



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN Y PROSPECCIÓN DE MINAS

MASTER INTERUNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

TRABAJO FIN DE MASTER

La transferencia de conocimiento en el sector de la fabricación aditiva

Autor: Beatriz Pando Feijó

Director: Juan Antonio González Rodríguez

Fecha: Julio de 2019

Resumen ejecutivo

El presente documento pretende identificar los factores clave que hacen que la comunicación y transferencia de conocimiento entre equipos, que colaboran en el desarrollo del mismo proyecto, sea óptima y eficaz. El sector de la fabricación aditiva, aplicado a proyectos que tengan como fin el desarrollo y/o investigación de un producto o material, por su carácter innovador y por su actual crecimiento en el mercado, será el sector hacia el cual dirigamos nuestra investigación habiendo analizado previamente la necesidad por parte de sus usuarios.

La problemática en relación con los aspectos comunicativos en los entornos laborales ha sido motivo de investigación desde hace siglos, independientemente del sector. Somos seres sociables, que resultamos más productivos cuando trabajamos en equipo, y lo somos aún más cuando las barreras comunicativas son eliminadas. Hay que tener en cuenta que también nos encontramos en un entorno laboral en continua evolución y las comunicaciones derivadas son cada vez más multiculturales y dinámicas.

Debido a la transformación digital y a los avances tecnológicos en materia de comunicación, herramientas digitales, aplicaciones de mensajería instantánea o plataformas de almacenamiento en la nube que nos mantienen informados sobre la transformación de la organización, y la demostrable eficiencia de la utilización de los mismo, encontramos de especial interés el poner nuestros esfuerzos en predecir y esbozar lo que será el futuro de la transferencia de información dentro del sector de la fabricación aditiva.

Hoy en día sectores como el aeronáutico, sanitario e industrial están incorporando estas nuevas tecnologías a sus procesos tradicionales, con lo que además de agilizar procesos productivos, agilizan el diseño y la producción de piezas de alta complejidad que supondrían unos costes muy elevados si fueran aplicadas técnicas tradicionales.

Nos encontramos ante una nueva manera de entender el sector productivo, donde cualquier objeto es viable y donde ahora más que nunca, una gestión eficiente de los recursos recibe mayor consideración por parte de todos los involucrados.

Contenido

0.	Objetivos y alcance del proyecto	9
1.	Introducción	10
1.1.	La comunicación interna como medio para la transformación digital.....	10
1.2.	Equipos de trabajo y liderazgo	14
1.3.	Inteligencia emocional en trabajo en equipos	18
1.4.	Transformación de los canales para transferencia de información.....	23
1.5.	La industria 4.0 y la transformación digital	28
2.	Estado del arte. La fabricación aditiva	39
2.1.	Sector de la fabricación aditiva. Estado actual y predicciones	39
2.2.	Ventajas y limitaciones	54
2.3.	La FA en el entorno	56
2.4.	Flujo de trabajo en el desarrollo de proyectos de FA	58
2.5.	La gestión de la información en la FA	62
3.	Planificación de actividades.....	68
3.1.	Diagrama de Gantt.....	69
3.2.	Elaboración de encuesta.....	69
3.3.	Entrevista a experto.....	69
3.4.	Presentación de propuesta de mejora.....	69
4.	Encuesta realizada	69
4.1.	Información sobre la encuesta.....	70
4.2.	Diagrama de flujo de las preguntas planteadas.....	70
4.3.	Análisis de los datos obtenidos.....	72
4.4.	Conclusiones de los datos obtenidos.....	79
5.	Propuesta de mejora.....	79
5.1.	Solución para una transferencia de conocimiento eficiente.....	80

5.2.	Presupuesto para el desarrollo de esta solución.....	80
6.	Conclusiones	89
7.	Anexos	90
8.	Bibliografía	91
9.	Webgrafía	94

Índice de figuras

Figura 1. 1.- Diferencias entre grupo y equipo de trabajo	15
Figura 1. 2.- Los 3 círculos del liderazgo según John Adair.....	17
Figura 1. 3.-Cuadrante de reacciones al cambio.....	17
Figura 1. 4.-Aspectos clave en la inteligencia emocional.....	20
Figura 1. 5.- Factores de mayor importancia para las relaciones emocionales	21
Figura 1. 6.- Relaciones según su inicio.....	23
Figura 1. 7.- Matriz de tiempo y espacio.....	25
Figura 1. 8.- Componentes de la colaboración 2.0.....	26
Figura 1. 9.- Estructura organizativa ejemplo HONDA.....	27
Figura 1. 10.- Evolución de la industria	29
Figura 1. 11.- Sectores más orientados a la digitalización	32
Figura 1. 12.- Gráfico de iniciativas de las organizaciones	33
Figura 1. 13.- Gráfico estudios universitarios	34
Figura 1. 14.- Gráfico sobre la adaptabilidad de la industria actual a la industria 4.0	35
Figura 1. 15.- Evolución de la presencia de las nuevas tecnologías entre 2017 a 2020...	36
Figura 1. 16.- Presencia de la fabricación aditiva en distintos sectores	37
Figura 1. 17.- Granja de fabricación aditiva. Producción en serie	38
Figura 2. 1.- Revoluciones en la industria a lo largo del tiempo	39
Figura 2. 2.- Diferentes tipos de fabricación	40
Figura 2. 3.- Aplicaciones de fabricación aditiva en la industria. Fuente ICD, 2017.....	41
Figura 2. 4.- Tecnologías de fabricación aditiva.....	42
Figura 2. 5.- Técnica FDM.....	43
Figura 2. 6.- Técnica SLA.....	44
Figura 2. 7.- Técnica SLS.....	44

Figura 2. 8.- Técnica POLYJET	45
Figura 2. 9.- Técnica 3DP	45
Figura 2. 10.- Técnica DMLS.....	46
Figura 2. 11. Ejemplos distintas densidades de malla en archivo STL	47
Figura 2. 12.- Ejemplo malla archivo .OBJ	48
Figura 2. 13.- Ejemplo de obtención archivo .PLY	48
Figura 2. 14.- Curvas de rendimiento de piezas fabricadas por distintas técnicas.....	50
Figura 2. 15.- Técnicas de fabricación aditiva que utilizan metales	50
Figura 2. 16.- Ejemplo de objeto impreso 4D	51
Figura 2. 17.- Evolución de las tecnologías. Fuente: Informe Gartner, 2019	52
Figura 2. 18.- Flota de vehículos DHL	53
Figura 2. 19.- Organigrama para la fabricación aditiva en trayecto. Fuente Amazon	54
Figura 2. 20. Flujo de trabajo básico en proyecto de FA	58
Figura 2. 21.- Flujo y leyenda de un proceso de fabricación aditiva detallado	61
Figura 2. 22.- Nociones fundamentales para la toma de decisiones	62
Figura 2. 23.- Ejemplo pantalla ShapeWays de análisis de viabilidad de pieza.....	63
Figura 2. 24.- Diagrama de flujo de información. Fuente: IDETC/CIE, 2018.....	64
Figura 2. 25.- Marco de flujo de información desarrollado. Fuente: IDETC/CIE, 2018	65
Figura 2. 26.- Sección de información. Fuente: IDETC/CIE, 2018	66
Figura 2. 27.- Sección del conocimiento. Fuente: IDETC/CIE, 2018.....	67
Figura 2. 28.- Sección de demandas. Fuente: IDETC/CIE, 2018.....	67
Figura 4. 1.- Diagrama de flujo de preguntas de encuesta.....	70
Figura 4. 2.- Lugar de trabajo de los encuestados	71
Figura 4. 3.- Experiencia de los encuestados.....	71
Figura 4. 4.- Actividad profesional de los encuestados	72
Figura 4. 5.- Número de personas por equipo según los encuestados	72

Figura 4. 6.- Evaluación de la comunicación interna	73
Figura 4. 7.- Evaluación de la utilidad de herramientas de gestión utilizadas en la actualidad	73
Figura 4. 8.- Evaluación de la comunicación entre diferentes equipos	74
Figura 4. 9.- Evaluación de colaboración en desarrollo de proyectos	75
Figura 4. 10.- Valoración del seguimiento hecho a los proyectos por la organización.....	75
Figura 4. 11.- Periodicidad de reuniones.....	76
Figura 4. 12.- Aspectos que los participantes consideran necesitan una mejora.....	77
Figura 4. 13.- Alcance de los proyectos	77
Figura 4. 14.- Evaluación de utilidad de dispositivos móviles.....	78
Figura 5. 1.- Interface gestor Kanban	80
Figura 5. 2.- Interface gestor Gantt.....	81
Figura 5. 3.- Interface de ultimas tareas realizadas de proyectos	81
Figura 5. 4.- Interface de información sobre un proyecto	82
Figura 5. 5.- Interface registro lecciones aprendidas.....	82
Figura 5. 6.- Interface de importación de archivos 3D.....	83
Figura 5. 7.- Interface biblioteca por proyecto	84
Figura 5. 8.- Interface de biblioteca general	84
Figura 5. 9.- Interface edición de grupo existente	85
Figura 5. 10.- Interface creación nuevo equipo	85
Figura 5. 11.- Aproximación de organigrama en el sector FA	86
Figura 5. 12.- Interface en modo comercial	86

Índice de tablas

Tabla 1. 1.- Tabla palancas para la transformación digital	30
Tabla 1. 2.- Tabla de tecnologías digitales destacadas y definiciones.....	31
Tabla 2. 1.- Tabla materiales utilizados en fabricación aditiva	40
Tabla 2. 2.- Tabla de tecnologías existentes. Fuente ASTM, 2010.....	42
Tabla 2. 3.- Sectores participantes de la FA.....	57
Tabla 2. 4.- Parámetros claves de diseño de modelo 3D.....	59
Tabla 2. 5.- Parámetro de fabricación (Ej FDM).....	60
Tabla 2. 6.- Categorías de datos. Fuente: IDETC/CIE, 2018	66
Tabla 3. 1.- Diagrama de Gantt del proyecto.....	68
Tabla 5. 1.- Planificación de tareas para creación de web.....	88
¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	88
Tabla 5. 3.- Recursos materiales necesarios.....	89
Tabla 5. 4.- Total coste en recursos materiales.....	89
Tabla 5. 5.- Cálculo de presupuesto total.....	89

0. Objetivos y alcance del proyecto

Con la realización de este trabajo se quiere investigar cuales son las bases de la comunicación interna en general y de forma específica en el sector de la fabricación aditiva (FA), para poder ofrecer una solución viable y competitiva en el mercado. La Industria 4.0, que trae consigo la transformación digital y emplea como palanca del cambio esta nueva tecnología, es una realidad y todos los que intervienen en procesos de fabricación han de estar al corriente y adaptarse a la innovación del sector.

Entrevistas y encuestas, además de las investigaciones básicas, serán necesaria para obtener distintos puntos de vista y opiniones del público objetivo: los participantes en proyectos u organizaciones de la fabricación aditiva.

El alcance de este proyecto será el esbozar una solución, identificando todo aquello que sería útil y necesario en una herramienta de gestión específica de proyectos de fabricación aditiva.

1. Introducción

1.1. La comunicación interna como medio para la transformación digital

La comunicación interna es considerada un factor de gran importancia para el exitoso funcionamiento de una organización. Desde hace años, las grandes organizaciones han considerado que su equipo humano es fundamental en su carrera por lograr metas.

Las políticas de comunicación interna se integran en los organigramas de las organizaciones en la década de los 70, al mismo tiempo en EEUU como en Europa. La creciente dificultad organizacional fue el motivo de estas políticas, asociadas desde sus inicios con las estrategias de RRHH. La comunicación interna comenzó siendo utilizada para difundir información, verticalmente, sobre asuntos laborales, de operaciones y de la organización, información en su mayoría sobre salarios, normativas, trabajo, etc... Con esta medida se logró establecer una relación fluida entre empleados y organización.

Es en la década de los 90 cuando la comunicación interna, acompañada por la comunicación externa, se integran en la estrategia de comunicación corporativa, independizándose así de RRHH. Hasta el momento las organizaciones han mantenido esta tendencia, apostando por la creación de una comunicación bidireccional, estableciendo la utilización de "feedback activo" para mejorar relaciones y aumentar la motivación de los empleados.

Una buena comunicación mejora la adaptación a los cambios del entorno, facilita el logro de los objetivos y metas establecidas, satisface las propias necesidades y la de los participantes, así como fomenta una buena motivación, compromiso, responsabilidad, implicación y participación de sus integrantes y un buen clima integrador de trabajo.

Podemos diferenciar entre la comunicación interna y la comunicación externa de la organización, pero también es necesario y aconsejable el definir quiénes somos y qué hacemos, es decir, definir la cultura y la filosofía corporativa, de la organización, que engloba sus valores, actitudes, creencias y experiencias. Se diferencia entre:

- Comunicación interna: la comunicación entre los miembros de la organización, interpersonal o individual. Es importante tener en cuenta qué queremos decir y cómo queremos decirlo, y de qué manera se transmite mejor el mensaje sabiendo que existe una diferencia entre lo que se recibe y lo que se percibe, por lo que se

hace de vital importancia fomentar la participación y el compromiso de las personas que forman la organización. La comunicación interna puede definirse como el uso planificado de una serie de acciones de comunicación con las que influyamos sistemáticamente el conocimiento, las actitudes y comportamientos de las personas con las que compartimos entorno laboral. La comunicación interna eficaz (StaffBase), puede ser una herramienta muy valiosa que:

- Reporta un aumento del 40% en la satisfacción del cliente final
- Puede significar un aumento del 30% del rendimiento profesional
- Aumento aproximadamente un 36% el rendimiento de la organización

Cada vez los planes de comunicación interna tienen más peso y son mejor recibidos por los empleados en las organizaciones y esto es debido a la creciente conciencia de los empleados por estar al corriente de la situación organizacional. Esta hoja de ruta deberá ser una guía clara que tenga por objetivo informar a los trabajadores sobre los objetivos de la organización, darles la oportunidad de tomar medidas acordes a las circunstancias, la realidad o los cambios, y compartir información que les ayuda a alcanzar esos objetivos.

Dentro de esta comunicación, se puede destacar la existencia de dos tipos: descendente y ascendente. Su diferencia fundamental es el orden jerárquico que establecen:

- DESCENDENTE: hace hincapié en la jerarquía gerencial y la transferencia metódica de información desde los niveles más altos de la organización. Uno de sus beneficios es que el liderazgo puede usarlo para evaluar el uso que hace los empleados de la información que la compañía les brinda.

-ASCENDENTE: su dirección es de los empleados a los altos mandos. Es necesaria para poder aportar nuevas ideas y permite a la gerencia obtener un feedback activo que mejore y enriquezca las tomas de decisiones.

- Comunicación externa: la importancia reside en proyectar, promover y reforzar la imagen de la organización, publicitar nuestros proyectos o actividades, saber a quienes nos dirigimos y conseguir la participación e interacción de nuestros participantes, o lo que es lo mismo, dar a conocer nuestra organización a los demás. Es importante tener en cuenta cómo nos perciben y cómo queremos que

nos perciban y elaborar un plan de acción de comunicación externa. La comunicación externa es la que se produce entre las organizaciones. Sus objetivos son ante todo hacer más fácil la colaboración con grupos como proveedores, inversionistas y accionistas, y mostrar una imagen favorable de la organización y sus productos y servicios a clientes potenciales, reales y a la sociedad en general. Algunos canales utilizados para esta comunicación sería reuniones cara a cara, medios impresos o de difusión o tecnologías digitales.

Una buena comunicación será aquella que sea bidireccional, en la que se practique la escucha activa, asertiva y proactiva. No hay que olvidar que lo más importante en un proceso de comunicación no es lo que se quiere decir, sino lo que la otra persona entienda de lo que se le intenta transmitir.

En este estudio ponemos el foco de investigación en torno a la comunicación interna. Se considera de interés detectar las medidas que el entorno actual está desarrollando y aplicando para mejorar este tipo de comunicación. Actualmente, se anima a potenciar la recepción eficaz de notificaciones internas, abasteciéndose de herramientas digitales a través de la utilización de pantallas a modo de tablero, así como la creación de revistas digitales o blogs para mantener a los trabajadores al corriente de las novedades de la organización (OCCMundial, 2018). Se extrae del artículo de esta organización, que la digitalización en torno a esta comunicación es ya una realidad que contempla la reducción de costes, dejando de lado la impresión física, y una mayor monitorización y automatización de los datos intercambiados entre los componentes de la organización. Crear campañas digitales, comunicados por podcast, WhatsApp, infografías... los contenidos digitales resultan más entretenidos y de mejor digestión para la mayoría de los empleados encuestados.

Los expertos consideran que cambiar la forma de comunicarse con los empleados es vital para garantizar la recepción del mensaje, además de la interacción eficaz con el mismo y el desarrollo del pensamiento de contribución del empleado con respecto a la organización. Según el estudio realizado por la consultoría de investigación Gatehouse Consulting (Gatehouse Consulting, 2017), se extrae que el 41% de las organizaciones que utilizan la señalización digital para comunicaciones internas, han detectado un aumento en la interacción con este contenido. Según los empleados encuestados, un 65% reconoce la efectividad de este canal frente a por ejemplo campañas de social media (55%), blog (53%), podcast (45%).

Otro estudio publicado por la SRPA (Sociedad de Relaciones Públicas de América, 2017) nos indica que las organizaciones en su mayoría y a nivel general, aún son reticentes a la implantación de nuevas herramientas y confían en los métodos tradicionales - un 95% de las organizaciones encuestadas confían en el correo electrónico para su comunicación interna, siendo casi un 70% de las encuestadas las que lo consideran una herramienta eficaz. Según este estudio el 46% de las organizaciones utiliza una única plataforma para su comunicación, mientras que el resto utiliza múltiples, y en la mitad de estas organizaciones existe una política para que los empleados utilicen sus propios dispositivos móviles en la jornada laboral en vez de su cesión por parte de la organización. Indiscutiblemente se comprende que la comunicación interna tendrá que adaptarse a las necesidades de empresas y empleados, facilitando el acceso remoto y la utilización de dispositivos móviles. La tecnología solo facilita los procesos, la clave para una eficaz transformación digital son las personas que las utilizarán. Este estudio considera las siguientes medidas relacionadas con la comunicación interna y se obtienen los siguientes datos:

- **Mensajería y herramientas para la colaboración entre equipos/departamento:**

Mientras que la mensajería y las tecnologías de colaboración están aumentando su popularidad, no está claro qué solución es más efectiva. Las empresas están implementando herramientas de mensajería para grupos determinados, en vez de para la organización en general. De las organizaciones encuestadas, 31% dicen usar una variedad de este tipo de herramientas, mientras que solo un 46% dicen utilizar la misma plataforma en toda la empresa. Por ejemplo, SLACK es la más usada (41%) seguida por Workplace de Facebook (21%)

- **Adaptarse a un cambio en la comunicación corporativa:**

Los expertos en comunicaciones corporativas recomiendan lo siguiente:

- Comunicación con / entre empleados multicanal. Según Shel Holtz, (Holtz Communication), la intranet está cayendo en desuso y los dispositivos móviles son la herramienta más utilizada por los trabajadores para acceder a información o noticias.
- Búsqueda de herramientas para potenciar la comunicación interna. Según Colin Bovet (Enplug), se refiere a herramientas como softwares de mensajería instantánea (SLACK, YAMMER O HIPCHAT), tecnologías en la nube (ej. GOOGLE DRIVE) y plataformas para los correos electrónicos, el calendario y documentos.

- Asegurar la accesibilidad de la comunicación interna en cualquier dispositivo autorizado por la organización. Jenna Soule, directora de comunicación corporativa en RBA (Editorial RBA), destaca que muchos trabajadores son nativos digitales que se abastecen de diversos dispositivos y canales con fluidez.
- Asegurarse que la comunicación interna es accesible en remoto. Soule recalca la importancia de este aspecto ya que hoy en día los trabajadores trabajan desde distintas localizaciones a parte de las oficinas, como aeropuertos, su casa o cualquier otro sitio.

Muchos profesionales en comunicación interna son reticentes de abandonar las tecnologías tradicionales de e-mails y la intranet de la organización. Se esfuerzan por seguir el ritmo de su entorno, empleados que han aceptado y valoran las oportunidades que brinda el correcto uso de los dispositivos móviles. Las organizaciones que sean capaces de integrar aplicaciones de mensajería y herramientas que mejoren la colaboración entre trabajadores, serán capaces de mejorar las relaciones y comunicaciones entre sus empleados.

1.2. Equipos de trabajo y liderazgo

En algunas ocasiones, los negativos datos del punto anterior son consecuencia de no haber tenido en cuenta la distinción entre equipos y grupos de personas en el entorno laboral. Según los autores Douglas K. Smith y Jon R. Katzenbach en su artículo de investigación "La disciplina de los equipos" (Smith & Katzenbach, 1993), que los líderes tengan la habilidad de distinguir entre estos dos tipos de agrupaciones es muy importante tanto para el beneficio de la organización como para la buena realización del trabajo por parte de los empleados. Los autores definen equipo como "un pequeño número de personas con habilidades complementarias, que están comprometidas con un propósito, un conjunto de metas de desempeño y un enfoque común, por los cuales se hacen mutuamente responsables.

Las palabras equipo y grupo no tienen especial diferencia para la mayoría de las personas, pero saber qué las hace diferentes es algo necesario. En el libro escrito por los mismos autores titulado "La sabiduría de los equipos: Creando la organización de alto

rendimiento" (Smith & Katzenbach, 1992), los autores investigaron las costumbres de los trabajadores de una treintena de organizaciones para aclarar si los líderes de las mismas que fomentaban esta distinción entre sus empleados tomaban mejores decisiones o no (Figura 1. 1.- Diferencias entre grupo y equipo de trabajo).

GRUPO DE TRABAJO	EQUIPO
<ul style="list-style-type: none"> - Líder fuerte y claramente enfocado - Responsabilización individual - El propósito del grupo es el mismo que la misión más amplia de la organización - Productos de trabajo individuales - Sostiene reuniones eficientes - Mide su eficacia indirectamente por su influencia sobre otros (como el desempeño financiero de la empresa) - Discute, decide y delega 	<ul style="list-style-type: none"> - Roles de liderazgo compartidos - Responsabilización individual y mutua - Propósito específico de equipo que es alcanzado por el propio equipo - Productos de trabajo colectivo - Fomenta la discusión abierta y reuniones activas de resolución de problemas - Mide el desempeño directamente, evaluando los productos de trabajo colectivo - Discute, decide y hace verdadero trabajo en conjunto

Figura 1. 1.- Diferencias entre grupo y equipo de trabajo

La diferencia entre estos dos conceptos se mide según los resultados de desempeño. En el caso del grupo, el desempeño es la suma de lo que los miembros hacen individualmente, mientras que, en los equipos, el desempeño incluye resultados individuales y colectivos, o "productos de trabajo colectivo", como definen los autores. Un producto de trabajo colectivo refleja la contribución conjunta y real de los miembros de un equipo.

Respecto al número de personas de su formación, existen equipos de trabajo con un alto número de miembros que pueden considerarse equipos, pero grupos con este tamaño que tienden a dividirse en subgrupos. La capacidad de interacción entre los miembros es más fácil en equipos de menor tamaño, además de trabajar sus diferencias individuales, funcionales y jerárquicas. Los grupos grandes, además, entrañan restricciones que impiden un dinámico intercambio de puntos de vista, indispensable para hacer equipo. Estos grupos, en vez de intentar definir un objetivo común, solo generan tareas o actividades sin fundamento que no pueden ser considerados objetivos concretos.

Además de la correcta definición del tamaño óptimo de un equipo, estos han de identificar/ encontrar la combinación de habilidades / capacidades adecuadas teniendo en cuenta a sus miembros. Este aspecto puede resultar básico en la formación de cualquier

equipo, pero según el estudio es un problema bastante habitual. Estas habilidades pueden ser distinguidas por 3 categorías:

1. Experticia técnica o funcional: en los equipos no deberían existir en exclusiva miembros expertos en una determinada materia sino en distintas disciplinas. Este aspecto multidisciplinar aumenta la probabilidad de alcanzar el éxito.
2. Habilidades de resolución de problemas y toma de decisiones: antes de tomar decisiones, los miembros de los equipos deberán identificar los problemas a los que se enfrentan, las oportunidades existentes y las opciones para avanzar.
3. Habilidades interpersonales: la comunicación eficiente y la discusión para solucionar conflictos de manera constructiva, es fundamental para alcanzar propósitos comunes en un equipo. Las habilidades interpersonales pueden suponer poner en riesgo relaciones con los componentes del equipo, pero ponerlas en práctica es necesario.

Cuando las personas trabajan en conjunto en pos de un objetivo común, la confianza y el compromiso le siguen. En consecuencia, los equipos que gozan de un compromiso y enfoque comunes y fuertes, inevitablemente se responsabilizan, como individuos y como equipo, del desempeño de equipo. Este sentido de responsabilidad mutua también produce las ricas recompensas de un logro mutuo que son compartidas por todos. Cada organización se enfrenta a desafíos de desempeño específico para los cuales los equipos son el vehículo más práctico y poderoso de que disponen. Por lo tanto, el rol crucial de los altos ejecutivos es preocuparse del desempeño de la empresa y del tipo de equipos que pueden alcanzarlo. En otras palabras, esta alta dirección y altos ejecutivos han de desarrollar habilidades y capacidades de liderazgo inteligente. El estudio sobre el liderazgo comienza a desarrollarse en los años 40, coincidente con la II Guerra Mundial. El liderazgo es, fue y será un tema global que afecta a todas las personas sea cual sea su contexto empresarial o social. En los años 60 se realizó una investigación en EEUU sobre cómo se forma un líder, ya que era casi imposible el realizar una lista con todas las cualidades (Stogdill, 1974). Se definen entonces dos habilidades fundamentales: "la preocupación por la tarea" y " la preocupación por la persona".

