar 7.28[3.5]. Sabemos que Tumaker tiene una web donde ha puesto todos los documentos necesarios para empezar a trabajar y solucionar problemas 7.29[3.5]. Internamente también hicimos otro 7.30[3.5].

9) Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca: Por una parte el prototipado de los productos que trabajamos, pero por otra parte intentar fomentar la creatividad. Los alumnos tienen inquietudes "yo ya haría una pieza de este tipo", "no hay en el mercado", el objetivo es fomentar esos alumnos para que vengan, impriman y puedan salir ideas empresariales 7.31[7.1]. Por otra parte tenemos la sección de estampación que tenemos en el centro. Nos están diciendo que con las matrices hechas en plástico se pueden sacar hasta mil piezas, a partir de ahí se degenera por la temperatura. No hemos llegado a probarlo pero sí se pueden conseguir geometrías u orificios para la lubricación que con mecanizado no se pueden obtener. Ahí queremos hacer nuestros pinitos pero por ahora no hemos llegado a hacerlo 7.32[11.1].

10) Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad/nivel. En qué aspectos: Estamos en ello. No están relacionados con el currículo pero creemos que mediante el sistema ETHAZI puede tener una fácil integración. Porque creamos proyectos físicos. Porque en vez de mecanizar todo en acero o aluminio los fabricamos en PLA o ABS 7.33[3.2]. A su vez se pueden hacer estudios de durabilidad, dureza, etc. de estos materiales. Nos están trasladando que ya se está trabajando con diferentes fibras de carbono, que hay otras áreas y en el área de materiales se pueden hacer virguerías 7.34[11.2].

11) Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases: El cambio de metodología ha venido sobre todo por parte de ETHAZI, no por las impresoras. Lo hemos ido integrando según lo ha necesitado 7.35[4.2].

12) En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales: taller de mecanizado, taller eléctrico/electrónico: Para hacer utilajes, para

hacer garras... No se trata de sustituir el taller mecánico, ellos tienen que aprender el taller mecánico. Pero hay piezas que incluso en plástico son mejores y por otra parte lo que hemos hablado antes: como queremos transmitir el conocimiento de estas máquinas, sustituimos una parte que antes se haría en el taller para hacerlo en plástico 7.36[3.1].

13) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso: Muchas. Sobre todo en prototipaje y en la creatividad de los alumnos 7.37[11.2]. Es un recurso económico que da mucha versatilidad, y además motiva a los alumnos 7.38[8.1] [4.3]. Creéis que es importante la motivación que genera en los alumnos: Creo que sí. Habrá que ver los resultados que obtenemos a futuro 7.39[4.3]. Llevamos un curso con ello y aún y todo una parte del curso ha sido para los docentes: qué tipo de máquinas, que problemas da la máquina... y lo hemos implementado a un nivel muy básico 7.40[5.2].

14) Cuáles son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso: En la entrevista se ha saltado la pregunta.

15) Qué formación ha sido necesaria para el profesorado: Se nos dio una formación básica por parte de Tumaker 7.41[7.3]. Las Prusa se compraron con un requisito de montaje por parte de la empresa que nos lo vendía y se ha hecho además a nivel de los alumnos. Se han comprometido dos alumnos a montar estas máquinas con esta empresa, Sicnova, Entonces ellos han aprendido a montar las máquinas y viendo los problemas que iban saliendo 7.42[5.2] [7.2] [9.4], con el objetivo de que estos alumnos puedan ver que falla con cada una de las máquinas y puedan sacar en un futuro unas máquinas nuevas con mejoras de máquina 7.43[7.1]. Tumaker a nivel docente que luego se ha trasladado al resto 7.44[7.3], y Sicnova con los alumnos 7.45[7.2].

16) Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D: Bastante. Digamos que un año y medio porque el proceso es lento 7.46[5.2]. No ha habido un profesor dedicado sólo a la sala, hemos ido implementándolo en las horas libres que hemos tenido 7.47[5.2] [8.4]. Por otra parte no es comprar las máquinas y empezar a trabajar, decidimos comprar sólo una máquina, ver que problemas tenía, hacer ensayos, luego decidimos que era mejor comprar otro tipo de máquina y comparar entre ellas. Todo este proceso es lento 7.48[5.2].

17) Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red: Ambas. Hemos hecho ambas 7.49[2.1].

18) Estáis trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D: Por ahora no, pero no lo descartamos 7.50[0].

19) Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades: Hemos colaborado con la empresa MZ3 que está en el pueblo, que tiene máquinas muy buenas como la Dimension que tenemos o Stratasys. En un momento dado se pensó en comprar una Stratasys pero por su coste se descartó. Cuando hay algún problema por parte de ellos, de alguna pieza que no les sale, intentamos hacerlo nosotros 7.51[9.6].

Por otra parte tenemos un escáner 7.52[3.3] que hemos comprado a nivel industrial con el centro de Tolosa 7.53[9.2], cuyo resultado es muy bueno. MZ3 no lo tiene, y cuando lo necesitan hacemos las piezas en asociación con ellos 7.54[9.6]. Algunas empresas del entorno nos han pedido hacer piezas puntuales y los hemos hecho. Algunos con resultados buenos y otros no tan buenos 7.55[9.6].

20) Estáis dando formación a empresas del entorno: No 7.56[9.6].

21) Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas: Sobre todo en el prototipado. Cuando tienen una pieza que en la forma tradicional les hubiera costado mucho dinero y no están seguros de hacerlo, nos lo piden fabricar el plástico 7.57[6.5] [9.6]. Ellos también están a la expectativa de si estos materiales van a avanzar, si van a aguantar lo suficiente, sobre todo a nivel de inyección, que se puede probar en plástico y corregir si es necesario 7.58[11.1].

Creemos que hay un campo bastante amplio para ayudar a las empresas del entorno y quizás colaborar 7.59[11.1]. Si una empresa no puede comprar una máquina debido a su coste se puede tener en las escuelas haciendo la compra entre varias empresas 7.60[9.6].

Crees que puede ser una máquina habitual en las empresas dentro de unos años: Creo que sí. También un poco contaminada por las empresas que venden las

máquinas, Pixel nos ha comentado que habrá talleres de dos tipos los que mecanizarán con el mecanizado tradicional que conocemos y los que fabricarán con este tipo de impresoras. Más de lo que existe hoy en día sí que se usará. 7.61[11.1]

De hecho en la aeronáutica ya se está introduciendo, en medicina se está usando un montón. A la hora de hacer una operación importante, primero la simulan. Escanean a la persona y simulan lo que se van a encontrar cuando la abran. A nivel de prótesis se está usando bastante 7.62[6.5].

En qué sectores se usará, no lo sé, pero se va a ampliar bastante. Según se van saltando las patentes, y el acero también se ha conseguido inyectar, a medida que eso tenga un precio razonable va a cambiar mucho 7.63[11.1]

ANEXO XII. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 8.

1) En qué nivel de enseñanza se emplea: En los ciclos de grado medio y superior de formación profesional 8.1[1.1]. No desde FOL (Formación y Orientación Laboral), desde el módulo Empresa e Iniciativa Emprendedora hemos introducido (se refiere al aula Ikaslab) a todos los alumnos, en esta escuela tenemos 20 ciclos formativos. El módulo Empresa e Iniciativa Emprendedora es un módulo transversal al igual que FOL. Estos módulos se dan en todos los ciclos formativos, tanto en grado medio como en grado superior 8.2[1.1]. Cuando tocamos el tema de la empresa (los alumnos) tienen que crear una empresa, para que puedan ver cómo funciona, para ver que en un futuro tienen la posibilidad de tener ser empresarios. Entonces, para fabricar el producto, con la excusa de fabricar el producto, hemos utilizado con ellos las impresoras 3D 8.3[4.1]. Han hecho pequeñas cosas, y como veis, estas son las piezas que tienen 8.4[2.1]. Lo que hemos buscado es la socialización de la impresora 3D, vemos que es una tecnología nueva, y si lo reducimos a un solo ciclo formativo, se queda sin que mucha gente pueda verlo 8.5[7.1]. En un ciclo de Primaria (...) ¿para qué lo vas a introducir? A lo mejor pueden, hacer un Kinato, crear un juego, pero sobre todo son ellos los que pueden ver para que pueden utilizarlo. Otro ciclo formativo, Atención a las Personas Dependientes. A lo mejor esas personas necesitan un soporte especial para poder amarrar la cuchara, que les facilitará un montón las cosas, nosotros también lo podemos hacer. Entonces, En esta socialización ver que puede resultar interesante, por un lado conocerlo como cualquier otra tecnología, y los más hábiles o los que más vista tengan pensarán en una aplicación concreta 8.6[7.1]. Se emplea mucho en joyería 8.7[1.2], Easo pasará a ser un centro integrado el año que viene. Hasta ahora era una rama del ciclo de mecánica, pero a partir de ahora será un ciclo artístico y como ciclo artístico no puede estar dentro de un centro integrado 8.8[0]. En joyería el uso es enorme 8.9[6.5], unimos el uso al escáner, lo escaneas y a partir de ahí puedes hacer el molde, para luego hacer piezas en serie 8.10[6.4]. Los de joyería tienen una impresora profesional y luego otra que han montado ellos, aparte también usan las del aula Ikaslab 8.11[3.3]. En carpintería hay otra impresora profesional 8.12[3.3]. En carpintería es adecuado para realizar maquetas, para ver si el diseño funciona 8.13[7.1]. Si diseñas una silla, primero se imprime para evaluar su estabilidad, si se cae algo hará que hacer 8.14[2.1]. Estos son usos específicos que se realizan en los ciclos, como hemos dicho en mecánica y en construcción también 8.15[1.2]. Nosotros desde FOL le damos esta otra aplicación, la socialización 8.16[7.1]. De alguna manera está abierto a toda la escuela: el aula de Ikaslab lo