Tomando como referencia los datos de este estudio, han sido muchos los investigadores sobre los factores que crean la necesidad de seguimiento hacia un líder (Adair, 1973), concluyendo con tres necesidades de las que los líderes han de hacerse cargo (Figura 1. 2.- Los 3 círculos del liderazgo según John Adair). Este autor asentó con su descubrimiento las bases del enfoque funcional, primero introduciendo la idea de

desarrollo del líder y segundo, separando el aspecto humano en dos partes: equipo e individuo. Aún siendo numerosos los modelos de liderazgo a utilizar para no incurrir en errores, lo que de verdad lleva al desarrollo del líder será la mezcla de aspectos como la observación, experiencia, investigación y reflexión. El liderazgo ha de ser un proceso transformacional, que desarrolle el potencial de cada persona en lugar de ser un acuerdo contractual en el que personas actúan únicamente para obtener una recompensa, sea monetaria o no.

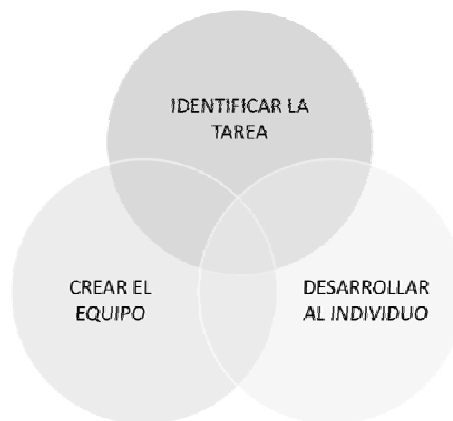


Figura 1. 2.- Los 3 círculos del liderazgo según John Adair

Reacciones ante el cambio

Con cambio nos referimos a la transformación del liderazgo en las organizaciones. Es natural que lleve su tiempo alcanzar el éxito, sobre todo porque hasta que todos los miembros de la organización cambien sus convicciones, el cambio no será realizado completamente (Hooper & Potter, 2006). Es habitual que las personas pasemos por una serie de estados hasta admitir la nueva situación:

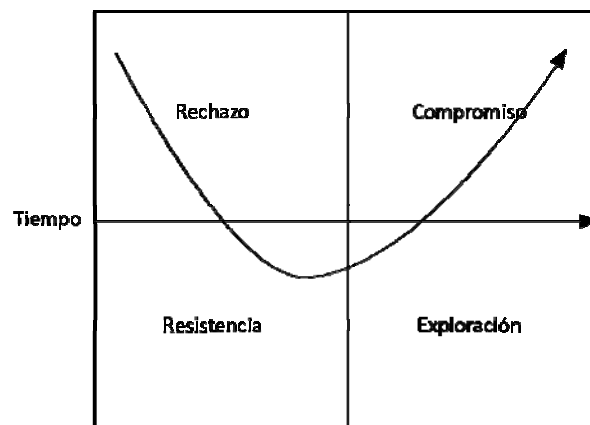


Figura 1. 3.-Cuadrante de reacciones al cambio

Estos estados que muestra la Figura 1. 3.-Cuadrante de reacciones al cambio pueden ser descritos de la siguiente manera:

1. El rechazo: negar que el cambio sea necesario
2. La resistencia: oposición activa al cambio
3. La exploración: probar distintos aspectos del cambio
4. Compromiso: comprensión de los beneficios del cambio

La mayoría de las personas recorren todas las fases mientras intentan racionalizar lo que se requiere de ellas. Es inevitable que todo esto dure un tiempo, es importante y necesario que sea así, las personas necesitan convencerse de que pasar por dicha experiencia es beneficioso. Una de las razones por las que el proceso de cambio tarda tanto tiempo es el hecho de que el cambio implica nuevos modos de trabajar e innovación. Las organizaciones constantemente buscan nuevas ideas y métodos mejores para obtener el máximo potencial de sus trabajadores. Ajustarse al tiempo que se tarda en gestionar el proceso de cambio requiere preparación y flexibilidad. También requiere un enfoque inteligente y la sensibilidad de asegurarse de que el personal sobrelleva el cambio. Cada vez más empresas se dan cuenta de que el proceso no es fácil y que se han de dedicar los mejores esfuerzos de dentro y fuera de la empresa para lograr el éxito.

1.3. Inteligencia emocional en trabajo en equipos

El impacto de la inteligencia emocional en la eficacia organizativa

Un estudio de la Gallup Organization (Employee engagement and manager, 2005) sobre 2 millones de empleados en 700 organizaciones reveló que el tiempo que un empleado permanece en una empresa y su productividad estarán determinados por su relación con su supervisor inmediato. ¿Qué es lo que tienen los jefes que tanto importa en su relación con los empleados? Los más eficaces son aquellos que cuentan con la habilidad de darse cuenta de cómo se sienten sus empleados en una situación laboral y de intervenir con eficacia cuando dichos empleados empiezan a sentirse desanimados o insatisfechos. Este tipo de jefes también son capaces de manejar sus propias emociones, para hacer

así que sus empleados confíen en ellos y se sienten bien al trabajar a su lado. En resumen, los jefes que hacen que sus empleados quieran trabajar con ellos, son aquellos que dirigen con *inteligencia emocional (IE)*.

Los mayores desafíos que tanto jefes como empleados suelen identificar son el afrontar grandes y rápidos cambios, impulsar la innovación, aumentar la fidelidad de los clientes y la preparación por parte de la organización para trabajar en el extranjero.

Prácticamente en todos estos casos anteriores, la inteligencia emocional juega un papel importante a fin de satisfacer esas necesidades. Por ejemplo, a la hora de gestionar los cambios bruscos, los líderes deben de ser conscientes y manejar sus propias sensaciones de ansiedad e incertidumbre (Bunker, 1997), además de ser conscientes de las reacciones emocionales de otros miembros de la organización.

La IE permite a las personas afinar las intuiciones más cercanas y útiles a la hora de tomar decisiones difíciles. También influye en la eficacia organizativa de varias áreas de la organización como son la contratación, el desarrollo de talento, el trabajo en equipo, las ventas o la calidad de servicios.

Anteriormente se ha hecho referencia la IE como competencia individual, sin embargo, también se puede considerar como una competencia grupal. Vanessa Druskat y Steven Wolff (Druskat & Wolff, 2001), explican que existen grupos emocionalmente inteligentes que muestran una cooperación, compromiso y creatividad en consonancia que suponen un alto beneficio para las organizaciones, y también para ellos mismos. Se ha investigado que al igual que el individuo emocionalmente inteligente contribuye a la IE del grupo, la IE del grupo contribuye a su IE individual.

La utilización de equipos de trabajo en entornos organizativos ha crecido enormemente en la última década después de que las organizaciones descubriesen que integrar distintas perspectivas, habilidades y conocimientos fomenta la innovación y mejora la toma de decisiones (Lawler, 1998). El incremento en el uso de equipos de trabajo también ha provocado un gran interés en determinar qué los convierte en efectivos, para poder facilitar su éxito. De esta manera, se conoce que la base para un buen trabajo en equipo requiere el establecimiento de una pauta de cooperación y colaboración entre los miembros, seguido de la existencia de procesos de interacción cooperativos que favorezcan el intercambio de información, la integración de ideas y conocimientos.

Para poder determinar el modo en que los grupos desarrollan procesos de relación eficaces se requiere de una comprensión previa acerca del papel de la emoción en los

grupos. Según Kemper, (A social interactional theory of emotions, 1978), las emociones humanas tienen origen en las relaciones sociales, la emoción es una influencia general en los grupos y está relacionada sobre todo con la manera en que los integrantes de los grupos se relacionan y trabajan juntos. Se puede afirmar que la capacidad de un grupo para gestionar las emociones de manera inteligente tiene una elevada relevancia, y podemos identificar el concepto "inteligencia emocional grupal (IEG)" que sería la capacidad para desarrollar un conjunto de normas que traten con procesos emocionales, como la confianza, la identidad grupal y la efectividad grupal (Figura 1. 4.-Aspectos clave en la inteligencia emocional).

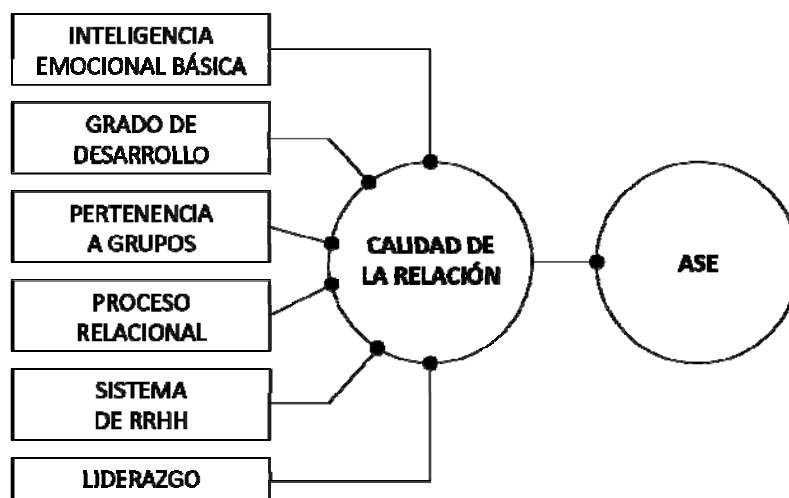


Figura 1. 4.-Aspectos clave en la inteligencia emocional

Una característica diferenciadora del contexto grupal es que los mecanismos de conciencia y regulación se concentran en tres entornos de relación particulares: interpersonales, grupal y fuera del grupo. Por ello, el grupo debe desarrollar normas que faciliten la conciencia y regulación de 1) las emociones de los miembros individuales (aquí, conciencia y regulación son similares a la empatía y las habilidades sociales), 2) las emociones compartidas, o grupales (similar a la atmósfera de grupo (Lewin, 1948) o a la mente grupal (McDougall, 1920) y 3) las emociones inherentes a las relaciones con grupos e individuos fuera de los límites del grupo. En cada uno de estos entornos, el comportamiento emocionalmente competente crea confianza, identidad grupal y eficacia de grupo, unas creencias que se han vinculado empíricamente a la efectividad grupal.

El contexto actual, un mundo caracterizado por la globalización, el rápido cambio tecnológico, la diversidad en el lugar de trabajo y la turbulencia ambiental constante, hace que el desarrollo de inteligencia emocional resulte cada vez más necesaria para un rendimiento más eficaz. Aunque el conocimiento técnico y cognitivo continua siendo muy importante, son numerosos los autores (Spencer, 1997) (McClelland, 1997) que afirman que cualidades personales como la conciencia, auto motivación, flexibilidad, empatía o resolución de conflictos, son ingredientes vitales para un trabajo en equipo exitoso.

Los estudios (Cherniss & Goleman, 2000) muestran que las relaciones pueden ser de vital importancia y utilidad para el desarrollo de la competencia emocional y que ésta dependerá de la calidad de dichas relaciones. La siguiente Figura 1. 5.- Factores de mayor importancia para las relaciones emocionales ilustra los factores detectados de mayor influencia:

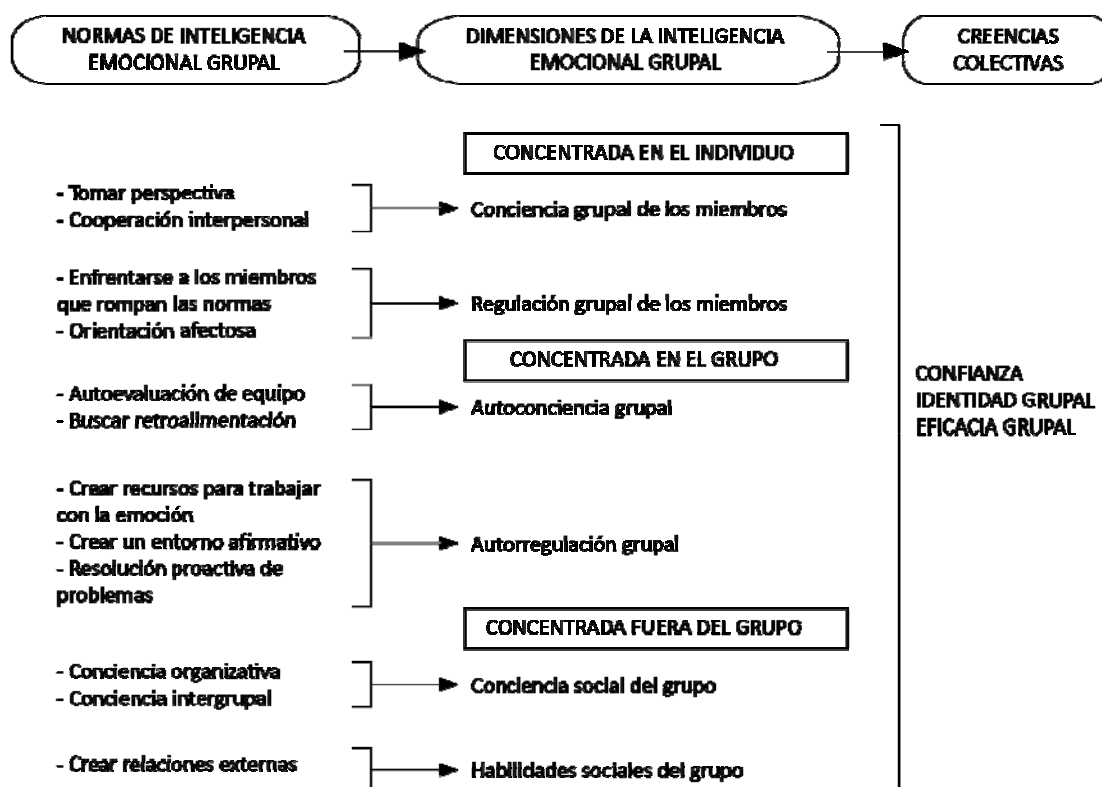


Figura 1. 5.- Factores de mayor importancia para las relaciones emocionales

Partimos del conocimiento de un nivel individual donde está la inteligencia emocional básica que cada persona aporta a la relación. Se sostiene que la capacidad de una relación para facilitar el aprendizaje social y emocional (ASE), depende en parte de los

niveles básicos del individuo relacionados con su postura hacia la autoridad, la identidad y la competencia.

En un nivel interpersonal y de grupo, la figura sugiere que la pertenencia a grupos significativos, como raza y género, afectarán al potencial de desarrollar una mayor competencia emocional. Con respecto a este nivel, también destacamos los procesos relacionales. Existen pautas de comportamiento rutinarias que a menudo son conscientes e intencionados, tienen un impacto significativo sobre nuestras competencias emocionales.

El último nivel sería el de la organización, refiriéndonos a los sistemas ordinarios de RRHH y al liderazgo. En relación con la primera, la contratación, selección, formación y desarrollo, pueden ayudar al establecimiento de relaciones contributivas al desarrollo de competencias emocionales. Respecto al liderazgo, los líderes a través de sus decisiones sobre política organizativa y su comportamiento, influyen en como la cultura de la organización y su sistema de recompensas fomentaran y reforzaran la competencia social y emocional.

Las oportunidades para el desarrollo de aprendizaje social y emocional (ASE) tiene mayores oportunidades en relaciones creadas en el interior de los equipos de trabajo. En la actualidad la mayoría de las personas trabajamos en organizaciones basadas en equipos y pasamos una gran parte del tiempo laboral relacionándonos con miembros de varios tipos de grupos y equipos permanentes y temporales, como equipos de desarrollo de productos, equipos de ingeniería, equipos de ventas, departamentos, equipos de trabajo... Los estudios muestran que cuando existe un énfasis en el aprendizaje relacional, las relaciones con compañeros de diversos equipos se convierten en lugares de aprendizaje de competencias personales y sociales.

Al colaborar con sus compañeros de equipo en la realización de unas tareas, la persona cuenta con varias oportunidades para desarrollar competencias personales y sociales. Pueden observar a sus compañeros manejando situaciones concretas con clientes, o superiores y utilizar las estrategias que ven en los demás para sus propias situaciones. Los compañeros del equipo pueden buscar consejo u orientación en ellos, de esta manera uno mismo tiene la oportunidad de reflexionar sobre experiencias pasadas, aumentando así su propia conciencia, así como la conciencia social. Cuando se trabaja en equipo, las personas suelen enfrentarse a dificultades relacionadas con liderar, gestionar y comunicar, por ello formar parte de equipos proporciona a los individuos un

previo ensayo de habilidades sociales a utilizar en un futuro (Bennis & Bierderman, 1997) (Figura 1. 6.- Relaciones según su inicio).

PROPÓSITO INICIAL	MODO DE INICIO	
	ORGANIZADAS FORMALMENTE	SUCEDEN DE MANERA NATURAL
Desarrollo	Relaciones asignadas de tutoría	Relaciones emergentes de tutoría
	Relaciones asignadas de orientación	Relaciones emergentes de orientación
Realizar un trabajo	Relaciones de supervisión	Relaciones emergentes entre compañeros
	Relaciones en el interior de equipos	Redes de relaciones organizativas

Figura 1. 6.- Relaciones según su inicio

1.4. Transformación de los canales para transferencia de información

Como mencionábamos en apartados anteriores, la organización como se conocía en el pasado ha sido transformada desde sus pilares por diversos motivos que incumben a la evolución del entorno. Es por ello que esta "nueva" organización, a la que denominaremos *organización 2.0* sirva de punto de inicio para marcar un hito.

La *organización 2.0* se trata de una estructura cambiante y que hace partícipe a sus miembros, haciendo que colaboren y no tengan miedo a los cambios. Estos trabajadores se convierten en protagonistas y catalizadores para solucionar los futuros desafíos. Estas nuevas estrategias son lo que genera la creación de esta nueva organización, donde el éxito, fuerza y permanencia no reside en sus fuentes de producción sino en el conocimiento, talento y competencias de sus trabajadores, en sentido colectivo y de la mano de las nuevas tecnologías.

Veíamos anteriormente que las formas de gestión tradicionales no se pueden adaptar a las nuevas demandas y son remplazadas por otras que enfoquen su atención hacia las redes interprofesionales para facilitar la colaboración y el intercambio de información y

conocimiento, mediante los servicios de la web 2.0. La consultora Frost & Sullivan (Organizaciones exponenciales, 2014) establecen que cada vez más, las personas están incrementando su trabajo en entornos digitales, en diferentes ubicaciones, manteniendo relaciones profesionales con compañeros, clientes o socios. Para todo integrante en una organización es un aspecto esencial el estar conectado y poder trabajar sus relaciones sin que sea de manera física o sin necesidad de viajar, en entornos colaborativos y que esto no se traduzca en una bajada en la productividad en sus puestos de trabajo.

Las organizaciones recurren a una gran variedad de tecnologías de colaboración basadas en IP, como audio, video, gestores de contenido, mensajería, podcats, etc. Herramientas y servicios que buscan aumentar la experiencia colaborativa entre trabajadores, potencia la productividad y mejorar el flujo de transferencia de conocimiento en el ámbito intra-organizacional e inter-organizacional.

Del estudio "Meetings Around the World II: Charting the Course of Advanced Collaboration" realizado en Asia, América y Europa por la consultora antes mencionada (Frost & Sullivan, 2010), se extraen datos que desvelan, por ejemplo, que el 72% de las empresas que afirman haber desarrollado herramientas colaborativas, creen haber aumentado su rendimiento en un 71% frente a un 46% de organizaciones que no las han implementado y que han registrado un rendimiento de resultados del 45%.

Los autores Coleman y Levine (Levine & Coleman, 2008) definen la colaboración 2.0 como "una colaboración emergente (no planeada e informal), abierta (independiente a las fronteras organizacionales) y masiva (implica multitudes)."

Alrededor de los conceptos 2.0, web y colaboración, y con la exponencial acogida de las tecnologías y servicios que incluyen, se han mejorado los niveles de colaboración en las organizaciones considerablemente por lo que surge el concepto de empresa 2.0 (Enterprise 2.0). McAfee (Empresa 2.0: el nacimiento de la colaboración emergente, 2006) utilizan el concepto de enterprise 2.0 para hacer referencia a cómo las tecnologías de la web 2.0 se pueden personalizar para mejorar la forma de comunicarse en un entorno empresarial, significando esto una mejora la colaboración.

La colaboración se trata de un proceso en el que las personas unen fuerzas y trabajo para conseguir mejorar o innovar sobre el diseño de productos y servicios, desarrollar estrategias y dinámicas, resolver problemas, aportar soluciones y aprovechar las oportunidades. Consiste en un conjunto de interacciones, comunicaciones y otras actividades como la búsqueda de información, realización de preguntas y generar ideas.

En este apartado entendemos la colaboración como una plataforma tecnológica que soportar el proceso de transferencia de conocimiento, y que estará compuesto de múltiples herramientas y tecnologías digitales, afirmación apoyada por los autores Turban (Information technology for management: Reinventing the organization, 2010) y Boughzala (Gestión del conocimiento en la empresa, 2012). La colaboración, además, requiere de que los trabajadores estén coordinados en la elaboración de las actividades para conseguir un objetivo común y previamente definido. Respecto al alcance de la colaboración, ésta existe dentro de una organización y entre organizaciones, y en ambos casos es señalado como relevante la motivación ejercida en los participantes por parte de los directivos o líderes de las empresas 2.0.

Turban era uno de los autores que defendían la necesidad de múltiples tecnologías en la implantación de la colaboración 2.0, incluyendo herramientas informáticas, infraestructuras, servicios y con frecuencia hacía referencia al "software social". Además de estos aspectos, también se comprende que la web 2.0 está formada por personas y procesos dinámicos, en un tiempo y lugar determinado (Figura 1. 7.- Matriz de tiempo y espacio)

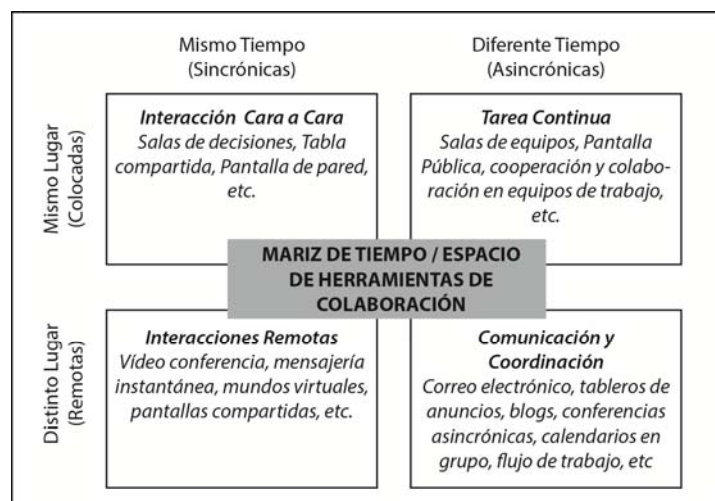


Figura 1. 7.- Matriz de tiempo y espacio

El autor Laudon (Laudon, 2012) propone la siguiente matriz tras la investigación de nuevos modelos de colaboración basados en los aspectos enumerados anteriormente, los cuales están llamados a resolver las barreras del tiempo y del espacio, que suelen ser dañinos hacia la colaboración organizacional (Figura 1. 8.- Componentes de la colaboración 2.0)

- **Tecnologías y servicios:** plataformas digitales de la web 2.0 que facilitan las directrices de colaboración que la organización ha definido. En el caso que la organización tenga un departamento de TI, será este el que aconseje en la toma de decisiones relacionadas con las formas de trabajo o políticas de uso. Nuevos escenarios en el trabajo son definidos al aplicar un estructura "2.0" con todo lo que conlleva, la cultura organizacional y estrategias han de actualizarse para su correcto funcionamiento.
- **Personas:** participantes, usuarios, grupos, organizaciones que colaboran y participan en un ámbito colaborativo que facilita la transferencia de conocimiento. En el contexto del 2.0 se identifican 3 componentes fundamentales: emisor / receptor / participantes, entre los que distinguimos: trabajadores del conocimiento (ingenieros de software, arquitectos, ingenieros industriales, científicos); equipo de gestión de la transferencia de conocimiento; el líder de dicho proceso; jefes de departamento; RR.HH.; clientes, socios, proveedores...
- **Procesos:** identificamos proceso propios del negocio y el proceso de transferencia de conocimiento, en base a los que definir las políticas de colaboración.

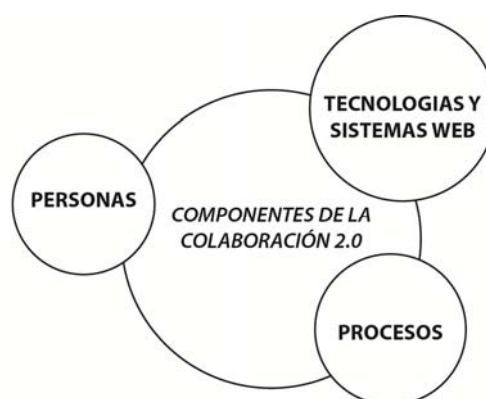


Figura 1. 8.- Componentes de la colaboración 2.0

Hasta el momento no ha sido definida una estrategia única y superior ya que cada organización muestra unas necesidades y contexto distinto de los demás, al igual que pasa con las tecnologías tradicionales. No existe de igual modo una manera de definir las, pero si podemos encontrar en la literatura como aproximarnos a su confección. IBM Corporation (Uso de la colaboración para fomentar la innovación en su organización, 2007) contempla que para la definición de una estrategia de colaboración 2.0, deberán tenerse en cuenta lo siguiente:

- Actualización del modelo organizacional: la organización a de contemplar otros mecanismos de gestión para marcar su aspecto competitivo, enfocándose en el cliente, los trabajadores, y la creación de conocimiento.
- Colaboración: con la creación de entornos y estructuras que ayuden a la hora de transferir conocimiento e información en la misma organización o entre organizaciones, incluyendo trabajadores, clientes, socios...
- Integrar TI y negocio: cuando aplique, será interesante combinar las nociones tecnológicas y las políticas de uso de la web 2.0 con la visión comercial y de comunicación organizativa para el logro de objetivos empresariales.

HONDA, referente en buena comunicación organizacional

Un buen ejemplo de buena comunicación sería el caso de Honda, en Reino Unido, en la que la organización diseñó una estructura de gerencia que significara una mejor efectividad de la comunicación. Su sistema de comunicación, teniendo una estructura de cinco niveles jerárquicos basada en la idea de la necesidad de aplicar el trabajo en equipo por sus características de estructura plana, reconoce la transmisión de información en todas direcciones y en sentido contrario. Tal fue la efectividad de su innovador sistema que se ha convertido en una estructura organizativa referente para el refuerzo de comunicaciones(Figura 1. 9.- Estructura organizativa ejemplo HONDA).

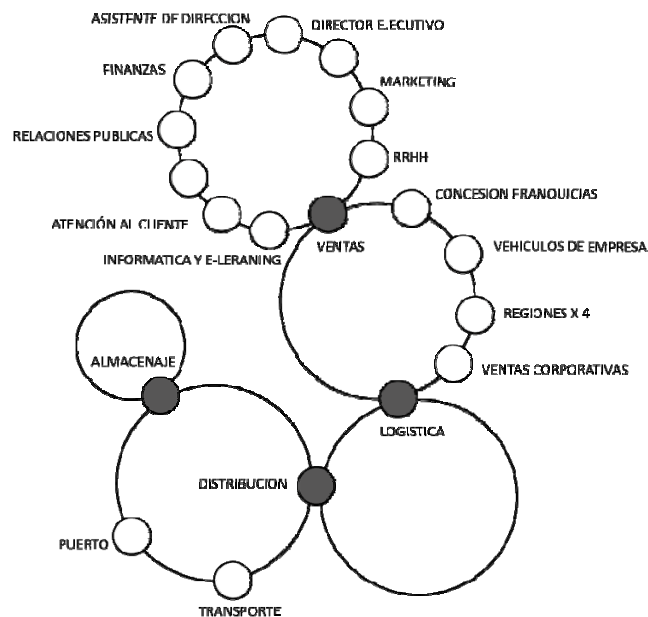


Figura 1. 9.- Estructura organizativa ejemplo HONDA

El sistema tiene dos reglas básicas: no superar las 10 personas por equipo (representado por un círculo) y solo un integrante puede estar en dos equipos a la vez, convirtiéndose a su vez en el responsable de la comunicación entre esos dos círculos.

Que este organigrama no tenga una forma jerárquica, ni ninguna otra en concreto, no es algo casual, explica su director ejecutivo Ken Keir. El equipo directivo incluye al asistente de dirección como un miembro de igual rango que el resto. Honda ha desarrollado una estructura a su vez simbólica y práctica, basada en su filosofía y perfeccionada con la experiencia. Una de las claves para mantener este nivel es que su director ejecutivo invierte del orden de 3-4 horas con su equipo de RR.HH. hablando del personal. Su compromiso le ha llevado a crear puestos de trabajo que exigen mucho a aquellos empleados con talento y que a su vez supone un desafío. Desarrollar el capital intelectual es otra tarea a la que se consagran las mejores empresas. A medida que el mundo se complica y nos adentramos en la "época del conocimiento", las organizaciones de escala mundial invierten considerables presupuestos en contratación y en desarrollo de los individuos con capacidad de aprender.

1.5. La industria 4.0 y la transformación digital

El objetivo principal de la transformación digital se relaciona de manera directa con lo que se conoce hoy en día como la cuarta revolución industrial, o Industria 4.0, debido a que la digitalización cumple una función esencial en la aplicación a escala industrial de sistemas automatizados, que es de lo que trata esta revolución: el desarrollo de procesos productivos y la interconexión entre máquinas para poder conseguir redes de producción que aceleren y ofrezcan un uso más eficiente de los recursos.

El término Industria 4.0 fue utilizado por primera vez por el gobierno alemán que describe la relación de los procesos de producción basada en la tecnología y en dispositivos que se comunican entre ellos de forma autónoma a lo largo de la cadena de valor (Smit, 2016). Es un proceso que incorpora muchos beneficios (económicos) y posibles perjuicios también (productos y máquinas interactúan sin necesidad de la intervención del ser humano), acompañado de grandes incertidumbres (efectos en los consumidores, en los servicios público, en la propiedad de las empresas...).

La transformación digital no solo está encaminada al cambio en nuestra economía, sino también en la naturaleza de los mercados de trabajo y de la mano de obra. La cuarta revolución, los robots y la inteligencia artificial suponen un cambio en el mercado laboral. La diferencia con respecto a las anteriores revoluciones, es que estas aportaron a la civilización fuerza y destreza física, mientras que esta cuarta tiene que ver con las capacidades cognitivas. (Figura 1. 10.- Evolución de la industria).

Esta realidad tendrá un cambio significativo en el empleo, la organización del trabajo; pero los valores de la digitalización y el cambio no se limitan al mundo del trabajo. Los procesos de cambio se entrelazan con todas las esferas de la sociedad: los sistemas de seguridad social, la cultura y la educación, la seguridad ciudadana, las infraestructuras, etc. y en todos los factores que rodean la sociedad: economía, turismo, comercio, información, logística, seguridad...

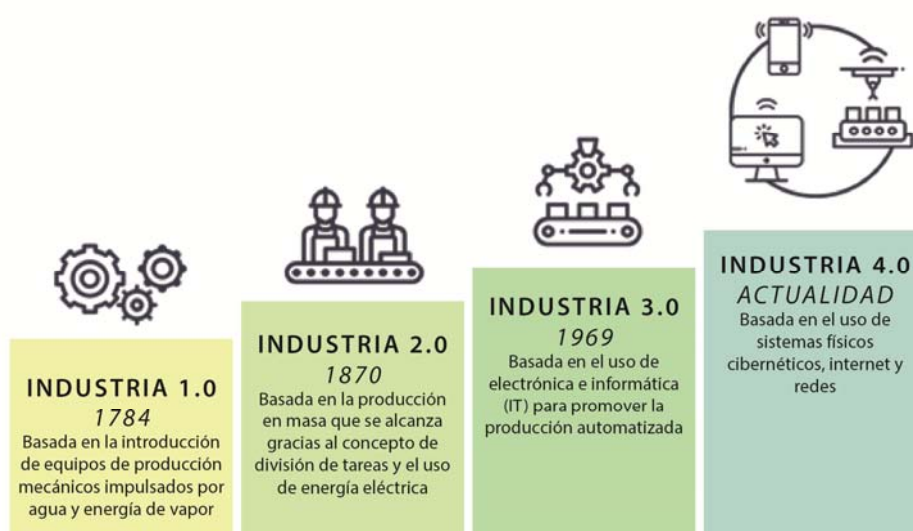


Figura 1. 10.- Evolución de la industria

Los sensores, máquinas, componentes y los sistemas informáticos estarán conectados a lo largo de la cadena de valor, interactuando entre ellos mediante protocolos basados en internet, con los que poder analizar los datos para prever errores y adaptarse por si mismos a posibles cambios. Las tecnologías digitales permiten el vínculo del mundo físico (dispositivos, materiales, productos, maquinaria e instalaciones) con el digital, haciendo a su vez que las barreras entre personas y máquinas vayan desapareciendo por completo. Existen 3 tipos de palancas para la digitalización: los facilitadores; los inhibidores; los diferenciadores. (Tabla 1. 1.- Tabla palancas para la transformación digital)

PALANCAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

FACILITADORES	INHIBIDORES	DIFERENCIADORES
Banda Ancha	Resistencia al cambio	Procesos
Cloud	Seguridad digital	Puntos de contacto
Internet de las cosas (IoT)	Talento y capacitación	Eficiencia
Big Data	Soluciones históricas	Tecnología
Robots	Agilidad	Innovación
Impresoras 3D	Regulación	Organización
Inteligencia Artificial (IA)	Cultura	Información

Tabla 1. 1.- Tabla palancas para la transformación digital

Las nueve tecnologías (Tabla 1. 2.- Tabla de tecnologías digitales destacadas y definiciones) sobre las que se fundamenta la Industria 4.0 ya se están utilizando actualmente en las empresas manufactureras pero de forma aislada. Con esta nueva revolución, las cadenas de valor se transformarán en un flujo completamente integrado, automatizado y optimizado que mejorará la eficiencia y cambiará la relación tradicional entre proveedores, productores y clientes, así como entre personas y máquinas:

TECNOLOGIA	FINALIDAD
BIG DATA	Consiste en a gestión, análisis y procesamiento de un gran volumen de datos, que no pueden ser tratados por herramientas software convencionales
ROBOTS AUTONOMOS	Sistemas automáticos de alta complejidad con una estructura mecánica articulada, versátil y con movilidad
SIMULACION	Modelos matemáticos para la evaluación de alternativas, pudiendo tomar decisiones exitosas en base a la experimentación

INTEGRACION DE SISTEMAS	Digitalización de la organización interna de la empresa así como de los datos de las actividades
INTERNET DE LAS COSAS (IoT)	Dotación a distintos dispositivos de informática integrada y conectarlos entre sí, permitiendo que se comuniquen e interactúen
CIBERSEGURIDAD	Protección fiable y segura de la privacidad de las conexiones
LA NUBE	Permite compartir y almacenar información de forma casi ilimitada y segura
FABRICACIÓN ADITIVA	Proceso de fabricación con el que agilizar la producción de series cortas, productos complejos, personalizados y más ligeros
REALIDAD AUMENTADA	Es una tecnología que nos permite superponer elementos virtuales sobre nuestra visión de la realidad

Tabla 1. 2.- Tabla de tecnologías digitales destacadas y definiciones

A estas tecnologías mencionadas se pueden añadir los adelantos en la obtención de nuevos materiales, y en especial, los sistemas informáticos integrados de ingeniería de materiales (ICME, 2008). Entre los nuevos materiales destacan los nano-materiales, aquellos que tienen propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro en al menos una dimensión, y el grafeno, una lámina de carbono de un solo átomo de grosor, transparente, flexible, ligera, resistente.

Esta cuarta revolución, basada en el análisis de datos, trae consigo la eliminación de los distintos niveles que se encuentran en las cadenas de valor, ya que todos los eslabones ahora aportan información relevante a la red. El WORLD ECONOMIC FORUM (The Future of Jobs. Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution, 2016) defiende la presencia de esta revolución industrial y destaca los adelantos que se le presuponen inherentes en materia de biotecnología, entre otros. También afirma que los sistemas inteligentes (por ejemplo, los que encontramos en casas, granjas o fábricas) permitirán afrontar un amplio abanico de problemas que van desde la gestión de las cadenas de suministro hasta el cambio climático.

Otros autores como Erik Brynjolfsson (The second machine age, 2014) interpreta esta cuarta revolución como una segunda era de las máquinas. La primera era empezó con la

máquina de vapor, mientras que la segunda tiene como protagonistas los ordenadores y el mundo digital, que pueden llevar a una economía global de la abundancia en la que se espera un crecimiento sin precedentes. En la primera los avances tecnológicos de las maquinas complementaban al hombre, en la segunda, esta parte humana ligada a la producción pierde importancia y las maquinas pueden tomar sus propias decisiones.

Independientemente del sector (Figura 1. 11.- Sectores más orientados a la digitalización), el punto en común de las diferentes opiniones es la transformación digital de la industria, la cual, es una generadora de beneficios tanto para procesos productivos, productos y modelos de negocio (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014):

- Eficiencia y flexibilidad: procesos productivos más eficientes mediante la optimización de recursos energéticos o de materias primas y reducción de costes; reducción de plazos y personalización de productos.
- Avances en productos: es el caso de los tejidos inteligentes o de la integración de la electrónica y de componentes digitales al automóvil.
- Nuevos modelos de negocio: como el transporte compartido o la economía colaborativa.

Sectores más orientados a la digitalización

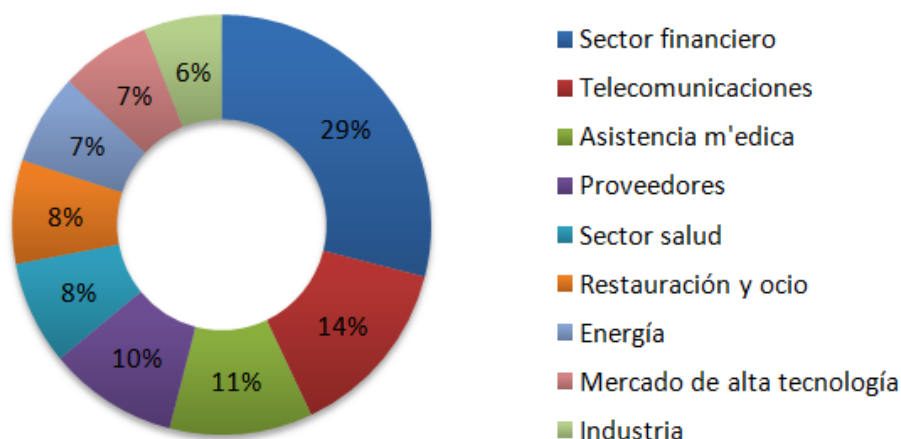


Figura 1. 11.- Sectores más orientados a la digitalización

En base a la información analizada por la consultora Deloitte en su informe "Las paradojas de la industria 4.0" (Deloitte, 2018), se extrae que las organizaciones por lo general, están centradas en primer lugar en perseguir una mayor eficacia en sus actuales

procesos. Muchas organizaciones emplean en gran medida tecnologías de la Industria 4.0 para mejorar lo que hacen en el presente, no para innovar en sus procesos. Las iniciativas principales en torno a la transformación digital de las organizaciones son empleadas para alcanzar metas de productividad y de operaciones de una manera más ágil y segura. Aunque también existen oportunidades para impulsar iniciativas en innovación, los datos muestran mayores niveles en acciones relacionadas con la productividad que con la innovación (Figura 1. 12.- Gráfico de iniciativas de las organizaciones).

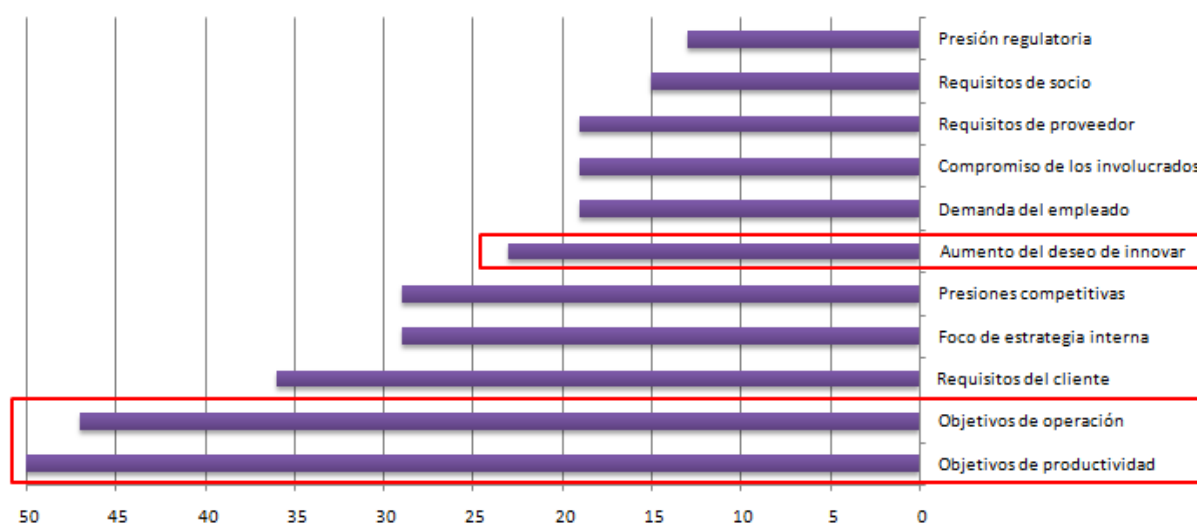


Figura 1. 12.- Gráfico de iniciativas de las organizaciones

Para que la industria 4.0 tenga éxito se han de tener en cuenta ciertos requisitos (Estudio encargado por el Parlamento Europeo, 2016) como son:

- Estandarización de sistemas
- Plataformas y protocolos
- Cambios en la organización del trabajo para adaptarse a los nuevos modelos de negocio
- Seguridad digital y protección del know-how
- Disponibilidad de trabajadores debidamente formados
- Investigación y desarrollo

Los procesos de digitalización e Industria 4.0 requieren de "habilitadores" para adaptar los desarrollos actuales a los futuros. Se trata de empresas tecnológicas que ofrecen conocimientos y aplicaciones a las empresas que tienen que impulsar nuevos

instrumentos para transformar el proceso de generación de servicios o el productivo. Como ejemplo, podremos destacar el caso de la fabricación aditiva, cuyas aplicaciones están ganando posiciones en sectores como la automoción, la aeronáutica y el sector salud. El boom de materias, relacionadas con el internet de las cosas o la inteligencia artificial, ha acelerado la necesidad de adaptarse tanto para las empresas nativas digitales como a las tradicionales, en sectores como la industria, la banca o las telecomunicaciones.

En relación con los anteriores requisitos para asegurar el éxito de la cuarta revolución, y en concreto con la formación de los trabajadores del futuro, abundan estudios sobre la preparación universitaria de los jóvenes para adaptarse con facilidad a esta nueva era. En el informe elaborado por Ranstand (La digitalización ¿Crea o destruye puestos de trabajo?, 2016) (Figura 1. 13.- Gráfico estudios universitarios), refleja un futuro aumento de 1,25 millones de puestos científico-tecnológico para el 2020 repartidos de la siguiente manera:

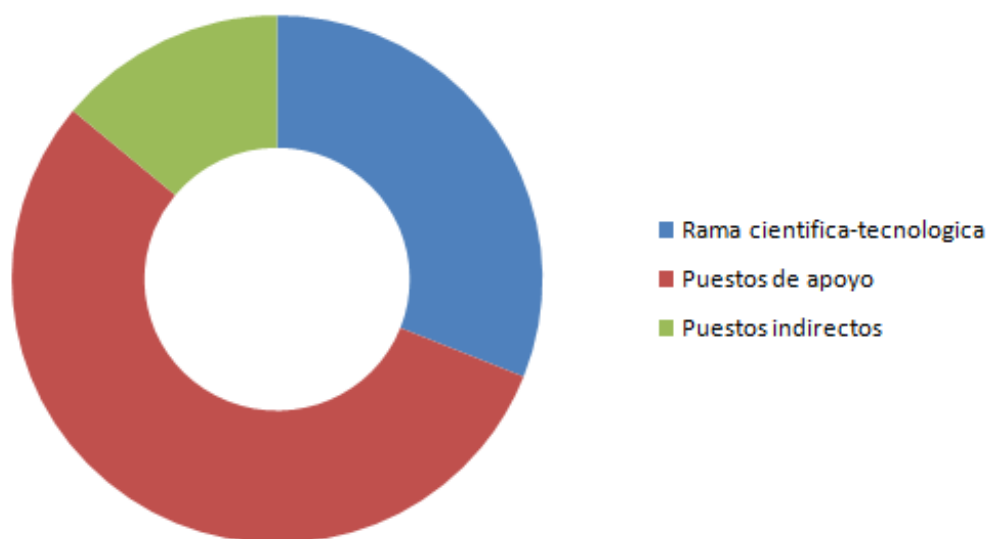


Figura 1. 13.- Gráfico estudios universitarios

Según datos recogidos por el Observatorio para el Empleo en la Era Digital, el 80% de los jóvenes entre 20-30 años encontrarán un trabajo relacionado con el ámbito digital en trabajos que aun no existen. Las 10 profesiones más solicitadas serán: ingeniero smart factory, chief digital officer, experto en innovación digital, data scientist, experto en big data, arquitecto experto smart cities, experto en usabilidad, director de contenidos

digitales, experto y gestor de riesgos digitales y director de marketing digital. Hoy en día, el incremento de la demanda de algunas de estas profesiones es una realidad.

En cuanto al grado de adaptabilidad de las tecnologías 4.0 en la industria, el Instituto de Estadística de Cataluña (L'impacte laboral de la indústria 4.0 a Catalunya, 2018) ha realizado un estudio sobre este territorio en el que participan 550 empresas industriales (Figura 1. 14.- Gráfico sobre la adaptabilidad de la industria actual a la industria 4.0). Los resultados muestran que aproximadamente un tercio de las empresas tendrán posibilidades de incorporarse a la transformación digital, también destaca un alto porcentaje de empresas que no tienen información sobre la Industria 4.0.

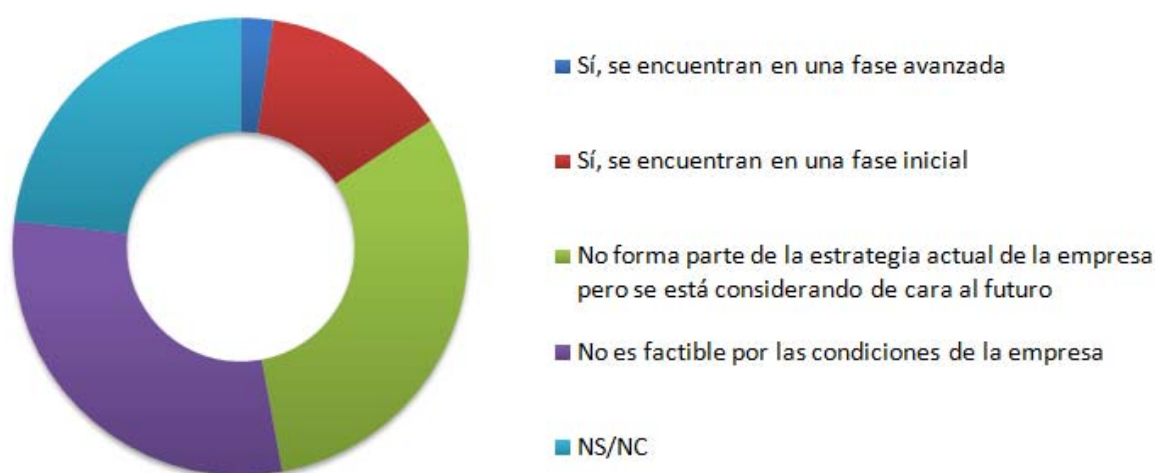


Figura 1. 14.- Gráfico sobre la adaptabilidad de la industria actual a la industria 4.0

Respecto a ese tercio del tejido que se encuentra inmerso en la nueva industria, resulta interesante poder identificar cuáles son las tecnologías que tienen mayor presencia y mayor grado de implementación en el momento de la realización del estudio, 2017, y su predicción para el futuro, el año 2020. De esta manera destacamos la ciberseguridad, la integración de sistemas y el big-data, como tecnologías de alto nivel de implementación tanto en el 2017 como para el 2020. En lugar opuesto, y como una mayor tendencia de crecimiento para el 2020, tenemos la simulación 3D, la fabricación aditiva y la realidad aumentada (Figura 1. 15.- Evolución de la presencia de las nuevas tecnologías entre 2017 a 2020).

La transferencia de conocimiento en el sector de la fabricación aditiva

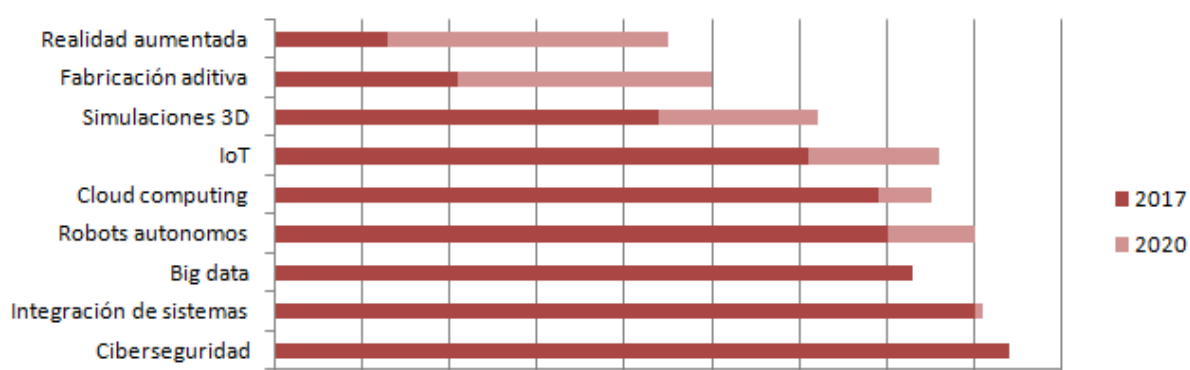


Figura 1. 15.- Evolución de la presencia de las nuevas tecnologías entre 2017 a 2020

Se comentaba al comienzo de este apartado, que la cuarta revolución industrial, es la aplicación a escala industrial de sistemas automatizados con especial incidencia en los procesos productivos y la interconexión entre unidades productivas, consiguiendo crear redes de producción digitales que permiten acelerar y utilizar los recursos de manera más eficiente, cuyo desarrollo se enmarca en cinco procesos integrados:

DISEÑO -> PLANIFICACION -> INGENIERÍA -> OPERATIVA -> SERVICIOS

La conexión ingeniería - operativa es el eslabón más problemático como consecuencia de un mercado cambiante, lo que exige flexibilizar líneas y aumentar el rendimiento en el menor tiempo posible. La penetración de la informática en los procesos industriales lleva observándose desde la década de los años 70' y es a partir del inicio de la década de los años XXI cuando se está intensificando la aplicación de innovaciones tecnológicas digitales en las actividades industriales. Los desarrollos basados en big data, cloud computing e IoT resumen gran parte del desarrollo tecnológico reciente cuya aplicabilidad a la industria manufacturera permite generar una cadena de valor más ágil y eficiente.

En cuanto al ámbito que nos atañe, la fabricación aditiva (FA) o impresión 3d (additive manufacturing o AM en inglés), los expertos auguran que esta nueva tecnología se convertirá en un producto generalizado durante el próximo lustro, en especial en sectores como el sanitario, el aeroespacial y el de bienes de consumo (Wholers Associates, 2018) (Figura 1. 16.- Presencia de la fabricación aditiva en distintos sectores). En España se conforman plataformas tecnológicas como Addimat (Asociación Española de Tecnologías de Fabricación aditiva y 3D), AFM (Asociación Española de Fabricantes de Maquina-Herramientas, Accesorios, componentes y herramientas) o el clúster Eureka Smart Fabricación Avanzada. Organizaciones que promueven e impulsan actividades de I+D+i y que serán claves para la implantación de empresas de la industria 4.0, mediante la

incorporación de tecnologías facilitadoras como la robótica colaborativa o la fabricación aditiva. Grupos que reclaman el fijar estándares y normativas para una correcta adaptación a la fábrica del futuro, garantizando calidad y seguridad de los procesos.