gestiona el departamento de FOL para que esté abierto a todo el centro 8.17[9.1]. Los otros son recursos de cada departamento que tiene un uso más concreto: Sí. Más cerrado también. Sólo usan la impresora 3D profesional los de ciclo superior 8.18[1.1]. Pero estas (aula Ikaslab) son más para trastear 8.19[7.1].

La gente como lo hace si no tiene conocimientos de software 3D: Los profesores de FOL y otros profesores del centro hemos recibido formación en el uso de la impresora, de veintitantas horas 8.20[7.3]. Yo concretamente sabiendo el curso pasado que este curso empezábamos a trabajar en septiembre con las impresoras 3D, me lleve en verano una a casa 8.21[8.4]. Con una formación de 20 horas no estás preparado para entrar en el aula. Entonces nos las arreglamos de esta manera y los profesores nos hemos ido formando 8.22[7.3]. Hemos dedicado un montón de horas para luego trabajar con los alumnos 8.23[5.2]. Los alumnos no saben diseñar, sólo saben diseñar los alumnos de los ciclos mencionados 8.24[7.2]. Hay varios repositorios en internet. Nuestro objetivo es bajarse algo de Thingiverse e imprimirlo 8.25[7.1]. Para ello dedicamos unas 8 horas 8.26[7.2]. Les damos a conocer los materiales, el PLA y el ABS, saber que existen los materiales flexibles. Con los de Carpintería entramos en los materiales específicos para madera pero muy por encima, y los ponemos a imprimir 8.27[7.2].

Hasta ahora hemos trabajado con Cura y Repetier. Ahora nos han puesto una impresora nueva y tenemos que aprender Simplifly 8.28[5.2] [6.1]. Entonces hay cambio de software: Sí, ya pensé: que nombre más bonito, simplificarlo. Tenemos pendiente ponernos a ello. 8.29[5.2] ¿Es una voladora V3? Sí. Finalmente Educación (departamento del Gobierno Vasco) hablo con Tumaker, las impresoras son de Tumaker, no son muy buenas pero el mantenimiento lo llevan ellos, y en la negociación del mantenimiento nos cambiaron una 8.30[5.1] [8.3]. La otra nos la dejaron para trastear y para que los alumnos aprendan a montarla 8.31[9.4].

2) Especialidades (alumnos) en las que se emplea: Ya respondido.

3) Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando: En Ikaslab hemos entrado los profesores del departamento de FOL, un par se han quedado fuera porque han empezado a principios de este curso y son sustitutos 8.32[1.2]. Lo normal es que se dediquen a ello uno o dos profesores: Y luego han venido los de construcción, un profesor, los de mecánica, que han sido

tres profesores, y en joyería han venido tres profesores 8.33[1.2]. El uso del aula es amplio 8.34[9.1].

4) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): Tenemos 6 tumaker, 3 profesionales, 1 montado por los de joyería y luego otros 3 que se han montado en mecánica 8.35[3.3], dicen que son mejores 8.36[5.1]. ¿Son de diseño propio? Se crearon diferentes diseños como proyectos entre los alumnos, se decidió entre todos cual era el mejor diseño más adecuado, y en función de ese diseño se han fabricado todas, no ha fabricado cada uno su diseño si no que han empleado un modelo común 8.37[2.2]. ¿Basado en Prusa? En licencias libre, los de tipo delta de tres ejes verticales... Son un proyecto muy bueno para los alumnos. Se entusiasman cuando ven que funciona 8.38[4.3].

5) Coste de las impresoras: Estas (Tumaker) rondan los 1.700€ 8.39[8.1]. No os puedo dar el coste estimado de impresión por pieza. El filamento que usamos ronda los 30€ el kilo. El que utilizan el Bisutería ronda los 300 €/kilo 8.40[8.2]. No sé cuánto cuesta el material que usan en Carpintería 8.41[8.2]. El de Carpintería también es del tipo FMD. Sólo tenemos las de filamento. Hemos visto algunos que funcionan con metal pero de ese tipo no tenemos, Tampoco estoy segura de cómo son las de joyería, luego las veremos 8.42[6.3].

6) Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros): Todo viene muy bien 8.43[7.2]. Además se pueden bajar las piezas de Thingiverse 8.44[2.1]. Solidworks es el programa más usado, también se trabaja con Solidedge y alguno más 8.45[6.1]. Ya veis que yo soy de las que menos sabe del tema. Es el punto de vista de una persona no técnica 8.46[7.3].

7) Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario: Para ser autónomo son necesarias unas 30 horas. Una preparación previa de unas 15-20 horas y luego trabajar por cuenta propia 8.47[7.2]. En el caso de los alumnos que descargan las piezas de Thingiverse y con el apoyo del profesor en unas 8 horas ya sacan las piezas. Luego ya vienen por su cuenta al aula. A todos los alumnos se les imparte un curso de 8 horas 8.48[7.2]. Aquellos que tienen interés, que vayan a usar las impresoras para desarrollar su producto pasan muchas más horas 8.49[4.3]. La capacitación sólo para imprimir es de 8 horas 8.50[7.2].

8) Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo: Sí, tenemos unas fichas. Las instrucciones y los parámetros están clasificados. Se han hecho en base a las instrucciones que nos dieron los de Tumaker 8.51[3.5]. ¿Vienen las Tumaker con libro de instrucciones? No, pero tienen una wiki y las fichas que tenemos están basadas en la información que nos dieron ellos. También tenemos documentados los parámetros, temperaturas, o si la cama es caliente o fría 8.52[3.5].

9) Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca: El objetivo desde el departamento de FOL es socializar el conocimiento de esta tecnología. Su existencia su uso y luego cada uno verá cual es la aplicación 8.53[7.1]. Trabajamos mucho el emprendimiento 8.54[7.1]. A lo mejor esto es una excusa para que luego el alumno vea algo... "Y si hacemos esto, y si le hacemos a la caña de pescar esto que le falta..." 8.55[4.3]

10) Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad/nivel. En qué aspectos: Si porque lo enfocamos desde el punto de vista del emprendimiento 8.56[3.2].

11) Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases: Sí, claro que supone un cambio de metodología. Pero el cambio de metodología viene de atrás. No damos las clases tradicionales con un libro de texto y luego los introducimos en el 3D. Hemos hecho un gran cambio metodológico en nuestras asignaturas, ya no nos basamos en libros de texto. Además, estamos uniendo dos módulos: FOL e Empresa e Iniciativa Emprendedora. En grado medio ya están unidos y damos 8 horas de clase de manera conjunta. Estos dos módulos tienen una gran interacción. Una cosa es ver los contratos desde el punto de vista del trabajador, pero resulta también interesante verlo desde el punto de vista del empresario 8.57[4.2]. Los alumnos, cuando toman el rol de empresario hacen contratos muy cutres 8.58[0]. El uso de las impresoras 3D está en FOL por el cambio metodológico que hemos dado desde este módulo 8.59[1.2]. La metodología ha cambiado pero dentro de un proceso mayor, no tendría sentido dejar de ver los balances para dedicarse a las impresoras 8.60[4.2]. La base es la creación de una empresa y sobre la actividad de la empresa dar la materia de FOL y EIE 8.61[4.1]. Es un pequeño ETHAZI dentro de FOL. Nuestra asignatura tiene un encaje difícil dentro de los proyectos ETHAZI del resto de las asignaturas 8.62[9.1]. Nosotros creamos la empresa y nuestra empresa contrata gente, despiden gente, fabrica un

producto, el producto no se vende y hay que cambiarlo, un trabajador se pone enfermo... Nosotros ya no les decimos lo que hay que hacer, nosotros les decimos tienes un trabajador enfermo y ¿qué vas a hacer con él? ¿Qué sucede? ¿Qué consecuencias tiene? ¿Un trabajador ha tenido un accidente y qué consecuencias tiene para la empresa? Los ponemos en situaciones reales y en ese contexto está el uso de las impresoras 3D desde FOL 8.63[4.1].