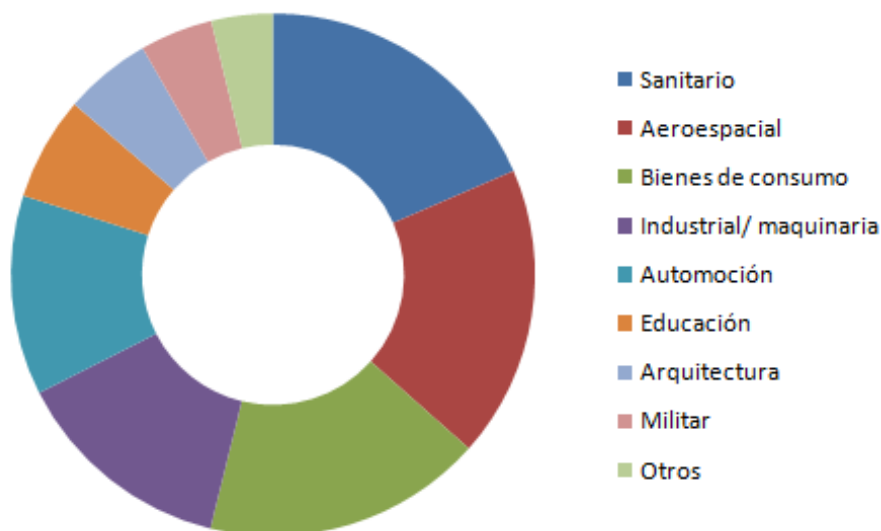


Figura 1. 16.- Presencia de la fabricación aditiva en distintos sectores

La consultora Gartner, en base a estadísticas e informaciones, prevé un porcentaje significativo de los aviones comerciales y militares de nueva fabricación que volarán en un futuro no muy lejano con estructuras y motores que habrán sido fabricados en una impresora 3D (Gartner Predicts. The growing business of additive manufacturing, 2017). De igual modo, el fabricante AUDI, líder en el sector automovilístico, afirma haber incorporado esta tecnología en su cadena de producción reduciendo en un 50% los tiempos en prototipado.

Aunque para el público consumidor esta técnica sea vista como de uso doméstico y propio de la comunidad start-up, desde la industria creen conveniente separar los procesos industriales de los particulares, ya que conceptualmente no están pensados para lo mismo y no resuelven los mismos problemas. La industria trabaja con parámetros de calidad, cantidad, eficiencia y costes que requieren soluciones industriales. Los informes sobre las tendencias del futuro elaborados por el NIC (National Intelligence Council), (Global trends 2030, 2017), aseguran que las tecnologías de tipo disruptiva serán determinantes en el futuro de la industria y del trabajo, situando la fabricación aditiva como una de las grandes palancas del cambio (Figura 1. 17.- Granja de fabricación aditiva. Producción en serie).



Figura 1. 17.- Granja de fabricación aditiva. Producción en serie

2. Estado del arte. La fabricación aditiva

2.1. Sector de la fabricación aditiva. Estado actual y predicciones

Han sido tres las grandes revoluciones acontecidas en la historia de la industria, la primera con la aparición de la máquina de vapor al finalizar el s. XVIII, la segunda sucedió con la disponibilidad de la energía eléctrica, seguida de la tercera de mediados del s. XX cuyos protagonistas fueron la electrónica y la conexión a través de internet. Hace pocos años se dio comienzo a la que parece vaya a ser la cuarta revolución, donde la robótica dará lugar a una transformación de nuestro entorno (WORLD ECONOMIC FORUM, 2018).

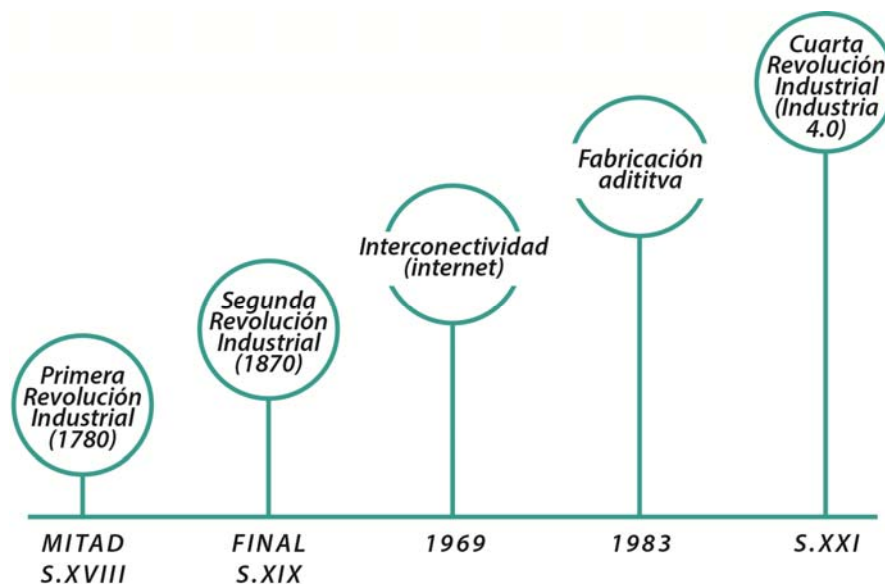


Figura 2. 1.- Revoluciones en la industria a lo largo del tiempo

Es el caso de la fabricación aditiva, considerada una de las tecnologías transformadores esenciales para la definición del nuevo enfoque en la fabricación y los productos, así como en las fábricas del futuro (Chua, 2014) La fabricación aditiva es una tecnología que surge en torno al año 1980 a raíz del invento de la impresora de inyección de tinta de la mano de Charles Hull. En ese momento no se consideró una revolución debido a que ofrecía ventajas limitadas para la industria: tiempos de fabricación altos y costes de adquisición poco competitivos. Desde entonces han sido innumerables las organizaciones y personas involucradas en el desarrollo de distintas técnicas y a su vez,

encargadas del desarrollo de materiales cada vez más sofisticados para ser aplicado (Tabla 2. 1.- Tabla materiales utilizados en fabricación aditiva).

MATERIALES DISPONIBLES PARA FABRICACIÓN ADITIVA				
Metal	Fibra de carbono	Hormigón	Biomateriales (pieles o tejidos)	Materiales comestibles
Termoplásticos	Materiales flexibles	Resinas	Cerámicas	Composites

Tabla 2. 1.- Tabla materiales utilizados en fabricación aditiva

El término fabricación aditiva, en el que se incluyen distintas técnicas (entre ellas la impresión 3D) es comúnmente nombrado por la abreviatura FA. (Gómez, 2016). FA se denomina al proceso de adición de material, capa a capa, para la creación de objetos tridimensionales a partir de un modelo 3D. Si se compara con las técnicas de fabricación tradicionales, bien la fabricación por sustracción (mecanizado CNC) o por formación (inyección en moldes), la tecnología FA transforma el concepto de fabricación sustituyendo el corte o el moldeo, basado en la eliminación de materiales, por un proceso de adición de materia más precisa y versátil (Figura 2. 2.- Diferentes tipos de fabricación). FA supone una fabricación más sostenible por la utilización de cantidad de material necesario, sin generar exceso de residuos (Kurman, 2015).



Figura 2. 2.- Diferentes tipos de fabricación

La funcionalidad básica al utilizar FA (Figura 2. 3.- Aplicaciones de fabricación aditiva en la industria. Fuente ICD, 2017) será la de servir de ayuda en la validación del producto para una posterior fabricación en serie sin incurrir en grandes costos. También podemos encontrarnos series cortas de producto final fabricadas mediante tecnologías de FA que denominamos "rapid manufacturing" (Gebhardt, 2012).

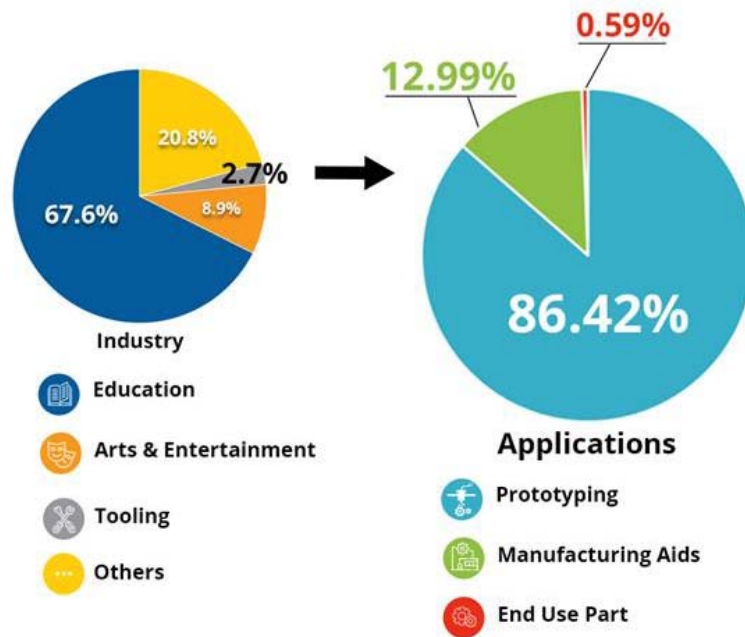


Figura 2. 3.- Aplicaciones de fabricación aditiva en la industria. Fuente ICD, 2017

FA es la base de una nueva revolución industrial, llegando a conseguir un enorme ahorro en la fabricación, eliminando costes de ensamblaje o la necesidad de diseñar y fabricar las piezas en puntos alejados del planeta, reduciendo por tanto los costes de transporte. Permite abaratar la fabricación de piezas donde antes era más rentable fabricar el producto total, cambiando con ello los ciclos de vida de los objetos o incluso las reglas de producción que conocíamos hasta ahora. (Bose, 2015)

Su consideración como tecnología consolidada a la misma altura que procesos más tradicionales como la fundición o el laminado aún está lejos, pero simplemente debido al factor tiempo. Esta nueva tecnología, hace que la fabricación en serie y la artesanal se fusionen, dando lugar a una evolución de la cadena de suministro y la cadena de valor, haciendo a su vez que la logística de las organizaciones se vea afectada (Chua, 2014).

Técnicas de FA

Según las necesidades de cada sector, la FA puede desarrollarse a partir de diferentes tecnologías (Figura 2. 4.- Tecnologías de fabricación aditiva).

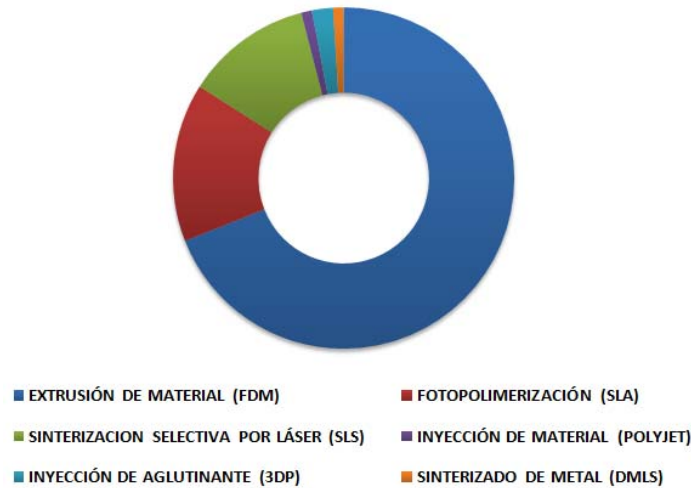


Figura 2. 4.- Tecnologías de fabricación aditiva

Ante la confusión generalizada en torno a las diferentes técnicas de FA, la Sociedad Americana para el Ensayo de materiales (Additive Standard Technologies Manufacturing, 2010) formuló un conjunto de estándares para clasificar por rangos las técnicas en siete categorías en función de las tecnologías y materiales (Tabla 2. 2.- Tabla de tecnologías existentes. Fuente ASTM, 2010)

TIPO	TECNOLOGIA	MATERIALES
Extrusión de material	Modelado por deposición fundida (FDM) - Fabricación por filamento fundido (FFF)	Termoplásticos (p.ej. PLA, PET, TPU, HDPE, ABS), siliconas, materiales comestibles
	Sinterización/fusión directa de metal por láser (DMLS / DMLF)	Casi cualquier aleación
Fusión en lecho de polvo	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
	Sinterizado/fusión por láser (LS / SLS / SLM)	Termoplásticos, polvos metálicos, polvos cerámicos
	SIS /HSS / MJF	Termoplásticos
Inyección de material	Polyjet / Multijet	Fotopolímeros, ceras
Laminado	Laminado de capas (LOM), Fabricación aditiva por ultrasonidos (UAM)	Papel, plástico, metales
Fotopolimeración en bandeja	Estereolitografía (SL, SLA)	Fotopolímeros
	Proyección de máscara (DLP, CLIP)	Fotopolímeros
Inyección de aglutinante	Binder jetting (3DP)	Cerámicas, arena, yesos, metales
Deposición por energía proyectada	DED, Laser cladding, LENS, DLF, DMD	Metales

Tabla 2. 2.- Tabla de tecnologías existentes. Fuente ASTM, 2010

La elección de una tecnología u otra dependerá de diversos factores como por ejemplo la funcionalidad que tendrá la pieza producida o el material preferente. Según el estudio realizado por la Loughborough University (The 7 categories of additive manufacturing, 2016) sobre estas técnicas y su utilización y expansión en el mercado actual, destaca la estereolitografía en el sector biomédico, la fusión en lecho de polvo en el sector aeroespacial y la famosa extrusión de material en el sector de la educación.

A continuación se analiza el funcionamiento de las tecnologías destacadas como más utilizadas según la Figura 2. 4.- Tecnologías de fabricación aditiva, así como ejemplo ilustrados de los procesos y muestras de piezas obtenidas.

FDM: proceso de impresión 3D en el que un filamento de material termoplástico sólido se empuja a través de una boquilla caliente, fundiéndolo en el proceso (Figura 2. 5.- Técnica FDM). la impresora mueve el cabezal de extrusión a lo largo de las coordenadas específicas, depositando el material fundido en la placa de construcción, donde se enfría y se solidifica, capa a capa. Dependiendo de la geometría del objeto, a veces es necesario agregar estructuras de soporte.

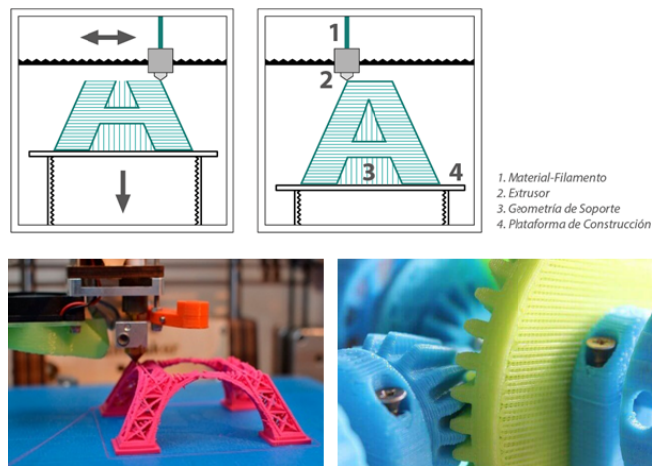


Figura 2. 5.- Técnica FDM

SLA: proceso de impresión 3D en el que una resina de fotopolímero almacenada se cura selectivamente mediante una fuente de luz, en el caso de la estereolitografía se utiliza láser de punto (Figura 2. 6.- Técnica SLA). Una impresora SLA usa espejos, conocidos como galvanómetros o galvos. Estos galvos dirigen rápidamente un rayo láser a través de

una tina de resina, curando y solidificando selectivamente una sección transversal del objeto dentro de esta área de construcción, construyéndolo capa por capa.

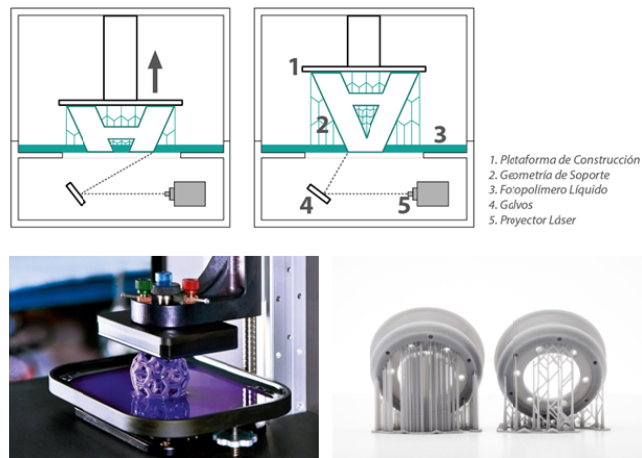


Figura 2. 6.- Técnica SLA

SLS: una fuente de energía térmica inducirá selectivamente la fusión entre partículas de polvo dentro de un área de construcción para crear un objeto sólido (Figura 2. 7.- Técnica SLS). Conocida con el nombre de sinterización selectiva por láser (SLS), se compone de un depósito de material en polvo que es añadido capa a capa a la zona de sinterizado. Como en el caso anterior, se basta de unos galvos para que el láser de CO2 sinterice la zona correctamente. La lámina de recubrimiento deposita una nueva capa de polvo sobre la capa recién escaneada, y el láser sinterizará la siguiente sección transversal del objeto en las secciones transversales previamente solidificadas.

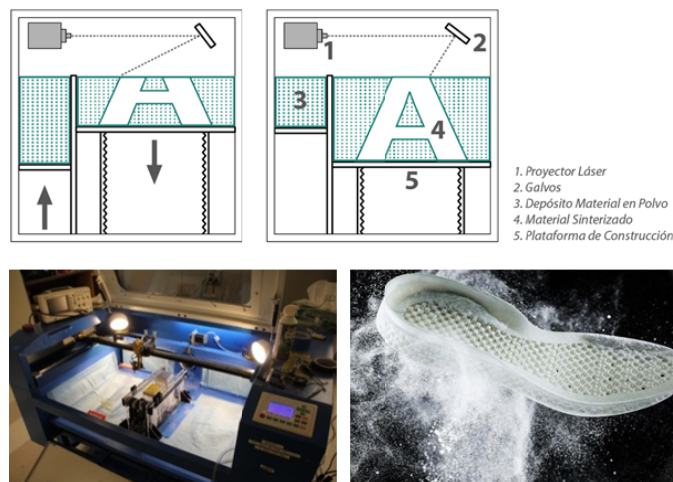


Figura 2. 7.- Técnica SLS

POLYJET (INYECCIÓN DE MATERIAL): El cabezal de impresión inyecta cientos de pequeñas gotas de fotorpolímero y luego las cura / solidifica utilizando una luz ultravioleta (UV) (Figura 2. 8.- Técnica POLYJET). Los objetos fabricados con esta técnica requieren soporte, que se imprimen simultáneamente y pueden utilizar otro material. La inyección de material es uno de los únicos tipos de tecnología de impresión 3D que ofrece objetos hechos de impresión de materiales múltiples y a todo color.

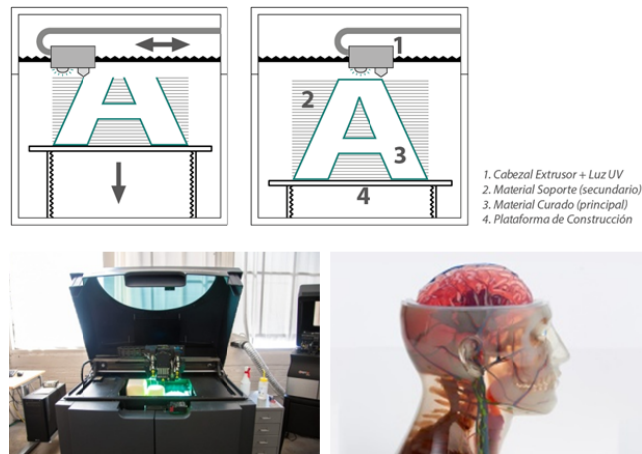


Figura 2. 8.- Técnica POLYJET

3DP (INYECCION DE AGLUTINANTE): muy similar al proceso SLS, pero en vez de la utilización de láser, el cabezal deposita gotas de aglutinante para unir las partículas de polvo y producir las capas (Figura 2. 9.- Técnica 3DP). Una vez que se ha impreso una capa, se baja la altura de la plataforma de construcción y se extiende una nueva capa de polvo sobre la capa recientemente impresa. Este proceso se repite hasta que se forma un objeto completo.

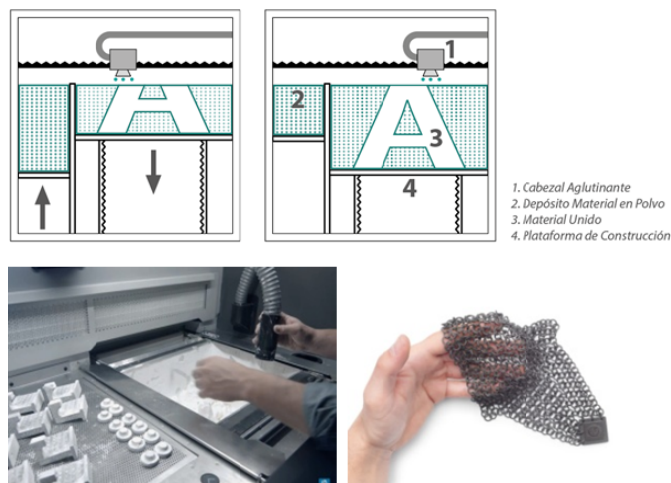


Figura 2. 9.- Técnica 3DP

DMLS: no funde el polvo, sino que lo calienta hasta un punto para que pueda fusionarse en un nivel molecular (Figura 2. 10.- Técnica DMLS). Esto da como resultado una pieza que tiene una temperatura de fusión única. A diferencia de SLS, los procesos DMLS requieren soporte estructural, para limitar la posibilidad de cualquier distorsión que pueda ocurrir. Las piezas también suelen tratarse térmicamente después de la impresión, mientras que todavía están unidas a la placa de construcción, para aliviar cualquier tensión en las partes después de la impresión.

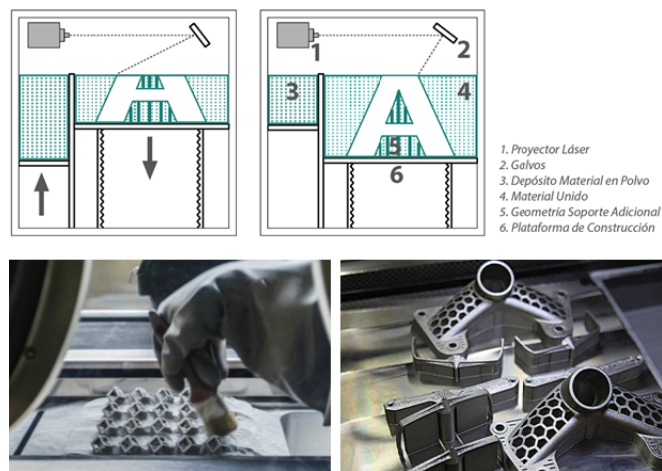


Figura 2. 10.- Técnica DMLS

Para poder utilizar estas tecnologías, existen diversas extensiones de archivos que se usan en el sector de la fabricación aditiva. La mayoría de softwares de 3D utilizan sus propios formatos como SKP de SketchUp o SLDRPT de SolidWorks. Sin embargo, son pocos los formatos que pueden ser usados directamente en softwares de fabricación aditiva. Aún así alguno de los formatos de archivos 3D han sido distinguidos a lo largo del tiempo, convirtiéndose en estándares de la fabricación digital. Estos archivos son conocidos como genéricos del 3D: archivo que pueden ser leídos y exportados por la mayoría de softwares de diseño 3D. El archivo de extensión STL es el más popular en el entorno de fabricación digital, pero otras extensiones de archivos también están aumentando su popularidad sobre todo por la aparición de la impresión multicolor (Bernier & Reinhanrd, 2015).

Con la finalidad de poder ser utilizados en la fabricación aditiva, la geometría tridimensional debe de estar cerrada para poder ser leída por las máquinas. Esto significa

que cada parte de la malla del objeto debe pertenecer a dos triángulos a la vez. Aunque algunos software deliberadamente ignoran esta regla cuando se exporta el archivo 3D, otros automáticamente previenen la creación de un archivo corrupto o con la malla abierta. La información 3D será traducida en series de cortes 2D (uno por cada capa del objeto), bien la ruta de la herramienta (GCODE) o bien otras propiedades de archivo que incorporan otra información necesaria para la operación de la máquina (temperatura, velocidad, potencia, etc...). Los siguientes formatos de archivo actúan como lenguajes entre los softwares de diseño y los software que controlan las máquinas de producción.

STL: este formato de archivo fue creado por la compañía 3D Systems como una extensión nativa de los software de estereolitografía, utilizado por la técnica de prototipado rápido que recibe el mismo nombre. También conocido como Standard Tessellation Language, este formato es común a procesos de fabricación aditiva y sustractiva. Este es a lo lejos el más utilizado de todos los formatos de fabricación aditiva. STL de la malla representa la geometría de un objeto tridimensional, sin relevancia del color, del material o textura. Cuando se exporta en archivo STL, es posible elegir la densidad del mayado (Figura 2. 11. Ejemplos distintas densidades de malla en archivo STL). Esta resolución define parcialmente el estado de la superficie de la pieza que será fabricada, pero también significa un impacto directo en el tamaño del archivo. Existen dos tipos de archivos STL: ASCII y Binario. Este segundo es el más utilizado porque es más compacto para una resolución equivalente.



Figura 2. 11. Ejemplos distintas densidades de malla en archivo STL

OBJ: este formato fue desarrollado por Wavefront Technologies para un paquete de software de animación. Por esta razón, algunos especialistas informáticos de la vieja escuela tienden a llamar a estos tipos de extensión Wavefront file. Al ser un archivo de formato abierto, OBJ ha sido adoptado por muchas soluciones de diseño gráfico 3D. Existen solo unos pocos softwares 3D que no aceptan exportar ni importar en archivos de

formato OBJ. Como en el caso del STL, el OBJ simplemente representa la geometría del objeto, sin ninguna información de la unidad de medida, o las fases del proceso de modelado.

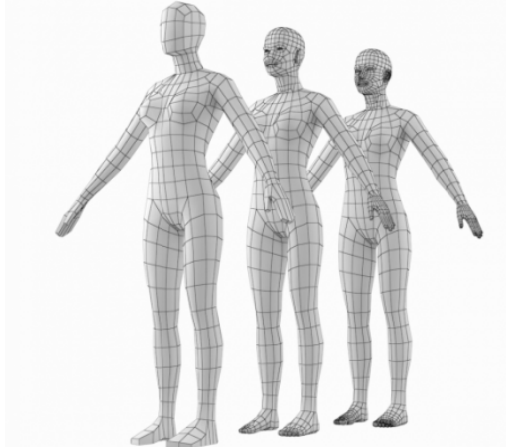


Figura 2. 12.- Ejemplo malla archivo .OBJ

PLY: este formato de archivo es a menudo visto en el mundo de la fabricación digital porque es principalmente usado para contener información capturada con herramientas de escáner 3D. Como otros formatos mencionados, este hace posible describir volúmenes tridimensionales con polígonos, y existen versiones ASCII y Binario, como el STL. PLY fue creado por estudiantes de Stanford Graphics Lab para compensar ciertas debilidades que presenta el formato OBJ. También conocido como Polygon File Format, PLY puede contener información sobre el color, la transparencia y la textura, lo cual significa que este formato sea principalmente utilizado en gráficos.



Figura 2. 13.- Ejemplo de obtención archivo .PLY

Las tecnologías de fabricación aditiva aportan gran cantidad de ventajas a cada vez más sectores. Destaca la reducción del tiempo de lanzamiento de nuevos productos al mercado. Permitiendo una reducción del riesgo de fracaso, así como de posibles confusiones en la comunicación entre los colaboradores del proyecto. Si fuera posible, y la organización estuviera en disposición de una técnica con la que fabricar el producto final (no solo como prototipo de validación) se podría reducir aún más las fases tradicionales de lanzamiento y validación, así como aumentar su adaptabilidad a los cambios provenientes del mercado (Agirre, 2017).

Esta tecnología, que nació hace más de tres décadas y que se mantuvo en la sombra de laboratorios de I+D, no fue hasta 2014 cuando realmente despegó. Coincidiendo con la finalización de los periodos de protección de los procesos originales de fabricación aditiva, empezaron a llegar al mercado versiones más sencillas en comparación con las desarrolladas de enfoque industrial y con unos precios accesibles. Expertos en el sector de la salud se atrevieron con las primeras impresiones de implantes personalizados, así como en otros sectores. En ese momento las expectativas del mercado no fueron alcanzadas y esto derivó en un proceso de estancamiento.

Cada vez son más los participantes de esta tecnología debido a las innumerables oportunidades que plantea la fabricación aditiva en cualquier aplicación: comercial, industrial o médica. La cantidad de empresas que han elegido centrar su actividad profesional en esta nueva tecnología y la buena aceptación resultante en el entorno, pone de manifiesto el alto nivel de confianza existente (Schwab, 2016).

La Figura 2. 14.- Curvas de rendimiento de piezas fabricadas por distintas técnicas ilustra la tendencia de los costes unitarios según el tipo de tecnología, tradicional o fabricación aditiva, que será un factor determinante para que esta nueva tecnología constituya una cuarta revolución. En resumen, se observa que el precio por unidad es más estable independientemente de la cantidad fabricada para la fabricación aditiva en comparación con técnicas tradicionales, donde los precios no comienzan a bajar hasta producciones de cantidades en torno a las 1000 unidades.

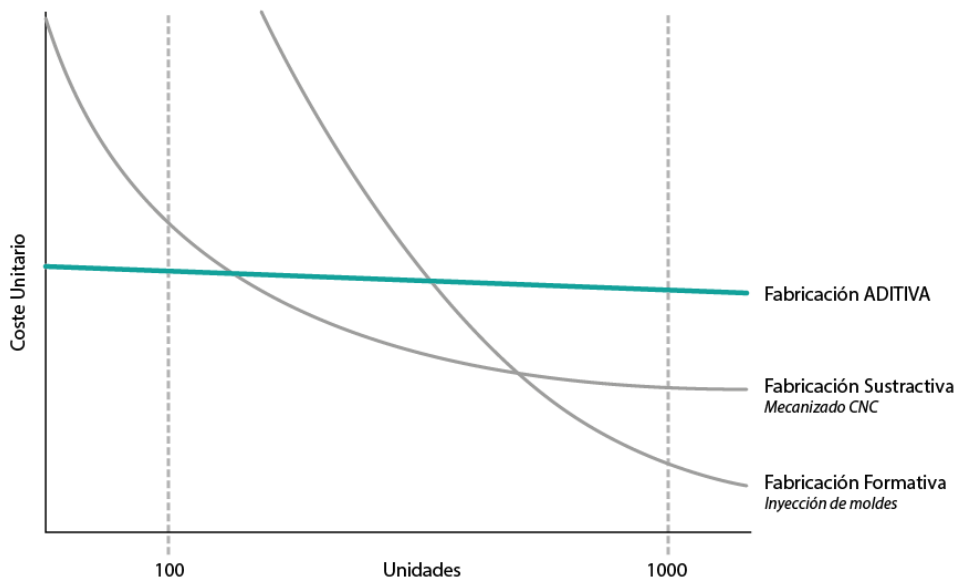


Figura 2. 14.- Curvas de rendimiento de piezas fabricadas por distintos técnicas

Predicciones

Habiendo sido solucionado el desafío que planteó la viabilidad de la impresión en metal (Figura 2. 15.- Técnicas de fabricación aditiva que utilizan metales), se vaticina uno nuevo en torno a la impresión 4D, conocida también como bioimpresión, origami activo o sistemas shape-morphing. Según el ya comentado informe Gartner (Gartner Predicts. The growing business of additive manufacturing, 2017), podemos confirmar su estado inicial de innovación . Un tema que ya interesa a algunos institutos de investigación y universidades como el MIT y algunos grandes grupos como Airbus, Autodesk, HP y Stratasy.

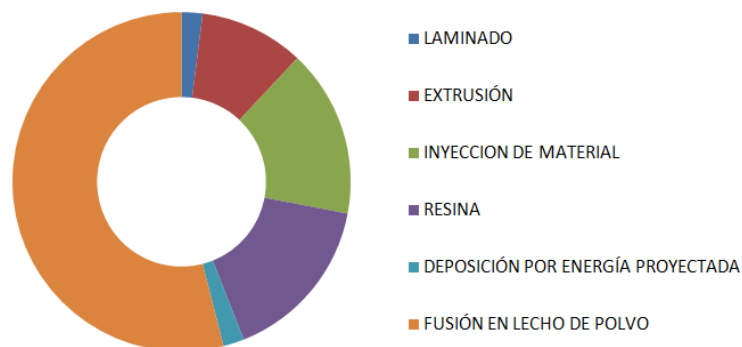


Figura 2. 15.- Técnicas de fabricación aditiva que utilizan metales

La cuarta dimensión añadida es la del tiempo: los objetos son capaces de sufrir una transformación temporal. Se trata de un material programable, que posteriormente a ser fabricado, sufre una reacción ante un parámetro de su entorno, como la humedad o la temperatura, lo que provoca un cambio en su forma. Esta capacidad es el resultado de las configuraciones casi ilimitadas de una solución micrométrica, mediante la creación de sólidos con distribuciones espaciales moleculares de alta ingeniería y que permite así un alto rendimiento multifuncional. Una de las tecnologías más conocidas se denomina "aleación de memoria de forma", en la que un cambio de temperatura genera un cambio morfológico (Figura 2. 16.- Ejemplo de objeto impreso 4D). Otras investigaciones se centran en el estudio de polímeros electro activos o gases presurizados, estímulos químicos e incluso el comportamiento a la luz.

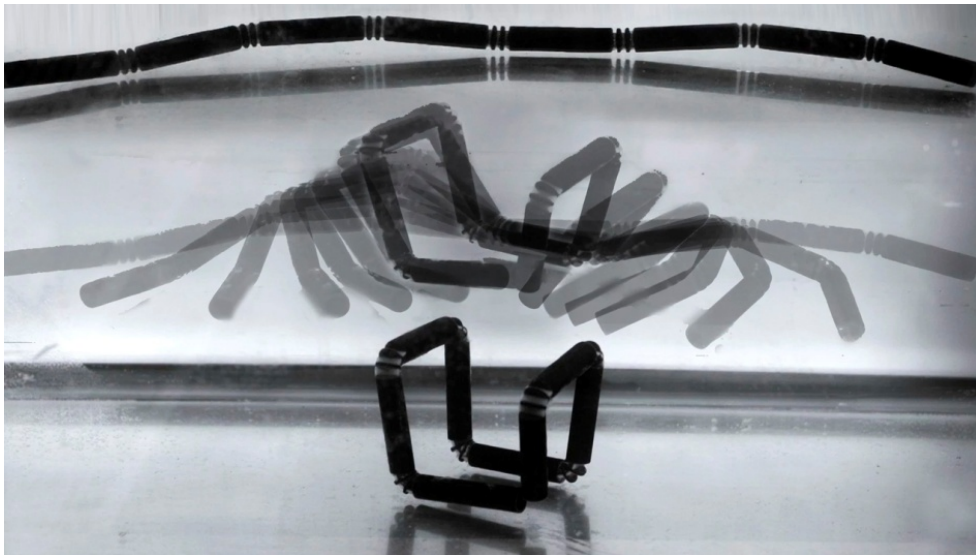


Figura 2. 16.- Ejemplo de objeto impreso 4D

Esta nueva tecnología supone un avance relativamente nuevo en el sector de la bio-fabricación, considerado un paradigma en disciplinas como la bioingeniería, la ciencia de los materiales y la química. El informe Gartner 2019 (Gartner Corporation, 2019) (Figura 2. 17.- Evolución de las tecnologías. Fuente: Informe Gartner, 2019) espera que la impresión 4D sea una nueva revolución en el mercado en unos pocos años, planteando que la fabricación aditiva continuará creciendo, en particular en el sector médico. Se estima que para 2023, un 25% de los dispositivos médicos en el mercado sean desarrollados por fabricación aditiva. Ayudando así a la preparación de los expertos en operaciones quirúrgicas, creando modelos adaptados a la morfología de los pacientes, pero también mediante el desarrollo de implantes y prótesis personalizados. El informe

también plantea futuros obstáculos relacionados a nivel regulatorio y ético de algunos procedimientos.

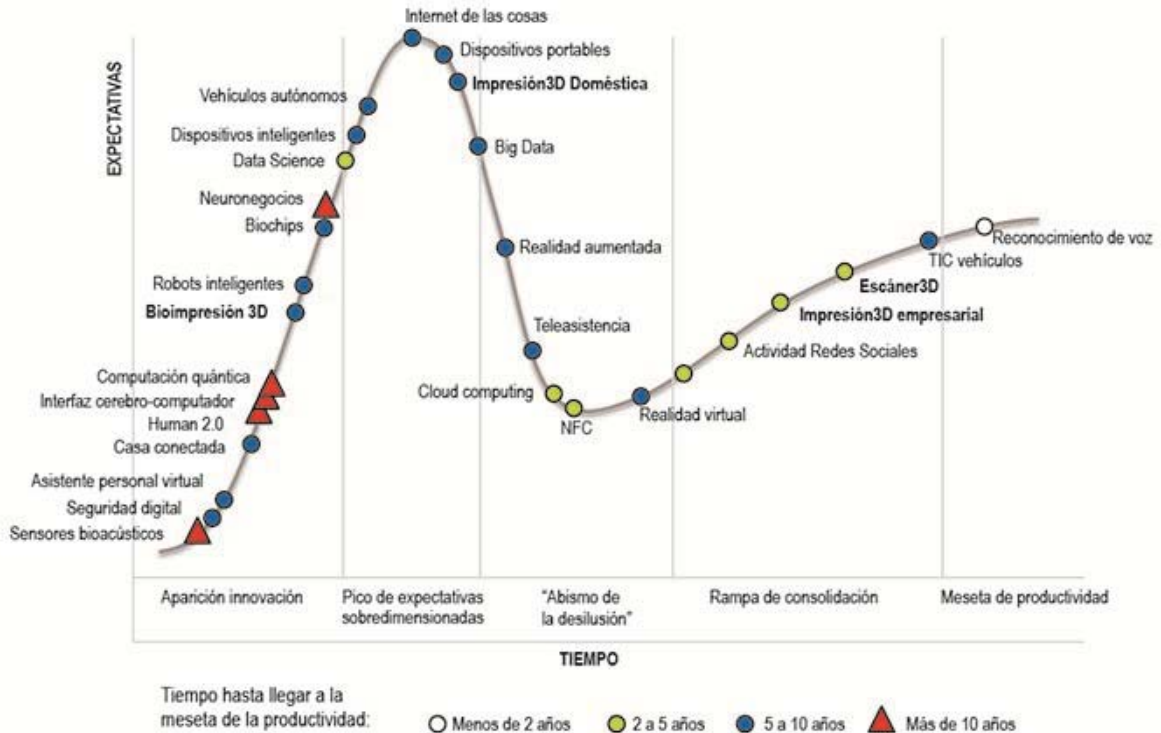


Figura 2. 17.- Evolución de las tecnologías. Fuente: Informe Gartner, 2019

Transformación de la cadena de suministro

La FA puede reducir enormemente la complejidad en los procesos de fabricación con ventajas adicionales sobre las técnicas de producción convencionales, y también en las actividades logísticas existentes en cada una de las empresas que configuran la cadena de suministro. A día de hoy, el mayor potencial de la tecnología actual radica en su capacidad para simplificar la producción de productos y componentes complejos y personalizables. En este caso, obliga a redefinir el proceso tradicional de fabricación y suministro.

Según el informe lanzado por la compañía DHL (Figura 2. 18.- Flota de vehículos DHL), después de varios años estudiando la viabilidad de técnicas de fabricación aditiva, considera que ésta no será el sustituto de la producción en masa sino un proceso complementario (La Impresión 3D y el Futuro de las Cadenas de Suministro, 2018). El informe destaca como factor limitante de su adopción más generalizada en el mercado, la

falta de conocimiento de la gestión, cuestiones económicas al respecto y el estado de la tecnología.



Figura 2. 18.- Flota de vehículos DHL

Uno de los puntos que también tiene gran importancia en las empresas actuales es el de las piezas de repuesto, en especial relacionado con los servicios de posventa. En la actualidad, miles de almacenes están ocupados con estas piezas que dan servicio a una gran diversidad de productos. Aunque estos almacenes tienen un gran volumen de movimiento, hay muchos artículos que raramente se precisan (algunos estudios estiman que el exceso de existencias puede estar entre el 20 % y el 25 %), lo que genera, además de un coste, una gran ineficiencia en la cadena. Una de las soluciones que ofrece esta tecnología es que las empresas no procedan al almacenamiento físico de las piezas de repuesto, sino que se impriman estos componentes bajo demanda, en el lugar que se requieran, lo que permitiría lograr una amplia cobertura, una mayor disponibilidad y un reducido tiempo de entrega, que se traduciría también en una mayor satisfacción para el cliente.

En el ámbito de la logística inversa aparecen otras ventajas al generarse procesos con nulo desperdicio, ya que se consumirá solo el material estrictamente necesario y la energía imprescindible para la fabricación de esos productos, reduciendo los residuos generados y obviamente obteniendo una minoración en las necesidades de transporte y la reducción derivada en emisiones de CO₂. En esta línea, la compañía naviera Maersk Line planea equipar sus buques de carga con impresoras 3D para poder producir a bordo cualquier pieza de recambio que se pueda necesitar durante la travesía.

Además, en el caso de los operadores logísticos, se genera la ventaja de poder conseguir economías de escala, creando una red propia de servicios de impresión 3D, localizada en

almacenes y centros de distribución con ámbito global, actuando como un pequeño centro de fabricación (*Fab shops*), de forma que las empresas puedan encargar a sus proveedores logísticos la impresión y la entrega de los pedidos de sus clientes. En esta línea, Amazon está en proceso de petición de una patente para poder acelerar el reparto de pedidos utilizando camiones de mensajería equipados con impresoras 3D que, durante la ruta, imprimen los productos según los piden los clientes (Figura 2. 19.- Organigrama para la fabricación aditiva en trayecto. Fuente Amazon).

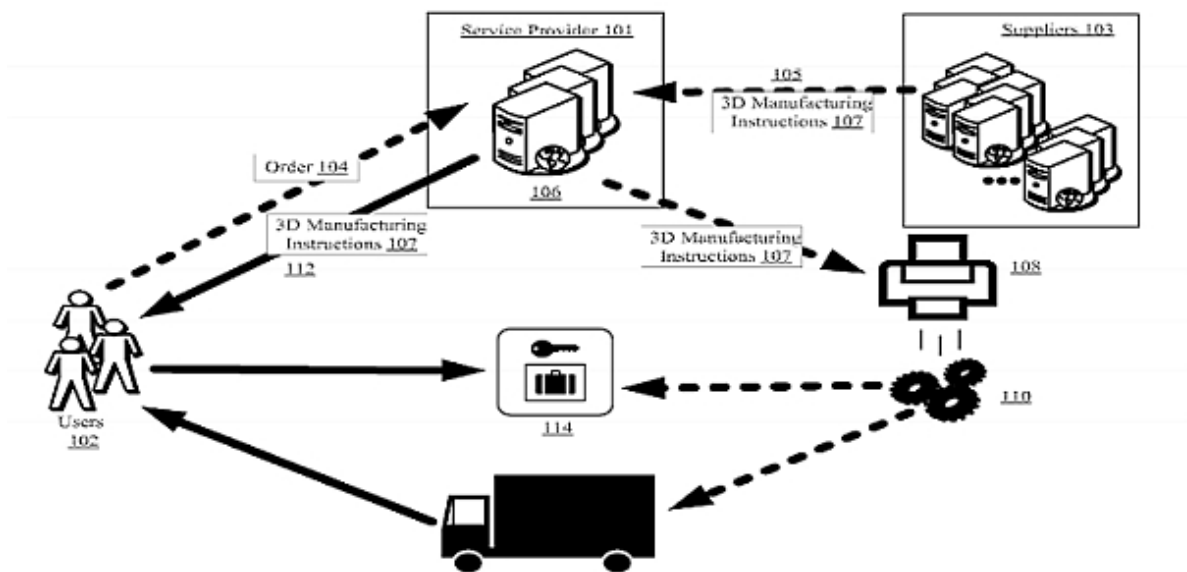


Figura 2. 19.- Organigrama para la fabricación aditiva en trayecto. Fuente Amazon

2.2. Ventajas y limitaciones

Ventajas

Algunas ventajas que ofrece el modelo de fabricación aditiva frente al tradicional serían:

- Mayor libertad de diseño. La tecnología permite que los ensamblajes puedan imprimirse en un único proceso y que las formas orgánicas se puedan reproducir fácilmente, eliminando las limitaciones tradicionales de fabricación.
- No se requieren la utilización de "tooling" o herramientas como ocurre en el caso del moldeo por inyección.
- Fabricación independizada del transporte. Los objetos son modelados y enviados en formato digital para su impresión en cualquier lugar del mundo, en hogares o centros tecnológicos.

- Proceso de aprendizaje sencillo. La utilización de una menor cantidad de mano de obra cualificada en comparación con la fabricación convencional.
- Customización del producto. De gran importancia en el sector médico, donde las piezas se pueden realizar en concreto para el paciente y sus necesidades individuales.
- Uso eficiente del material debido a la producción exacta de piezas en función de la demanda estimada.
- Ventaja comercial y mayor competitividad, en forma de costes y riesgos reducidos. La mayor parte del coste es variable, por lo que no se obtienen economías de escala.
- Beneficios ambientales. Las emisiones derivadas del transporte se reducen debido a la proximidad de fabricación.

Limitaciones

Aún habiendo identificado las ventajas que incluyen la implantación de estas nuevas tecnologías en la industria, deben considerarse que existen ciertas limitaciones.

Son todavía persistentes las limitaciones que frenan a las organizaciones a ceder ante ellas. Estas tienen que ver con los propios procesos de FA que aún se encuentran en desarrollo, como con los procesos auxiliares (investigación de materiales, pos proceso, validación de piezas) que condicionan en muchos casos su viabilidad. El desconocimiento sobre cómo diseñar los productos o reorientar los negocios industriales para integrar de forma exitosa estas nuevas tecnologías son algunos ejemplos:

- Limitación de tamaño. Esta característica tiene relación directa con el propio volumen de la máquina.
- Limitación de tiempo de fabricación. Además del propio tiempo para que la máquina y el material alcancen la temperatura adecuada, tras la impresión se precisa de un tiempo de enfriamiento de la pieza
- Elevados precios. Tanto las máquinas como los materiales pueden incurrir en un 4-10% más elevado que en el caso de los procesos tradicionales.

- Necesario control de parámetros. Especialmente en piezas de metal, donde la dinamización de proceso es relativamente desconocida para muchos
- Utilización de soportes. Esto significa un desperdicio de material, que únicamente puede ser evitado o reducido con la reorientación de la posición de impresión de la pieza o bien con la utilización de otras técnicas de impresión
- Alta sensibilidad. Los cambios bruscos de temperatura durante la construcción de la pieza hacen que se desarrollen distintas reacciones durante el proceso de fabricación

2.3. La FA en el entorno

A raíz de los avances que se han ido desarrollando en las técnicas de fabricación aditiva, los productos derivados se han ido trasladando cada vez en mayor medida, de los laboratorios de I+D hacia las líneas de fabricación. (Stratasys Direct Manufacturing, 2017)

En la industria manufacturera se diferencian diferentes sectores dedicados a la producción de productos destinados a fines similares, lo que hacen que sus procesos de fabricación compartan multitud de aspectos técnicos. A su vez, esto da lugar a una sectorización del panorama industrial actual, como el sector aeroespacial, automovilístico, médico, naval, energético, textil, de alimentación... Haciendo que cada sector, por sus particularidades y requisitos, tengan una determinada necesidad para la utilización de una técnica de fabricación en concreto (Tabla 2. 3.- Sectores participantes de la FA).

Sectores participantes y referentes

SECTOR	REFERENTES
Automoción	Desde la fabricación de piezas a incluso un coche o moto entero (Stratasys Direct Manufacturing, 2017). Como ejemplo encontramos a la empresa Bentley, que imprimen piezas para algunos de sus modelos de automóvil, y la empresa 3TRPD con sus cambios de marcha impresos con los que han aligerado su peso un 30% y aumentado su velocidad de cambio.

Alimentación	Para utilizar la fabricación aditiva, nos bastamos con tener un material en estado líquido o polvo. Natural Machine fueron pioneros en la creación de la primera impresora 3D de alimentos, "Foodini".
Medicina	Resulta extraordinario que cualquier órgano, tejido u pequeña parte del cuerpo pueda ser reproducida de manera viable por fabricación aditiva. La empresa Materialise, un referente en la fabricación de aparatos médicos, produce implantes de alta precisión y adaptabilidad para el paciente.
Defensa	La fabricación aditiva resulta de gran aplicación en este ámbito, debido a la complejidad de la maquinaria militar y a su bajo volumen de producción.
Aeroespacial	La impresión 3D es empleada para producir componentes que forman parte de la fabricación de aeronaves. Esta tecnología también puede ayudar a acelerar la construcción de piezas para la Estación Espacial Internacional. La asociación de Made In Space, una empresa formada por un grupo de veteranos del espacio y entusiastas de la impresión 3D, con el Centro Marshall de Vuelos Espaciales de la NASA, permitió lanzar la primera impresora 3D al espacio. Fabrica piezas en gravedad cero, y la esperanza es hacer misiones espaciales más autosuficientes.
Educación	MakerBot anunció MakerBot Academy, un plan crowdfunded para conseguir una impresora 3D en todas las escuelas de América. La compañía también anunció un plan para convertir los colegios y universidades en Centros de Innovación MakerBot. Comenzando por la Universidad Estatal de Nueva York los centros están equipados con 30 impresoras 3D junto con varios escáneres 3D para la formación de ingenieros, arquitectos y artistas, y aumentar la motivación para el crecimiento de la industria.
Arte	Las impresoras 3D se utilizan para crear nuevos tipos de arte moderno. Las impresoras también pueden recrear piezas que no son accesibles a todas las personas en todo el mundo, lo que ayuda a los museos. Un ejemplo es el proyecto desarrollado entre el Museo Van Gogh y Fujifilm para recrear réplicas en 3D de varias obras maestras del pintor destinado al público invidente.
Arquitectura	Para los arquitectos la impresión 3D ha facilitado y acelerado el desarrollo de las maquetas de sus diseños, pero esta tecnología pretende ir más allá. Con esa idea, la empresa holandesa DUS Architects comenzó a fabricar en 2014 la primera casa en 3D en un canal de Ámsterdam. Para ello utilizó una versión gigante de impresora 3D (KamerMaker) que puede producir un material 10 veces más grueso de lo habitual.

Tabla 2. 3.- Sectores participantes de la FA

2.4. Flujo de trabajo en el desarrollo de proyectos de FA

El flujo de trabajo en los proyectos de FA aún no está estandarizado. Depende del tipo de empresa, los objetos que se producen, el mercado... Lo que sí se puede esbozar son los puntos claves que pueden ser comunes para este tipo de proyectos (Figura 2. 20.- Flujo de trabajo básico en proyecto de FA):



Figura 2. 20.- Flujo de trabajo básico en proyecto de FA

- **DISEÑO 3D.** El primer paso es crear un modelo 3D del objeto que se desea imprimir. Este modelo se realiza mediante un software de diseño (CAD) o mediante técnicas de ingeniería inversa realizando un escaneo del objeto. En función de la tecnología de fabricación aditiva que se emplea, los parámetros clave para obtener un diseño exitoso varían en cierta manera pero también existen una serie de parámetros clave básicos (Tabla 2. 4.- Parámetros claves de diseño de modelo 3D).