12) En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales: taller de mecanizado, taller eléctrico/electrónico: A ellos les complementa mucho y a nosotros de cara a fabricar el producto también 8.64[3.1].

13) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso: Cuanto más fiables sean tendrán más posibilidades 8.65[11.2]. Para sacar esta pieza que no está perfecta tienes que tirar a la basura otras cinco 8.66[5.1]. No tenemos calculado el coste de la pieza. Sería fácil pesarlo y el consumo ya lo sabemos, pero la realizad es que la pieza no sale bien a la primera 8.67[8.2]. El material es barato pero luego para sacar una pieza buena hay que dedicarle muchas horas: Sí, hay que dedicarle muchas horas con estas impresoras. Pienso que con las profesionales será otra historia 8.68[5.1]. A nosotros nos viene bien, si fueran todas las impresoras profesionales a nosotros no nos dejarían meterles mano. Mientras que aquí durante este curso hemos sido nosotros los que hemos enseñado el manejo a otros profesores 8.69[5.2].

14) Cuáles son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso: Necesita una formación, hay que tener en cuenta muchas cosas y no siempre las cosas salen bien 8.70[7.3]. No sabes si se ha atascado porque el filamento es más grueso en un punto 8.71[5.1]. Hemos aprendido mucho a través del personal de mantenimiento (de Tumaker) mirando lo que hacen, estando al lado de ellos. En lugar de quedarnos parados, hemos aprendido que es lo que hay que hacer cuando se atasca. A veces es difícil saber porque no sale bien la pieza 8.72[7.3]. Se supone que las V3 (de Tumaker) tienen la boquilla más gruesa y no podrán hacer detalles tan precisos pero que el resultado será mejor en general. Estamos pensando en cambiar la boquilla a todos, igual a una le dejaremos la actual 8.73[6.3]. Tenemos muchos problemas porque los materiales se resquebrajan, muy típicos del ABS. Este en cambio es PLA. También es típico el fallo en este material 8.74[5.1]. Lo hemos sentido como una lucha 8.75[4.3].

15) Qué formación ha sido necesaria para el profesorado: Hemos recibido una formación de 20 horas que nos han impartido ellos (Tumaker) 8.76[7.3]

16) Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D: Las impresoras llegaron a finales de mayo y recibimos la formación en junio. En septiembre empezamos a trabajar con los alumnos. Depende también del profesorado 8.77[5.2]. Yo fui la primera que empezó en FOL y me lleve una impresora a casa, soy atrevida, si tenemos que entrar pues tenemos que entrar, no podemos estar esperando a la perfección 8.78[4.3] [8.4]. La instalación fue en mayo del año pasado, luego tenéis las impresoras desde hace un año: Sí el recorrido es de un año. Pero se pusieron en marcha en seguida, a lo mejor no en septiembre por que el módulo no nos lo exigía. Primero hay que crear la empresa. Pero no porque no pudiéramos si no porque no nos convenía. Creo que empezamos en octubre por primera vez 8.79[5.2].

17) Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red: Los de Diseño Mecánico, Carpintería y Construcción sí que trabajan con sus propios diseños. Esto es la planta de una vivienda proyectado por un alumno 8.80[2.1]. Nosotros (FOL) lo trabajamos también en Carpintería. Si el alumno sabe le dejamos, aunque nuestro objetivo no es diseñar 8.81[2.1][7.1]. Algunos trabajan con Sketchup 8.82[6.1].

18) Estáis trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D: Sí. Está respondido anteriormente.

19) Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades: Por ahora no. Tenemos una comunidad en la que están otros Ikaslab como Donbosco pero no hemos avanzado en ese sentido 8.83[9.5].

20) Estáis dando formación a empresas del entorno: Todavía no estamos capacitados 8.84[9.6].

21) Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas: Con este aula Ikaslab no podemos dar respuesta a esas necesidades. Tenemos profesores en Mecánica que han construido sus propias impresoras y

pueden dar información a empresas 8.85[9.6]. Sólo tenemos un año de experiencia y todavía no damos ese servicio a las empresas 8.86[9.6].

Tras entrevista:

En Easo también tenemos un ciclo de Protésico Dental pero al ser un ciclo LOGSE no tienen el módulo de FOL y no han trabajado con las impresoras 3D. Pero la aplicaciones en ese campo son múltiples. Se puede usar para tantas cosas que si de alguna manera les abrimos los ojos a la gente son ellos los que buscarán las aplicaciones. Usos que de otra manera ni se nos hubieran ocurrido. En medicina están imprimiendo con células.

ANEXO XIII. TRANSCRIPCION ENTREVISTA 9.

A diferencia de otros centros Hernani BHI no está dentro del programa Ikaslab y por tanto tampoco dispone de aula Ikaslab

- 1) En qué nivel de enseñanza se emplea: Grado superior de Diseño en Fabricación Mecánica 9.1[1.1], más que nada para hacer prototipos de moldes, ver las diferentes partes del molde, entradas, salidas (de material), y hacer una especie de prototipo de molde 9.2[2.1]. También se emplea para la elaboración de conjuntos mecánicos para robots diseñados en bachiller en las clases de tecnología. La parte de robótica se trabaja en tecnología y la parte de diseño de piezas la trabajamos nosotros en Solidworks y la creación de piezas en la impresora 9.3[6.1] [9.1]. Trabajáis en colaboración con otros niveles. Has comentado que las especialidades son de Diseño: segundo de diseño en colaboración con tecnología de bachiller 9.4[9.1].
- 2) Especialidades (alumnos) en las que se emplea: Ya respondido.
- 3) Qué departamento o especialidad (profesores) es el que lo está usando: Por ahora lo estoy usando yo sólo, soy del departamento de mecánica 9.5[1.2]. También lo ha estado usando un alumno que ha tenido una idea para la creación de unos moldes para fabricar anzuelos de pesca. El alumno ha estado usando las impresoras para hacer los prototipos de los moldes 9.6[2.2].
- 4) Cuantas impresoras hay en el centro y de que gama (profesional, doméstico, didáctico,...): Tenemos dos Tumaker. Una Voladora V1 y una Voladora V2 con dos extrusores 9.7[3.3] [6.3].
- 5) Coste de las impresoras: Una ha sido cortesía de Tumaker 9.8[9.4]. La V1. La otra costó 2.000 € 9.9[8.1]. Está incluido el mantenimiento dentro de ese coste: No. 9.10[8.3] Que coste aproximado de impresión tiene. Se ha hecho algún cálculo: Los rodillos cuestan 20€, no es caro del todo. Son muchos Cm3, tiene varios metros. Da para muchas piezas. No tiene un coste muy alto. Tendrá más o menos un Kg de material: Sí, por ahí 9.11[8.2].
- 6) Cuáles son los conocimientos previos necesarios. (CAD, CAM, polímeros): Lo más importante es saber modelar, saber dibujar y modelar piezas

en 3D para luego crear los archivos STL y los Gcodes para crear las piezas. Luego ya asunto de polímeros y velocidades. Hay unas bases, es toquetear y probar, porque sale mal, sale torcido, entonces a una velocidad de impresión, capas y todo eso, ir toqueteando 9.12[7.2]. Que programas tenéis aquí para imprimir: Cura y Repetier host 9.13[6.1].