PARÁMETROS DE DISEÑO

GROSOR DE PARED	
-----------------	--




<p>ORIENTACIÓN DE PIEZA</p>	
<p>SOPORTE</p>	<p>Part</p> 
<p>RELLENO DE PIEZA</p>	

Tabla 2. 4.- Parámetros claves de diseño de modelo 3D

- **CREACIÓN ARCHIVO 3D VIABLE.** El fichero CAD se convierte a un formato que defina la geometría de objetos 3D (generalmente, un formato Standard Triangle Language). El archivo se divide digitalmente en capas.
- **OPTIMIZACIÓN ARCHIVO 3D:** la tercera etapa requiere la transferencia del archivo STL y la configuración de la máquina. Para imprimir de manera económica, es decir, maximizar el ahorro de costes y reducir el desperdicio de material, debe verificarse el correcto posicionamiento y el adecuado tamaño del objeto en la plataforma de construcción. Normalmente, se imprimen varias partes de una vez si el objeto es muy grande.
- **FABRICACIÓN ADITIVA:** en el cuarto paso, la máquina, que únicamente está controlada por el ordenador, construye el modelo capa a capa. La altura de la capa determina la calidad final y depende de la máquina y del proceso (Tabla 2. 5.- Parámetro de fabricación (Ej FDM).

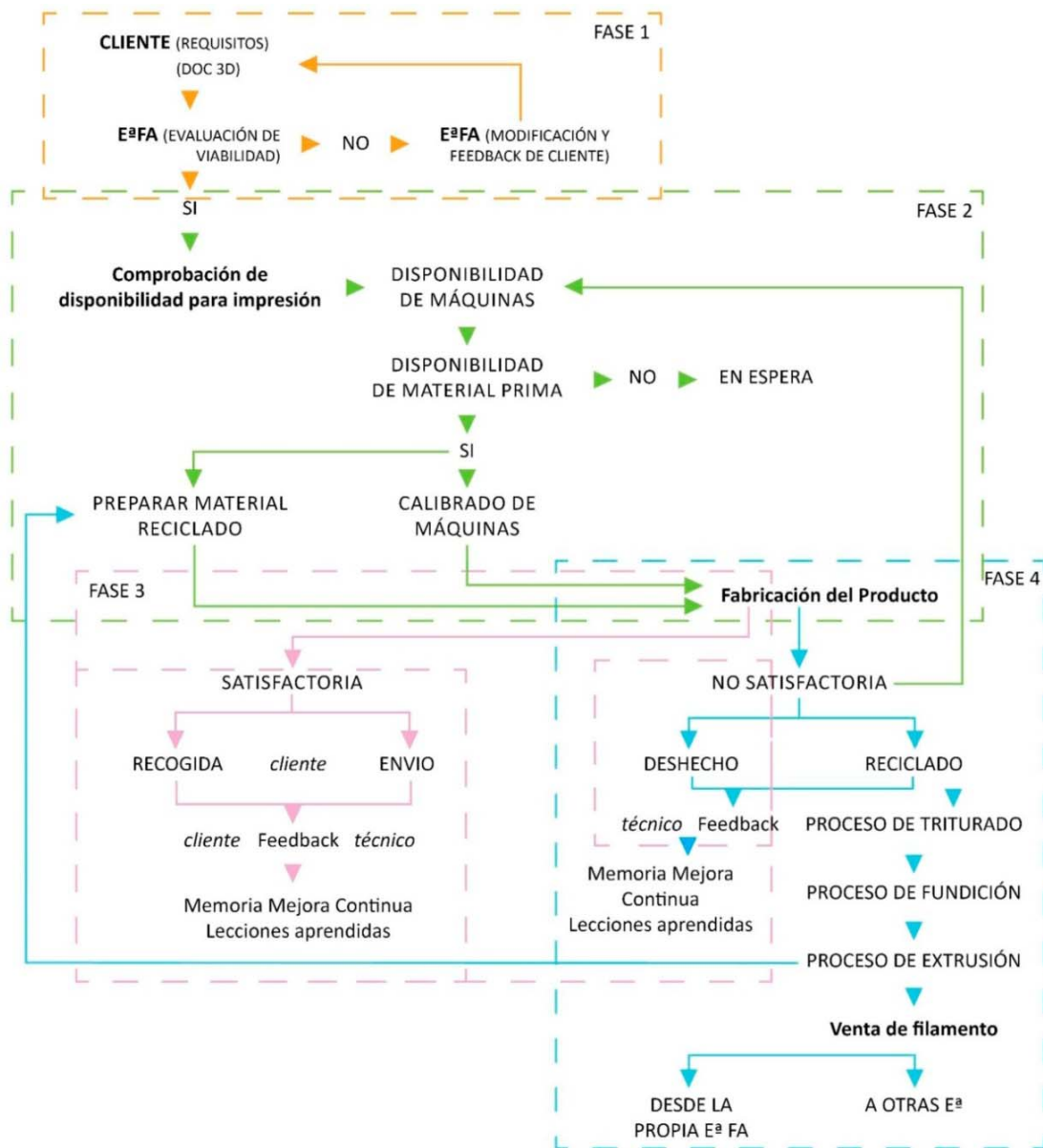
PARÁMETROS DE FABRICACIÓN (ej. FDM)

<p>ALTURA DE CAPA</p>	
<p>TEMPERATURA DE PLATAFORMA</p>	
<p>VELOCIDAD DE IMPRESIÓN</p>	

Tabla 2. 5.- Parámetro de fabricación (Ej FDM)

- **CONTROL DE CALIDAD:** después de ser fabricada la pieza y pasado el período de enfriamiento y seguridad, el modelo se puede quitar de la máquina. Pueden ser necesarios procesos adicionales, como la limpieza, el pulido, la pintura y el acabado de la superficie según el estándar deseado. Esto puede implicar el uso de otras máquinas y herramientas.

A continuación se plantea un esquema donde identificar los equipos que podrían intervenir en las distintas fases así como las salidas posibles al final del proceso (Figura 2. 21.- Flujo y leyenda de un proceso de fabricación aditiva detallado).



- FASE 1:** se recibe el proyecto, requisitos y se evalúa la viabilidad de los documentos para su impresión.
 - a. El modelado del producto existe
 - b. Hay que desarrollar el producto
- FASE 2:** comprobación de disponibilidad de recursos: maquina / material / preparación / calibrado
- FASE 3:** la fabricación del producto puede ser satisfactoria o no satisfactoria.
 - a. SATISFACTORIA-> ENTREGA AL CLIENTE->RECOGIDA DE FEEDBACK TÉCNICO Y DE CLIENTE
 - b. NO SATISFACTORIA-> DESHECHO O RECICLADO -> RECOGIDA DE FEEDBACK TÉCNICO
- FASE 4:** reciclaje de desperdicio. Genero un nuevo producto a partir de la "basura" que sería un filamento de material reciclado. Util para ahorrar en la impresión de piezas de prueba de nuevos productos de la propia empresa y válido para la venta a otras empresas o a cliente particular. Pérdida de recursos=GANANCIA

Figura 2. 21.- Flujo y leyenda de un proceso de fabricación aditiva detallado

2.5. La gestión de la información en la FA

En la actualidad, el estado de madurez de aplicaciones y herramientas para la gestión del desarrollo de un producto en el sector de la fabricación aditiva es muy bajo. Por este motivo, en este punto analizaremos un artículo de investigación titulado "Self-Improving Additive Manufacturing Knowledge Management" (Zhuo, Douglas, & Sundar, 2018), gestionado por el International Design Engineering Technical Conferences / Computers & Information in Engineering Conference (IDETC/CIE, 2018).

En él sus autores han esbozado, tras un intensivo trabajo de campo, un posible sistema de auto-gestión de la información en proyectos de fabricación aditiva. Tanto los softwares como las herramientas para gestionar el flujo de trabajo en este sector son muy limitadas debido a la falta de conocimiento técnico que debe ser tenido en cuenta a la hora de tomar decisiones (Figura 2. 22.- Nociones fundamentales para la toma de decisiones). Este conocimiento sobre la fabricación aditiva incluye normas de diseño CAD, guías de operaciones y modelos predictivos los cuales juegan un papel fundamental en el desarrollo de productos, desde la elección del proceso y material, la inclinación de la pieza y estructura de soporte necesaria.



Figura 2. 22.- Nociones fundamentales para la toma de decisiones

El sector de la fabricación aditiva presenta muchos obstáculos que dificultan su adopción en el ámbito de la fabricación. Dos de los retos cruciales para la consolidación de este sector son la garantía de la calidad de los productos fabricados y la integración con los demás procesos de la cadena de producción. Dentro de una cadena de producción en la que se integra la fabricación aditiva, las fases de diseño, planificación, fabricación y

control no están debidamente conectadas. Una medida clave para cambiar este escenario será clarificar las nociones necesarias para apoyar la toma de decisiones técnicas a través de la identificación del ciclo de vida del desarrollo de los productos, así como a través de su cadena de valor.

Desde hace pocos años, las grandes compañías de software CAD han adaptado sus sistemas al desarrollo de elementos para esta nueva tecnología ofreciendo herramientas que posibilitan la ingeniería inversa, la reparación de geometrías, ajustes de impresión y la simulación de la impresión de las piezas en función de la tecnología a utilizar (White, 2015). Existen también múltiples servicios como 3D Hubs o ShapeWays (Figura 2. 23.- Ejemplo pantalla ShapeWays de análisis de viabilidad de pieza), donde los profesionales pueden volcar sus archivos 3D y obtener información sobre la viabilidad de fabricación de sus productos así como parámetros de impresión que mejor se adapten a sus necesidades.

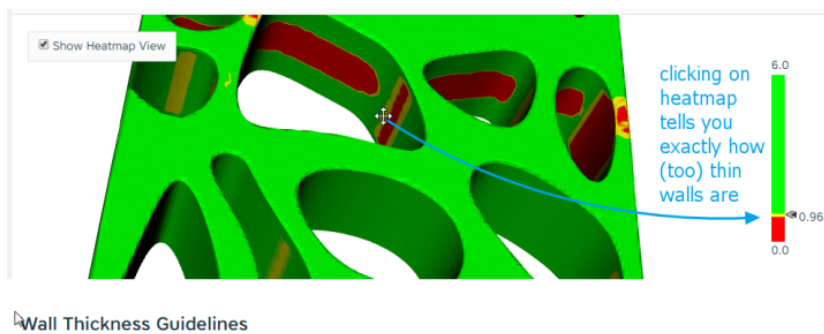


Figura 2. 23.- Ejemplo pantalla ShapeWays de análisis de viabilidad de pieza

El conocimiento de los programas específicos para fabricación aditiva no es del todo fiable para permitir a los ingenieros ser capaces de comprender al completo los requisitos y limitaciones para la obtención de una producción optimizada de piezas mediante fabricación aditiva. Los estudios detectan algunas carencias en las competencias de los softwares de diseño para fabricación aditiva existentes como son: reglas de diseño para validar aspectos como el mínimo grosor de pared; la altura de capa; la contracción del material; el diseño de soporte; la selección de la orientación de la pieza; las operaciones de pos proceso y el tipo de relleno de la pieza.

En la mayoría de los casos, estos parámetros de impresión son implementados tras numerosos ensayos previos, los cuales no han podido ser configurados por los softwares actuales de una manera predictiva por ser consideradas variables que dependen en gran parte del material a utilizar, la funcionalidad final de la pieza o las características de la

tecnología de fabricación empleada. Profesionales del campo del diseño y la fabricación permanecen en una búsqueda constante por identificar el conocimiento técnico asociado a la física de como los procesos de fabricación aditiva trabajan y como dentro de cada proceso, los distintos tipos de material pueden responder para imprimir según que geometría en una posición determinada.

De esta manera, mientras una parte de la investigación se centra en la física que afecta al modelado y las técnicas de simulación para comprender los procesos de fabricación aditiva, otra parte abordar mediante estudio de campo como obtener la relación de proceso-estructura-propiedad directamente de datos. Estos enfoques utilizan datos de simulación, o experimentales, usando técnicas de análisis de información avanzados como el machine learning para identificar las relaciones de los materiales empleados en la fabricación aditiva y definir parámetros potenciales en su aplicación al diseño, pos proceso y normas de impresión. De esta forma se extrae el siguiente diagrama de flujo de información estándar independientemente del sector que utilice la tecnología AM (Figura 2. 24.- Diagrama de flujo de información. Fuente: IDETC/CIE, 2018).

Los datos nuevos (DATA) se asientan en la base, independientemente de su procedencia, seguida por la información recogida (INFORMATION) en la fase de producción. Una vez se fusionan los datos iniciales y los datos a pie de campo, procedemos a analizarlos y compararlos para obtener conocimiento (KNOWLEDGE). El paso final es el de aplicar ese conocimiento en los software de fabricación aditiva (APPLICATIONS).



Figura 2. 24.- Diagrama de flujo de información. Fuente: IDETC/CIE, 2018

La manera de abordar este diagrama sería teniendo en cuenta que tanto el proceso de orientación de la información a generar (de arriba a abajo) como la ingeniería de conocimiento adaptado (de abajo a arriba) pueden ser llevados a cabo de forma paralela o independiente para no limitar su utilización y poder ser adaptados a cualquier modalidad de proyecto. En otras palabras, han de ser los propios equipos del proyecto los que definan su flujo.

A continuación se desarrolla en detalle lo que podría ser el marco de trabajo para la auto-gestión del conocimiento en la fabricación aditiva. Este marco (Figura 2. 25.- Marco de flujo de información desarrollado) utiliza los cuatro estados que veíamos en la Figura 2. 24.- Diagrama de flujo de información. Fuente: IDETC/CIE, 2018, y desarrolla el tipo de elemento que cabe destacar en cada uno de ellos y las direcciones de los flujos que tienen lugar desde que un usuario inicia la acción, pudiendo ser de arriba a abajo o de abajo a arriba, como comentábamos anteriormente.

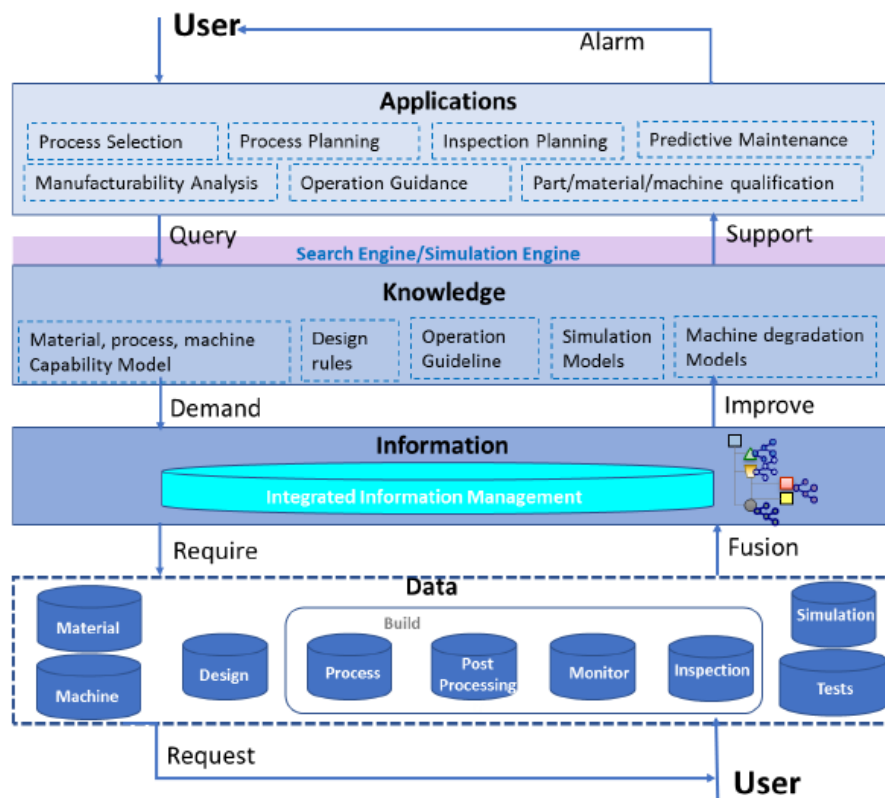


Figura 2. 25.- Marco de flujo de información desarrollado. Fuente: IDETC/CIE, 2018

SECCIÓN DE DATOS (DATA LAYER): información sobre ajustes realizados y utilizados en el ciclo de vida de la fabricación aditiva y cadena de valor. Información del proveedor de los materiales y las máquinas, información sobre los diseños por parte de los

diseñadores, datos de fabricación por parte de los operarios de máquinas, y datos experimentales de investigaciones en paralelo (Tabla 2. 6.- Categorías de datos. Fuente: IDETC/CIE, 2018)

CATEGORIA DE DATOS	DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS
Material	Tipo de material y propiedades; información de stock y reacciones antes distintas entornos
Máquina de impresión	Tipo de proceso; especificaciones del proveedor de la máquina; ajustes según el tipo de pieza; información de mantenimiento o calibrado
Diseño	Documentos CAD; metadatos del diseño; propiedades del diseño; aspectos claves
Fabricación	Información del equipamiento; de las herramientas disponibles; de los accesorios necesarios. Inspección de calidad; fases de pos proceso necesario
Simulaciones	Modelos de simulación; configuración de simulaciones; resultados de simulación

Tabla 2. 6.- Categorías de datos. Fuente: IDETC/CIE, 2018

SECCION DE INFORMACIÓN (INFORMATION LAYER): unificación de los datos de ajuste y gestión de manera colaborativa. La siguiente figura ilustra la información común que se genera durante el ciclo de vida de un proyecto en la fabricación aditiva (Figura 2. 26.- Sección de información. Fuente: IDETC/CIE, 2018)

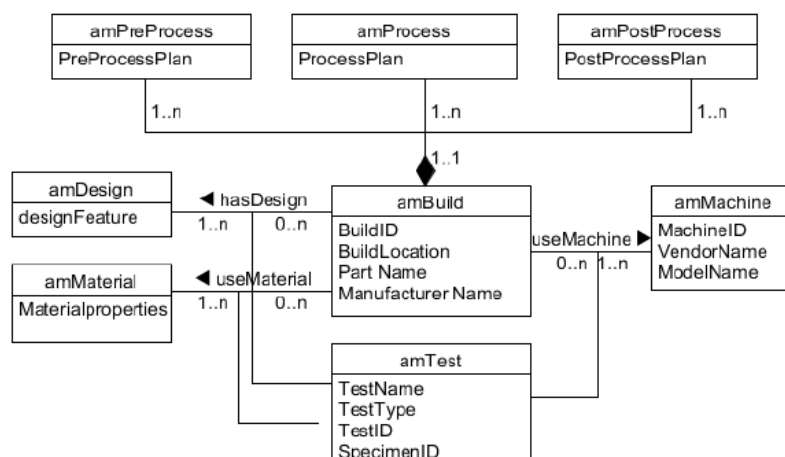


Figura 2. 26.- Sección de información. Fuente: IDETC/CIE, 2018

SECCIÓN DEL CONOCIMIENTO: filtro de la sección anterior en forma de aspectos específicos como la información de las capas, las propiedades de la maquina y los materiales, las reglas del diseño y el proceso de modelado 3D, datos que pueden ser utilizados para simular la futura impresión (Figura 2. 27.- Sección del conocimiento. Fuente: IDETC/CIE, 2018).

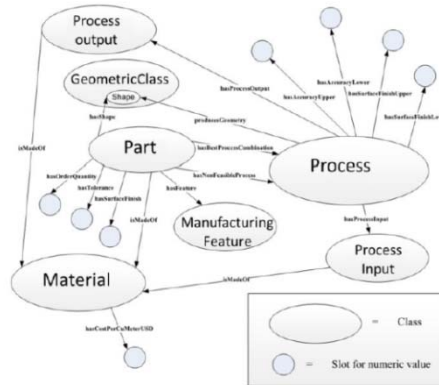


Figura 2. 27.- Sección del conocimiento. Fuente: IDETC/CIE, 2018

SECCIÓN DE DEMANDAS: en esta fase se comprenden la utilización del software y acciones a favor del ciclo de vida y cadena de valor de la fabricación aditiva. El software puede ser alojado en la nube y proveer de los servicios necesario a los stakeholders del proceso de FA. Asistido por un flujo de trabajo efectivo de gestión, las funciones del software pueden ser condicionantes en como los productos para FA son diseñados, fabricados y evaluados. La siguiente imagen refleja una lista de demandas de FA alojadas sobre una plataforma de desarrollo colaborativo apoyado por una base de conocimiento compartido (Figura 2. 28.- Sección de demandas. Fuente: IDETC/CIE, 2018)

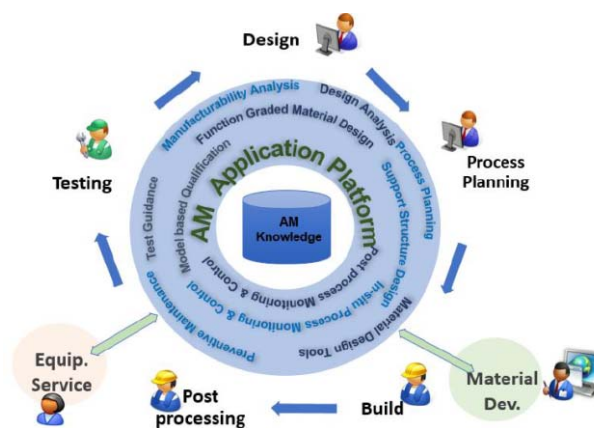


Figura 2. 28.- Sección de demandas. Fuente: IDETC/CIE, 2018

3. Planificación de actividades

Para la correcta elaboración de este documento, se plantean las siguientes actividades:

3.1. Diagrama de Gantt

ID	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
1. Introducción							
Investigación sobre la comunicación interna, transformación digital e industria 4.0							
2. Estado del Arte							
Investigación sobre la fabricación aditiva (técnicas, sectores, futuro y debilidades)							
3. Actividades							
Planificación de las actividades necesarias para conseguir una propuesta de mejora							
4. Encuesta							
Actividad para conseguir información directa del público objetivo, profesionales del sector de la FA							
5. Propuesta							
Esbozar una propuesta de mejora para la gestión eficiente de proyectos de la FA con la que garantizar una transferencia de información constante							

Tabla 3. 1.- Diagrama de Gantt del proyecto

3.2. Elaboración de encuesta

La información recogida es expuesta y analizada en el apartado 4. Encuesta realizada. Las preguntas serán recogidas en el Anexo I.

3.3. Entrevista a experto

Fue posible la realización de una entrevista con el experto en gestión de equipos y director de formación de ITC (Instituto Tecnológico del Cantábrico), Pablo Castillo. Anexo II.

3.4. Presentación de propuesta de mejora

La conclusión a esta investigación es planteada en el apartado 5. Propuesta de Mejora

4. Encuesta realizada

4.1. Información sobre la encuesta

El objetivo principal en la realización de esta encuesta es el conocer la opinión de los participantes directos del sector de la fabricación aditiva sobre las herramientas y metodologías de gestión información de sus proyectos en la realidad.

La encuesta tiene tres preguntas a modo de criba para excluir a los participantes que no serían valiosos para este estudio. Es motivo de exclusión: no tener relación con el sector de la fabricación aditiva; no trabajar en equipo y no llevar a cabo proyectos.

Para la obtención de datos a través de encuesta fue utilizada la web SurveyMonkey.

El desarrollo de la encuesta se compone de las siguientes partes:

- A. Análisis general sobre las condiciones profesionales de los participantes (tipo de empresa, experiencia profesional, puesto de trabajo). Desde pregunta 1-4.
- B. Análisis sobre la filosofía de trabajo en equipo (número de personas por equipo, la propia responsabilidad en el puesto, evaluación de la comunicación interna y herramientas digitales que se emplean). Desde pregunta 5-11.
- C. Análisis enfocado a la gestión de documentos en la organización (utilización de softwares de gestión, evaluación del uso). Desde pregunta 12-17.
- D. Análisis sobre la gestión de proyectos (valoración del seguimiento de sus proyectos, estudio del conocimiento y aplicación de las metodologías ágiles). Desde pregunta 18-29.
- E. Análisis sobre la utilización de dispositivos móviles. Desde pregunta 30-33.

4.2. Diagrama de flujo de las preguntas planteadas

Siendo aplicada la norma ISO 5808:1985 y DIN 66001:1996 para su elaboración se presenta el siguiente diagrama de flujo de la encuesta planteada (las preguntas correspondientes a cada número pueden ser identificadas en el Anexo I) (Figura 4. 1.- Diagrama de flujo de preguntas de encuesta).

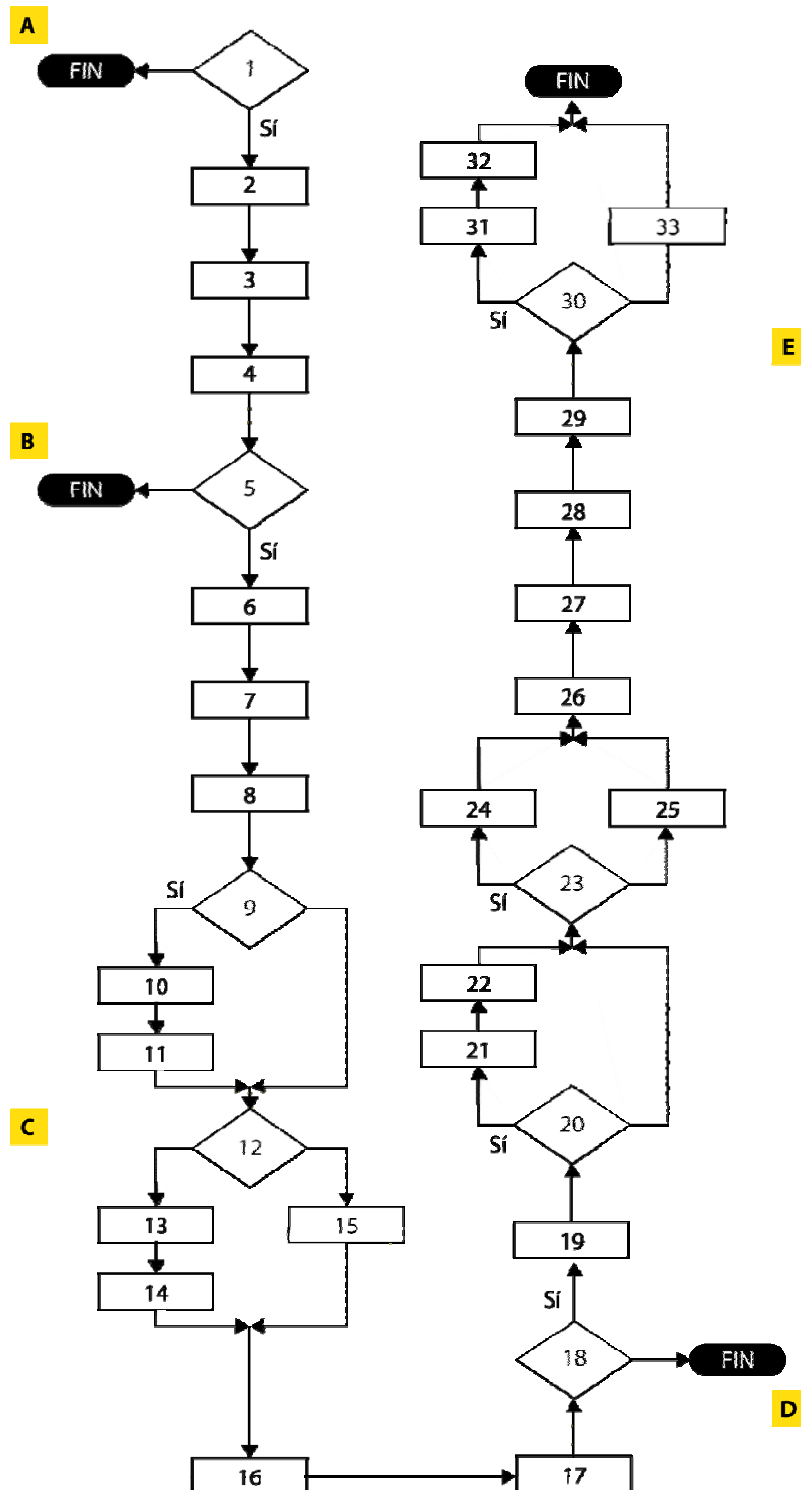


Figura 4. 1.- Diagrama de flujo de preguntas de encuesta

4.3. Análisis de datos obtenidos

La muestra de participantes en la respuesta a esta encuesta ha sido de 19 personas, todos ellos pertenecientes o relacionados con el sector de la fabricación aditiva. Tomaremos esta cantidad como el porcentaje máximo (100%) para que el siguiente análisis de los datos pueda extrapolarse a la realidad.

Se observa que entre los encuestados un 5% trabaja para la entidad pública frente a un 90% que trabaja para una organización privada. Existe un 5% que trabaja por su cuenta a modo freelance. (Figura 4. 2.- Lugar de trabajo de los encuestados).

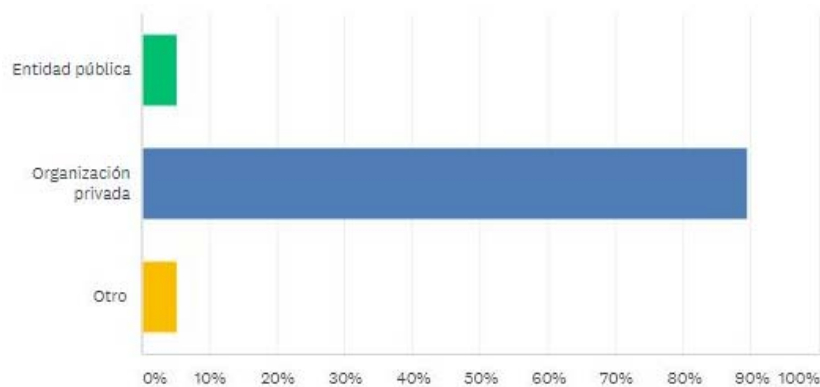


Figura 4. 2.- Lugar de trabajo de los encuestados

La experiencia profesional de los participantes varía entre los 0-2 años (16%); entre 3-5 años (47%); más de 6 años (37%) (Figura 4. 3.- Experiencia de los encuestados).

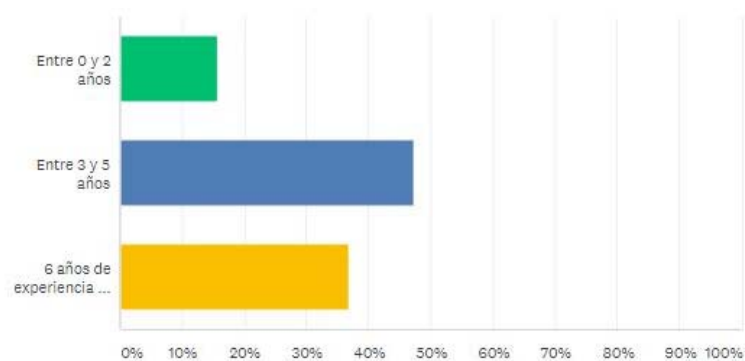


Figura 4. 3.- Experiencia de los encuestados

Sobre las laborales más habituales destacaría el “diseño CAD” (52%) y el “control de máquinas de fabricación aditiva” (37%), seguido de la “definición de parámetros de pre-impresión” (31%), “validación de piezas impresas” (31%) y “labores comerciales” (31%). La actividad con menor número de participantes sería la “investigación de materiales”

(21%). Otras actividades señaladas por los encuestados son: el alquiler de maquinaria y formación (10%), operaciones y estrategias en nuevos modelos de negocio para fabricación aditiva (10%), la dirección de equipos (5%) y el marketing y diseño web (10%) (Figura 4. 4.- Actividad profesional de los encuestados).

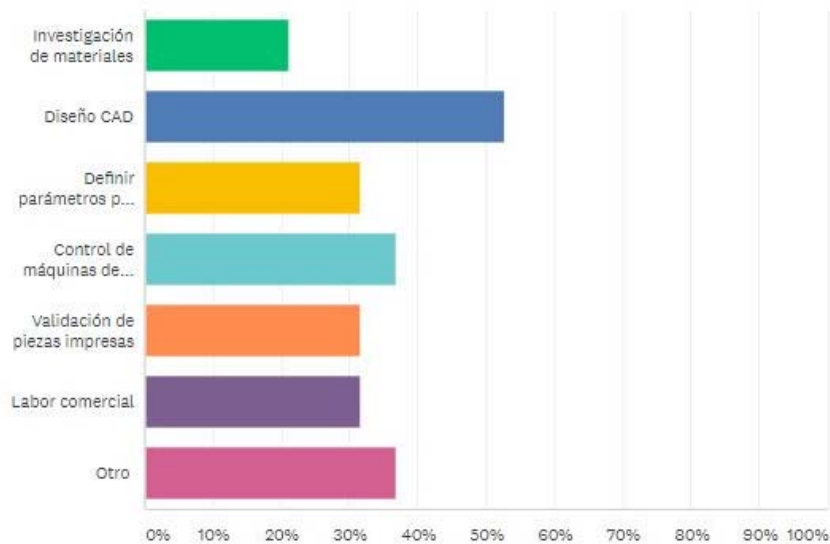


Figura 4. 4.- Actividad profesional de los encuestados

El 63% de los encuestados trabajan en equipo mientras que un 37% no lo hacen, por lo que han tenido que finalizar la encuesta. Como se comentaba al principio, esta es una de las preguntas criba.

Dentro del 63%, que pasa a ser el 100% después de la primera criba, destaca la formación de equipos de entre 4-6 personas (46%), seguido por equipos de 1-3 personas (31%) y más de 6 personas (23%) (Figura 4. 5.- Número de personas por equipo según los encuestados).

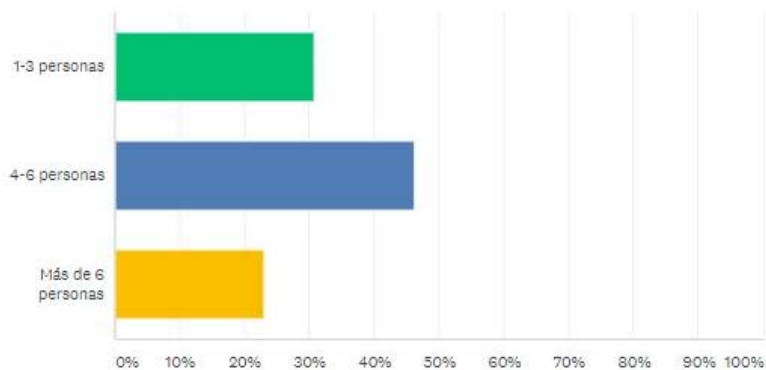


Figura 4. 5.- Número de personas por equipo según los encuestados

Cuando preguntamos sobre la responsabilidad de los encuestados en el puesto de trabajo, esta es considerada alta para el 69% de los participantes, frente a un 31% con nivel medio de responsabilidad.

La evaluación de la comunicación entre los miembros del equipo es positiva por lo general, medio-alta (76%) y muy alta (24%) (Figura 4. 6.- Evaluación de la comunicación interna.).

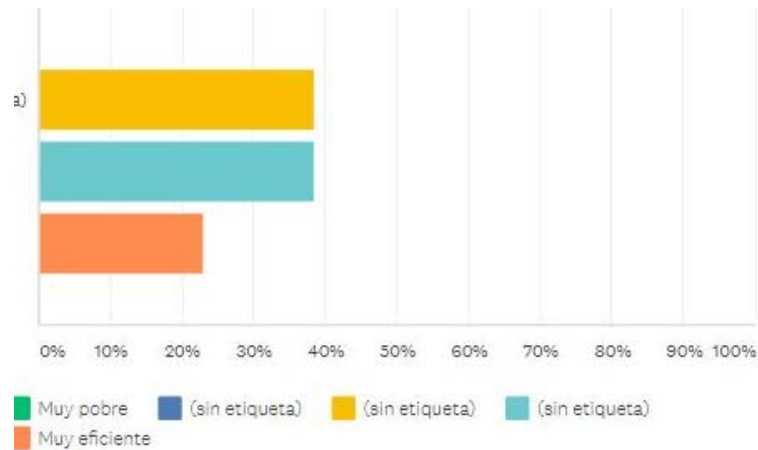


Figura 4. 6.- Evaluación de la comunicación interna

El 100% de los encuestados utilizan canales digitales para la comunicación. Estos varían entre: Skype, Drive, Dropbox, WeTransfer, Wunderlist, Web, RRSS, Mailing, Slack, Trello. En general la utilidad de éstos se evalúa como muy útil (50%), medio-alta utilidad (42%) y poco útil (8%) (Figura 4. 7.- Evaluación de la utilidad de herramientas de gestión utilizadas en la actualidad).

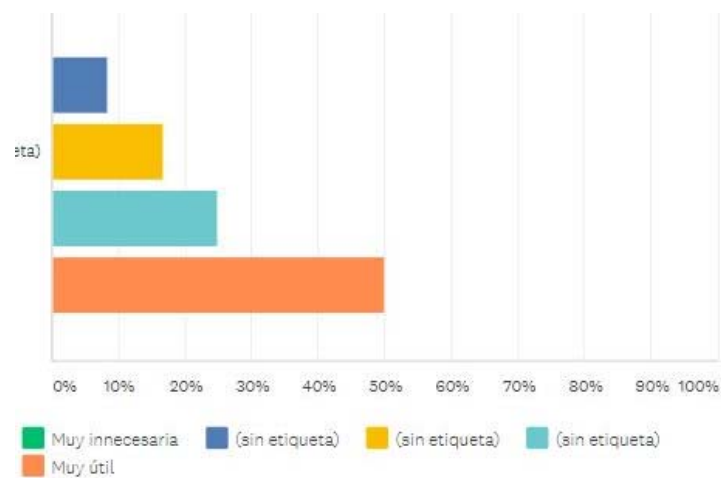


Figura 4. 7.- Evaluación de la utilidad de herramientas de gestión utilizadas en la actualidad

Ante la pregunta sobre si se utilizan sistemas de gestión de documentos, es el 67% de los participantes el que afirma su actual uso destacando: IDINET, Trello, Anfix, Google Suite, Office 365 y softwares internos. En su totalidad, los participantes recomiendan su uso. Por otro lado, del total que no utilizan estos sistemas, el 75% no encuentra interesante su uso.

La comunicación entre los diferentes equipos existentes en las organizaciones la mayoría la evalúa con un nivel medio-alto (91%), solo un 9% de los participante la considera muy satisfactoria (Figura 4. 8.- Evaluación de la comunicación entre diferentes equipos). Una alta mayoría (90%) de los candidatos clasifica de muy relevante la buena comunicación en el entorno laboral.

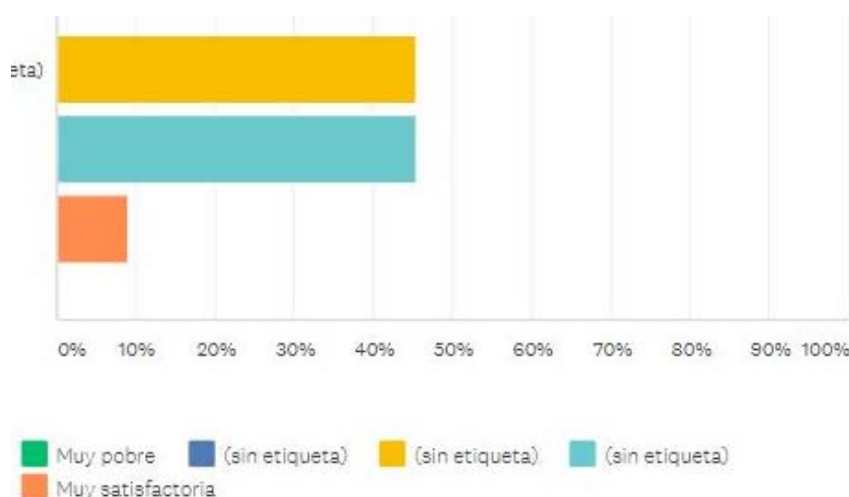


Figura 4. 8.- Evaluación de la comunicación entre diferentes equipos

Ante la pregunta de criba sobre la colaboración en el desarrollo de proyectos, un 82% de los participantes basan su actividad profesional en el desarrollo de proyectos frente a un 18% personas que solo en ocasiones. Con esta pregunta criba queda eliminado un participante. (Figura 4. 9.- Evaluación de colaboración en desarrollo de proyectos)

La transferencia de conocimiento en el sector de la fabricación aditiva

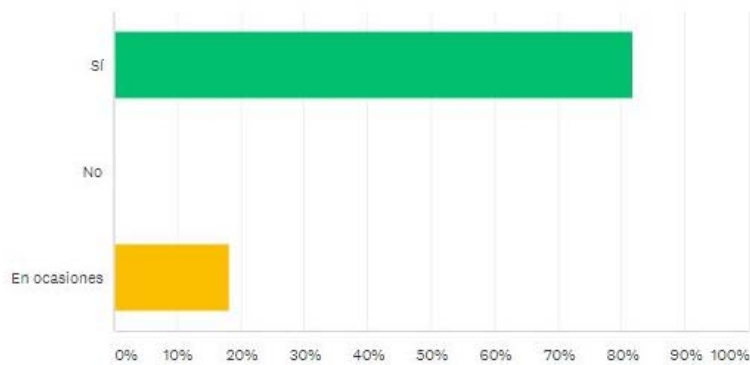


Figura 4. 9.- Evaluación de colaboración en desarrollo de proyectos

La valoración del seguimiento y gestión de los proyectos muestra distintas reacciones: para un 18% de los candidatos es escasa, para el 36% es medio-alta y en el caso del 45% de los participantes es muy alta. (Figura 4. 10.- Valoración del seguimiento hecho a los proyectos por la organización)

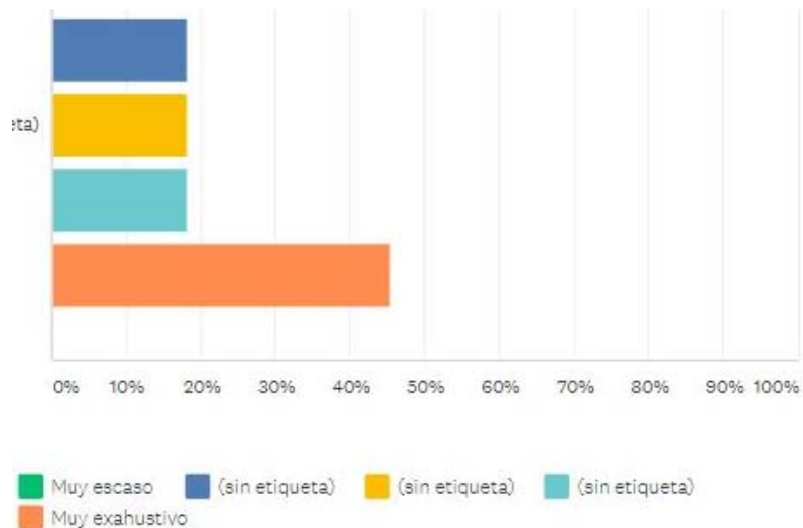


Figura 4. 10.- Valoración del seguimiento hecho a los proyectos por la organización

En la mayoría de los casos (73%) son utilizadas herramientas digitales, frente a la no utilización (27%). Estos softwares varían entre: Office 365, Microsoft Project, Jira, Smartsheet, IDINET, Project Manager y OneNote. La mayoría de participantes que las utilizan consideran efectiva su utilización (100%). Las metodologías ágiles son utilizadas en la mayoría de los casos (80%), de manera habitual (40%) o en ocasiones (40%). Por lo general (63%) se considera de utilidad en la gestión de proyectos. Los participantes que no las utilizan (20%), aseguran no conocer en qué consisten.

Durante el desarrollo de un proyecto, las reuniones se realizan con las siguientes periodicidades: cada 2 semanas (20%), cada semana (7%) y dependiendo de la urgencia (10%). La satisfacción con estos datos es alta (Figura 4. 11.- Periodicidad de reuniones).

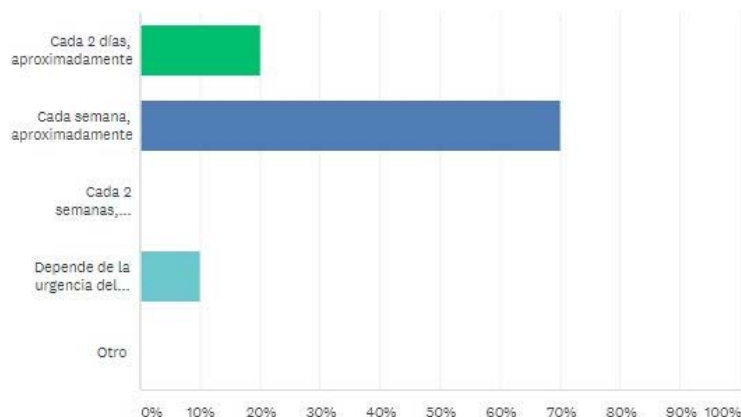


Figura 4. 11.- Periodicidad de reuniones

Los participantes distinguieron distintos aspectos que deberían ser mejorados en sus entornos laborales, obtenemos: la metodología de gestión de documentos (50%); los softwares y herramientas digitales para estar comunicados con los compañeros (40%); estar informados sobre la agenda laboral de los compañeros (40%); la comunicación y relación entre departamentos y/o equipos (30%). También fueron transmitidos por los participantes los siguientes: herramientas más ágiles para la planificación de órdenes de trabajo a taller de fabricación aditiva y un mejor acceso a softwares paramétricos para startups (Figura 4. 12.- Aspectos que los participantes consideran necesitan una mejora).

La transferencia de conocimiento en el sector de la fabricación aditiva

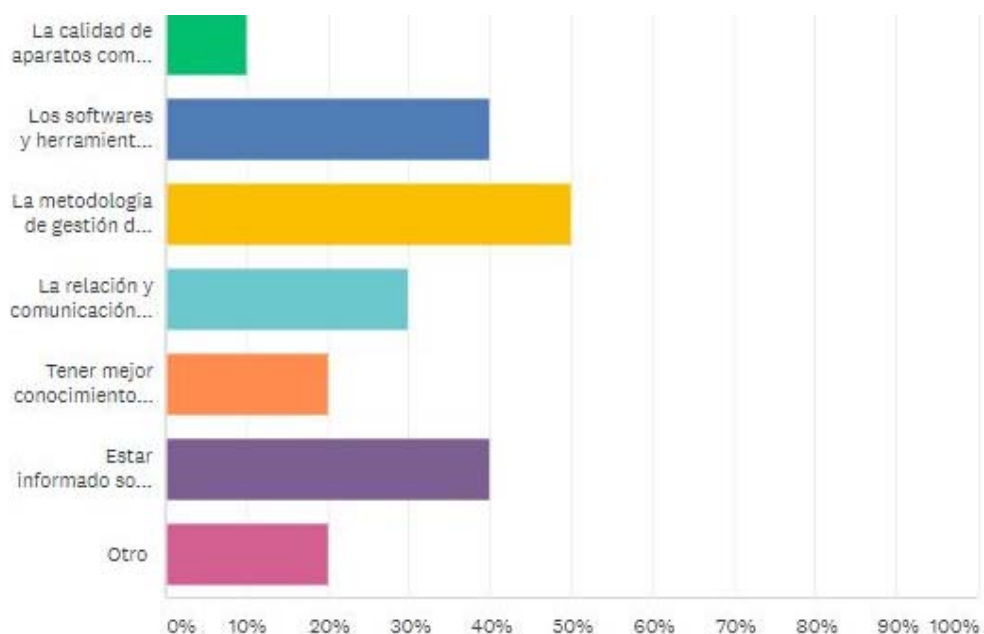


Figura 4. 12.- Aspectos que los participantes consideran necesitan una mejora

El alcance habitual de los proyectos es interno (20 %), externo (49 %) y también ambos (40 %) (Figura 4. 13.- Alcance de los proyectos).

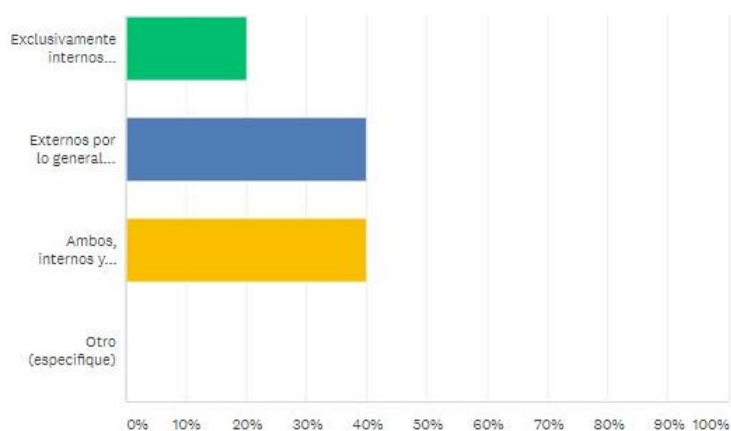


Figura 4. 13.- Alcance de los proyectos

Para la mayoría (90%) es habitual la utilización de dispositivos móviles tanto para reuniones con cliente, viajes por trabajo... En el 100% de los casos, estos dispositivos son cedidos por la organización y presentan una medio-alta evaluación (88,89 %) de su utilidad (Figura 4. 14.- Evaluación de utilidad de dispositivos móviles).

La transferencia de conocimiento en el sector de la fabricación aditiva

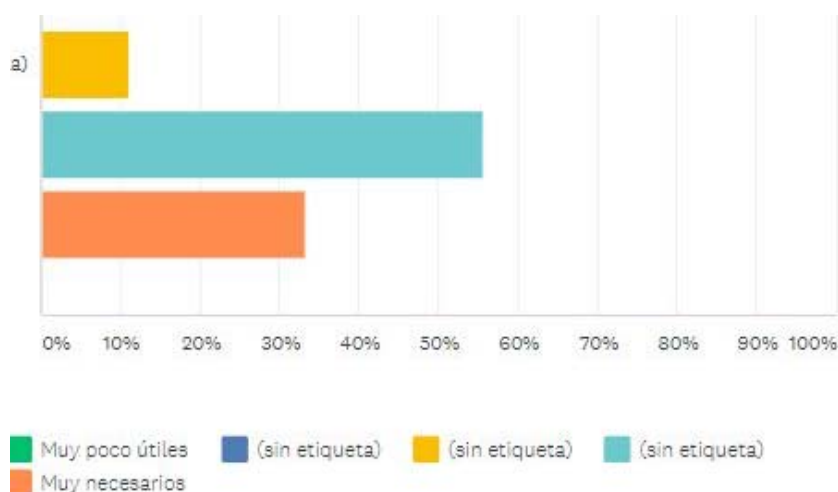


Figura 4. 14.- Evaluación de utilidad de dispositivos móviles

4.4. Conclusiones de los datos obtenidos

Para ofrecer una solución de mejora que plantee una competencia real, hemos de concluir este apartado con los aspectos que afectan en mayor medida a la comunicación entre los usuarios del sector de la fabricación aditiva, así como a la transferencia de información en el desarrollo de sus proyectos.

Se identifican como nociones relevantes las siguientes:

- los datos revelan que existe un alto porcentaje de puestos relacionados directamente con la creación de modelos 3D, control de máquinas, evaluadores de piezas y controladores de parámetros de impresión. Puestos que tendrán relación directa entre ellos y necesitarán de un almacenaje en la nube donde poder exportar e importar los archivos correspondientes con sus observaciones o "lecciones aprendidas".
- vemos que los equipos tienden a estar comunicados y acostumbrados a transferir sus conocimientos, por lo que la implantación de un sistema que les permita mantener intercambios de información o mensajería instantánea podría resultar sencilla y exitosa
- el público objetivo está acostumbrado a utilización de herramientas digitales para desarrollar su trabajo. Han sido varios los ejemplos facilitados por los participantes de la encuesta, en los que podremos inspirar una posible interface con la que los usuarios se encuentren cómodos

5. Propuesta de mejora

5.1. Solución para una transferencia de conocimiento eficiente

Como hemos podido comprobar en la investigación realizada al mercado de herramientas digitales de gestión enfocadas al sector de la fabricación aditiva, no existe una solución que se adapte a las necesidades propias de este público.

Gracias a la encuesta nos hemos hecho eco de las herramientas digitales de gestión más utilizadas por este público como son Google Drive, Dropbox o sistemas desarrollados para la propia organización. Como contrapunto, resulta muy positiva la relación establecida entre los participantes de la FA con estas herramientas, ya que de la entrevista con el experto Pablo Castillo (Anexo II) se extrae lo siguiente: "un aspecto problemático a destacar de la transformación digital, es la resistencia al cambio. Este es un factor determinante en todos los cambios que nos planteemos y muy común en todos los sectores".

Otro dato que llama la atención es la predisposición de los individuos al trabajo en equipos y a la comunicación eficiente entre sus miembros. Según el informe de PMI, el "70% de los retrasos y fracasos de los proyectos derivan de una mala comunicación interna" (Anexo II).

Uno de los aspectos que también cabe destacar en el ámbito de la gestión es la importancia que toman todas aquellas nociones o conocimientos que al principio pueden resultar un obstáculo, pero que al final nos sirven de ayuda para alcanzar la meta. Nos referimos a las lecciones aprendidas, todo aquello que podía salir mal, y que salió mal. En la mayoría de los casos no prestamos la suficiente atención a su relevancia, y es al paso del tiempo cuando consideramos que de haberlas tenido en cuenta no habiéramos vuelto a errar. Como se dice en el Anexo II, los gestores documentales se desarrollan para evitar que esas lecciones desaparezcan, además de para no contribuir a la creación de cajas negras, término que hace referencia a toda esa información que desaparece al desaparecer su creador o creadores. Teniendo en cuenta los datos de la encuesta, todas aquellas tareas profesionales que están presentes en procesos de la fabricación aditiva, como el diseñador CAD, el evaluador de piezas o el técnico que calibra las máquinas, se considera 100% necesario que las herramientas que utilicen para la gestión de sus

proyectos ofrezca la oportunidad de que cada miembro de los equipos pueda almacenar sus observaciones respecto al ámbito de sus tareas, promoviendo de esta manera un trabajo colaborativo del que todos forman parte y del que todos pueden beneficiarse.

La propuesta de mejora que se plantea en este apartado es la creación de una web para la gestión de información de los distintos equipos que intervienen en un proyecto de fabricación aditiva, con el que todos los usuarios puedan tener información sobre el estado, los documentos y lecciones aprendidas de sus compañeros o incluso de sí mismos. La intención de crear una web es principalmente por la versatilidad de uso que ofrece, en distintos dispositivos y lugares, aumentando de esta manera su flexibilidad. También puede ser utilizada en situaciones de ámbito comercial, como reuniones o ferias, ya que se le permite un "modo comercial" que incorpora visores formales de las piezas correspondientes.

Los pilares sobre los que se asienta esta solución son la gestión de los proyectos, los proyectos en sí mismos, la información creada (que pueda ser utilizada como guía en proyectos futuros) y la gestión de los equipos.

GESTOR: gestor de proyectos. Para la correcta y eficiente gestión de los proyectos se ofrecen dos visualizadores estandarizados que son Kanban (Figura 5. 1.- Interface gestor Kanban) y Gantt (Figura 5. 2.- Interface gestor Gantt). El acceso a los mismo puede ser global (se visualizan todos los proyectos y equipo) así como individual (se visualiza donde aparece un equipo en concreto).

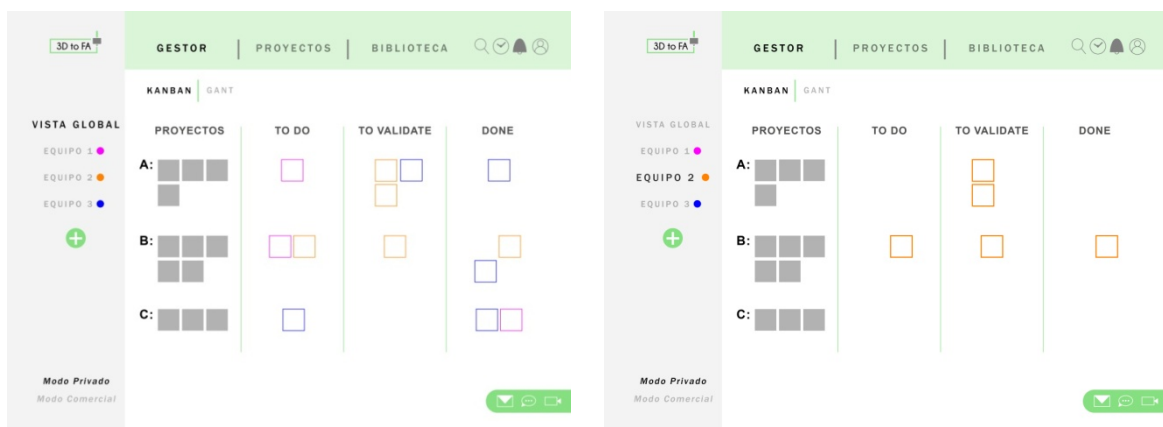


Figura 5. 1.- Interface gestor Kanban

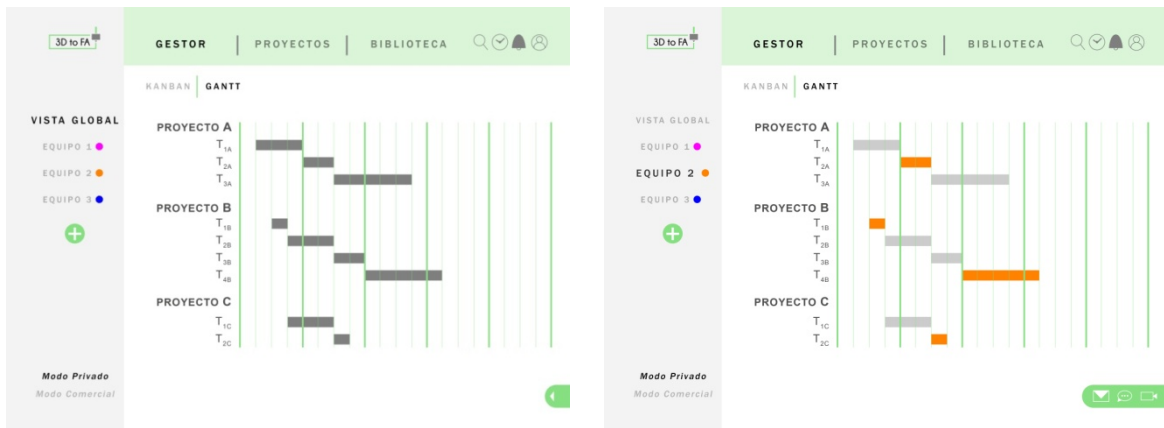


Figura 5. 2.- Interface gestor Gantt

PROYECTOS: proyectos e información relacionada. En esta sección podremos elegir entre el proyecto que nos interese, mostrándose en un primer momento las ultimas tareas realizadas de cada proyecto (Figura 5. 3.- Interface de ultimas tareas realizadas de proyectos). Cada proyecto tendrá una entrada compuesta de los documentos importados o modificados más recientes, y las tareas que lo componen (Figura 5. 4.- Interface de información sobre un proyecto). Así los miembros del equipo tendrán pleno conocimiento y acceso al estado de los mismos así como del de sus compañeros. Esto intenta promover un mejor trabajo en equipo al hacer que todos sepan la carga de trabajo de los demás, pudiéndose ayudar entre ellos si fuese necesario de manera autónoma.

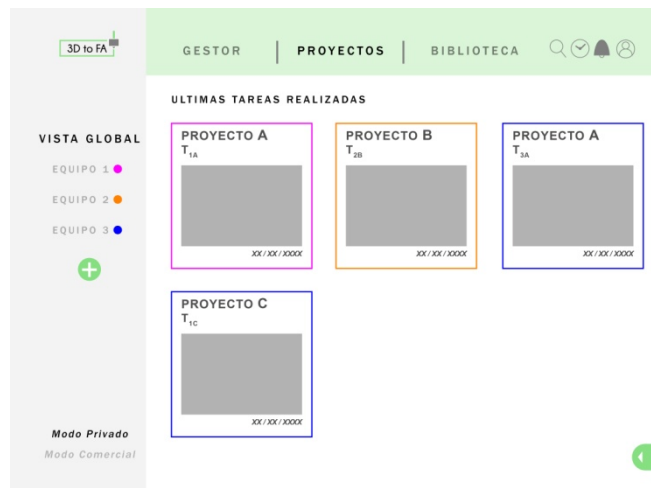


Figura 5. 3.- Interface de ultimas tareas realizadas de proyectos

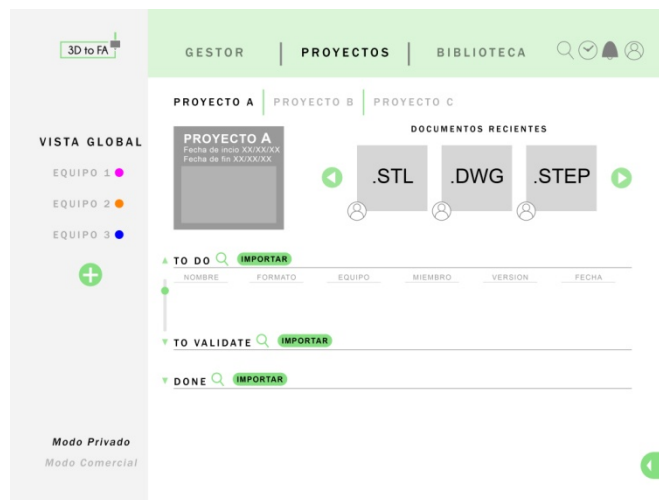


Figura 5. 4.- Interface de información sobre un proyecto

Además, la disponibilidad de crear un informe con la evolución y las lecciones aprendidas se habilita al crear cada nuevo proyecto. Podrán crearse tantos informes como sea necesario, por todos los miembros, y al cierre del proyecto quedará almacenado en la biblioteca para su posterior uso. De esta manera suplimos la necesidad de tener un registro de lecciones aprendidas y evitamos las posibles cajas negras (Figura 5. 5.- Interface registro lecciones aprendidas).

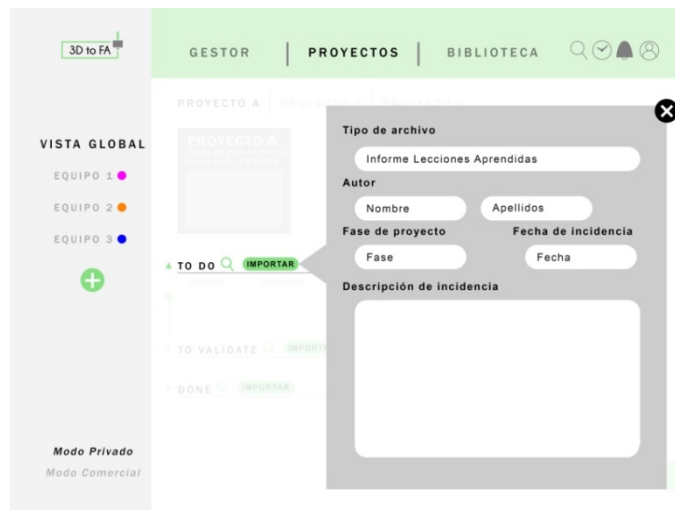


Figura 5. 5.- Interface registro lecciones aprendidas

Aunque el objetivo de esta plataforma sea la de la mejora de gestión de la información en el FA, se ha de permitir la entrada de todo tipo de documentos como pdf de artículos, tablas excel, archivos gráficos de Illustrator, etc. Sin olvidar que la fortaleza reside en la gestión de los archivos de 3D (.step, .obj, .ply, .sldprt, .3dm..etc). Por este motivo cuando el usuario se dispone a importar un archivo de este tipo ha de completar una serie de

parámetros como los que hemos comentado con anterioridad (parámetros clave de diseño o parámetros de impresión) (Figura 5. 6.- Interface de importación de archivos 3D)



Figura 5. 6.- Interface de importación de archivos 3D

BIBLIOTECA: almacenamiento del global de archivos y lecciones aprendidas. La sección biblioteca es donde encontramos los documentos que los miembros han importado previamente en las fichas de los proyectos correspondientes así como las observaciones que destacan de los resultados finales. Como si de un Google Drive se tratara, los usuarios podrán almacenar los documentos para la realización de las tareas que componen los proyectos de manera segura y disponible cuando lo necesiten por la tecnología de almacenamiento en la nube (Figura 5. 7.- Interface biblioteca por proyecto) (Figura 5. 8.- Interface de biblioteca general).



Figura 5. 7.- Interface biblioteca por proyecto

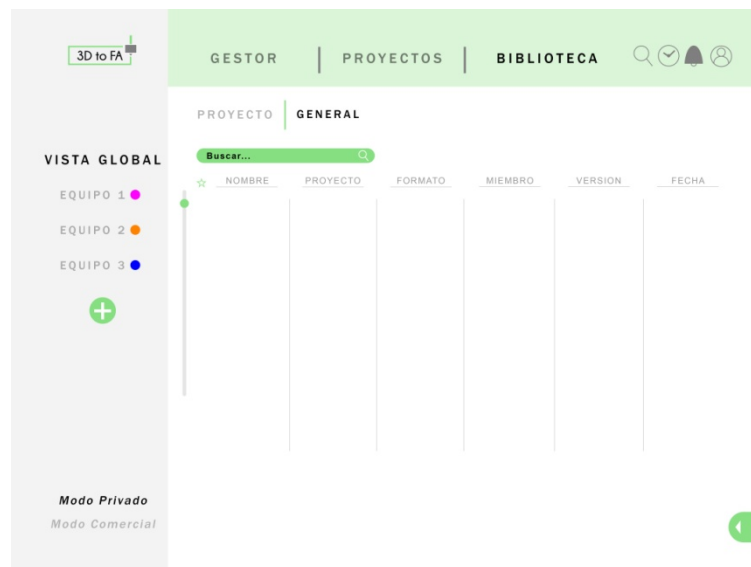


Figura 5. 8.- Interface de biblioteca general

GESTIÓN DE EQUIPOS: los equipos que participan de los proyectos serán fácilmente gestionados por el gestor del mismo (Figura 5. 9.- Interface edición de grupo existente). Cuando el gestor agrega un miembro al equipo, este recibe una notificación a su correo corporativo mediante el cual obtiene un perfil en esta web. Para la creación de un nuevo equipo, el líder de grupo encomendará esta tarea a la persona que crea conveniente, y

este a su vez agregará a sus compañeros al equipo (Figura 5. 10.- Interface creación nuevo equipo)

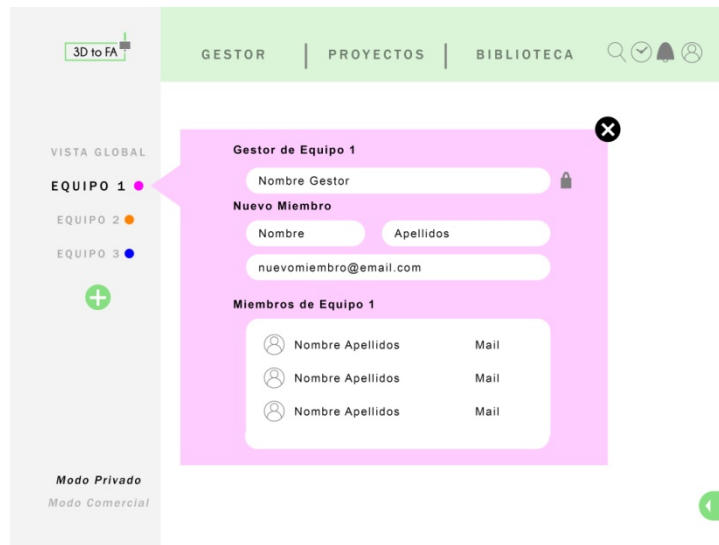


Figura 5. 9.- Interface edición de grupo existente

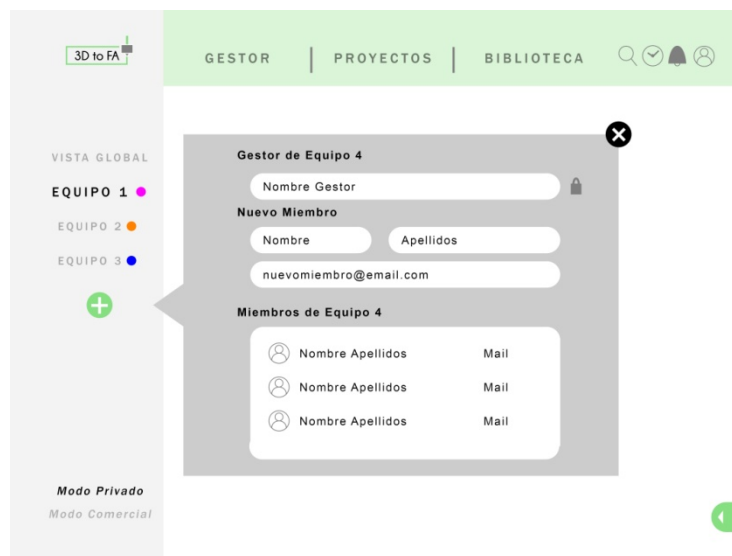


Figura 5. 10.- Interface creación nuevo equipo

Cuando hablamos de equipos de la fabricación aditiva, no solo nos referimos a los directamente relacionados con estos procesos como los diseñadores CAD, ingenieros mecánicos, electrónicos, evaluadores de calidad o encargados de pos procesos, sino también a los departamentos de la empresa que colaboran en el día a día de la organización como el departamento administrativo, el comercial (Figura 5. 11.- Aproximación de organigrama en el sector FA)

La transferencia de conocimiento en el sector de la fabricación aditiva

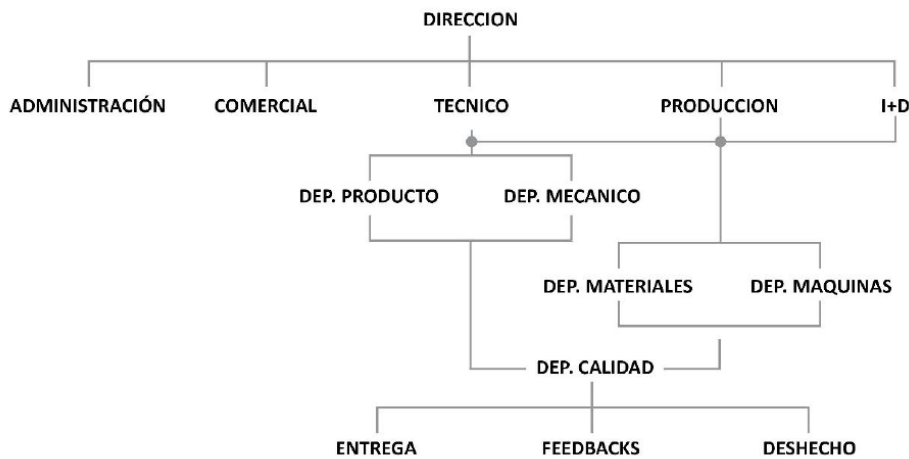


Figura 5. 11.- Aproximación de organigrama en el sector FA

Comentábamos al comienzo del apartado que otra función que cumple esta web es la de ser utilizada en situaciones de ámbito comercial como reuniones o ferias, gracias a su modo de visualización para clientes. Si activamos esta acción, podremos presentarle al cliente la información que sea conveniente, pudiendo elegir dentro de su perfil documentos generados por cualquier equipo durante el desarrollo del proyecto. Piezas 3D interactivas (cambiando material, tamaño...), presentaciones del producto, acceder al documento briefing para añadir nuevos requisitos; actividades cotidianas a las que no podemos recurrir habitualmente por falta de medios y podrían agilizar de manera drástica el desarrollo de un proyecto (Figura 5. 12.- Interface en modo comercial).



Figura 5. 12.- Interface en modo comercial

5.2. Presupuesto para el desarrollo de esta solución

La estimación para la creación de esta solución web tiene una duración de 7 meses, durante los cuales se diseñará, programará y se realizará un futuro plan de formación (Tabla 5. 1.- Planificación de tareas para creación de web)

EQUIPO	PUESTO	TAREA	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
DESARROLLO									
DISEÑO	Director Creativo	Dirigir el estilo de la identidad corporativa de la marca así como el mensaje que se transmite desde la web							
	Administrativo	Responsable de registro de marca, compra de dominios, servidores, alta en redes sociales							
	Experto en UX	Gestionar la usabilidad de la web							
	Experto en AI	Gestión de la estructura de la web							
PROGRAMACIÓN									
PROGRAMACIÓN	Diseñador Gráfico	Elaboración de los elementos gráficos que se requieran en el desarrollo de la web							
	Programador	Creación de elementos necesarios para la creación de la web, seguridad e implementación							
	Desarrollador Web	Crear web							
PUBLICIDAD Y FORMACIÓN									
FORMACIÓN	Formador	Creación de plan para el testeo de la web versión beta así como de la formación definitiva							

Tabla 5. 1.- Planificación de tareas para creación de web

En función de la oferta salarial del mercado, podemos conocer una aproximación de los sueldos de los profesionales que necesitaremos en este proyecto. Se obtiene un coste total en capital humano durante 7 meses de 68.000,00 € (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

PUESTO	SALARIO MENSUAL	SALARIOS POR PROYECTO
Director Creativo	2.720,00 €	13.600,00 €
Administrativo	1.280,00 €	6.400,00 €
Experto en UX	1.920,00 €	9.600,00 €
Experto en AI	1.920,00 €	9.600,00 €
Diseñador Gráfico	1.280,00 €	6.400,00 €
Programador	1.600,00 €	8.000,00 €
Desarrollador Web	1.600,00 €	8.000,00 €
Formador	1.600,00 €	6.400,00 €
		68.000,00 €

Tabla 5. 2.- Salarios aproximados del capital humano necesario

Además del equipo humano, hemos de contar con los recursos materiales que necesitaremos (Tabla 5. 3.- Recursos materiales necesarios)

MATERIAL	CONCEPTO	SERVICIO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
RECURSOS MATERIALES	DESARROLLO								
	HARDWARE	Ordenadores, accesorios, dispositivos móviles de prueba (tablets, smartphone...)							
	SOFTWARE	Licencias de programa							
	OFICINA	Alquiler de oficina, facturas, transporte							
	SERVIDOR	Compra de servidor para alojar la web							
	DOMINIOS	Compra de dominio de la web							

Tabla 5. 3.- Recursos materiales necesarios

Se obtiene un coste total en recursos materiales de 11.748,33 € durante 7 meses (Tabla 5. 4.- Total coste en recursos materiales)

CONCEPTO MATERIAL	UDS	GASTO ANUAL	GASTO DURANTE PROYECTO
Hardware	8	12.000,00 €	7.000,00 €
Software	4	6.000,00 €	3.500,00 €
Oficina	-	2.000,00 €	1.166,67 €
Servidor	-	100,00 €	58,33 €
Dominio	-	40,00 €	23,33 €
			11.748,33 €

Tabla 5. 4.- Total coste en recursos materiales

Por lo tanto, el cálculo del presupuesto total para este proyecto sería de 79.748,33 € (Tabla 5. 5.- Cálculo de presupuesto total)

PRESUPUESTO DEL PROYECTO (7 MESES)	
CONCEPTO	TOTAL
EQUIPO HUMANO	68.000,00 €
RECURSOS MATERIALES	11.748,33 €
TOTAL PRESUPUESTO	79.748,33 €

Tabla 5. 5.- Cálculo de presupuesto total

6. Conclusiones

El sector de la fabricación aditiva está cada vez más desarrollado pero no de manera equilibrada en todas las facetas que lo forman como hemos visto en la investigación sobre las herramientas de gestión propias de este sector, inexistentes en el mercado. Es cierto, que para los usuarios de esta tecnología no supone un problema de alta relevancia ya que se sirven de otras herramientas para suplir este servicio, pero no se descarta el interés en herramientas especializadas.

Hubiera sido interesante obtener una muestra de participantes mayor para que los datos obtenidos de la encuesta tuvieran mayor peso, al igual que sería interesante la realización de entrevistas a un mayor número de expertos del sector.

De igual forma, siendo conscientes de que la solución propuesta podría ser o no viable, parece que en un futuro cercano podría ser una realizar encontrarnos con soluciones similares por la creciente demanda en las organizaciones en aspectos como la gestión de proyectos y recursos.

7. Anexos

I. Anexo

Preguntas Encuesta: Hábitos comunicativos entre equipo del sector de la fabricación aditiva

II. Anexo

Entrevista al experto Pablo Castillo, director de formación de ITC (Instituto Tecnológico del Cantábrico)

8. Bibliografía

- Adair, J. (1973). Liderazgo centrado en la acción.
- Additive Standard Technologies Manufacturing. (2010). Standard terminology for additive manufacturing .
- Agirre, I. (2017). Fabricación aditiva. El diseño y los retos del futuro. *Material Conexión* .
- Basiliere, P. (2017). *Gartner Predicts. The growing business of additive manufacturing.*
- Bennis, W., & Bierderman, P. (1997). *Organizing genius: The secrets of creative collaboration.*
- Bernier, S., & Reinhard, T. (2015). *Design for 3D printing.*