- 7) Cuantas horas son necesarias para aprender el manejo a nivel de usuario: (risas). En teoría tampoco muchas. Para hacer una cosa sencilla ¿20? Si te dan unas directrices, para hacer llaveros o fichas del carrito de la compra con 5 horas ya vale 9.14[7.2]. Cuando se hacen piezas más complejas más grandes... Cuanto más grande la pieza peor. Tiene más warping y esas cosas 9.15[5.1].
- 8) Habéis documentado las instrucciones necesarias para su correcto manejo: No porque no he tenido tiempo. Ya me gustaría pero no he tenido tiempo 9.16[3.5].
- 9) Cuál es el objetivo con el uso de las impresoras 3D. Cuál es el resultado que se busca: Como están entrando fuerte, como dicen que es el futuro... Yo creo más que nada saber usarlas para cuando se pueda imprimir en metal, no en plástico pero en metal, ya se puedan crear piezas de fundamento y resistentes. El plástico es para hacer prototipos por ahora. Yo sí que veo saber utilizar todo esto para luego saber imprimir en metal. Yo lo veo por ahí 9.17[7.1].
- 10) Están estos objetivos relacionados con el currículo de la especialidad/nivel. En qué aspectos: Lo único para el tema de moldes. Para simular moldes 9.18[3.2] [7.1].
- 11) Ha supuesto un cambio de metodología a la hora de impartir las clases: No. Bueno en tecnología (bachiller) sí 9.19[4.2]. En FP ha sido salseo 9.20[4.2]. En bachiller no han usado ellos la impresora. Han visto lo que es el Solidworks y lo que son las impresoras pero no lo han usado 9.21[7.1].
- 12) En qué medida complementa el recurso a los recursos tradicionales: taller de mecanizado, taller eléctrico/electrónico: Se pueden crear piezas que no se pueden encontrar fácil en ferreterías. En el taller yo no lo veo más que para arreglo de piezas sencillas de plástico, y para prototipado. Prototipos de utilaje y esas cosas también 9.22[3.1]

13) Cuáles son las posibilidades futuras que le ves al recurso: Lo que más importante veo es que se pueda imprimir en un futuro en metal, y que la pieza tenga unas cualidades de resistencia física de una pieza mecanizada o fundida 9.23[11.1].

14) Cuáles son las dificultades con las que te has encontrado a la hora de poner en marcha el recurso: La más importante es el fenómeno warping que tiene todo el mundo con las impresoras que son relativamente baratas. Por diferencia de temperatura entre capas la pieza se va doblando y se abre, se dobla, se padea y se despegue de la base. Es el problema más grande que hay. También la resistencia entre capas, entre capa y capa hay debilidades y salen piezas muy frágiles, como si despegases láminas, capas que se despegan unas de otras. De repente haces así y clac, se rompe. Hay que cambiar el parámetro de las capas o la velocidad de impresión o el relleno también. Hay un % de relleno de pieza. No es lo mismo llenar al 20% o al 30. Es algo que se pueda aprender a base de meter horas. Sí, sí. Fijo 9.24[5.1].

15) Qué formación ha sido necesaria para el profesorado: Autodidacta 9.25[7.3]. No habéis tenido formación. Os han regalado una impresora y ya está. Sí. Esto es el Cura, esto es el Repetier host y aquí los parámetros base que trae el cura. Trae unos parámetros base, que son setups y empiezas de ahí 9.26[7.3]. Luego tú vas cambiando de lo que te dicen en los foros 9.27[9.3]. Pero totalmente autodidacta 9.28[7.3].

16) Cuanto tiempo ha supuesto la puesta en marcha de las impresoras 3D. Hasta que os habéis sentido con confianza para andar: Meses. Tres meses o así. Tampoco ando todos los días. Metía mano en mis horas libres 9.29[8.4].

17) Trabajáis con piezas/conjuntos de diseño propio, o descargadas de la red: A mí me gusta con diseño propio. En tecnología hemos trabajado de dos formas: con diseño propio y con descargas de red. Según el proyecto y hubo 2 proyectos. Uno era por descarga de red y el otro por descarga de piezas 9.30[2.1].

18) Estáis trabajando a nivel de centro en algún proyecto educativo o de emprendizaje en el que el protagonista sea la impresora 3D: Como proyecto educativo de emprendizaje sólo veo ese, el de los moldes para anzuelos. De los pececillos con anzuelos. Sólo serían los prototipos para luego hacerlos en CAD-

CAM en metal 9.31[2.2]. No es que sean los moldes para producir. Si quieres producir necesitas los moldes de metal 9.32[6.5].

19) Se está trabajando en algún proyecto colaborativo con otras entidades: La profesora de FOL tiene hecho una web donde cada escuela cuelga sus piezas, los Gcode de las piezas, para que otras escuelas puedan descargar. Por ahora son piezas decorativas, no son mecánicas. Una llanta de un coche de carreras. No son cosas funcionales. Yo creo que es un poco para ver las posibilidades de la impresora 9.33[9.1].

20) Estáis dando formación a empresas del entorno: Que va 9.34[9.6].

21) Cuáles son las aplicaciones principales en la que están interesadas las empresas: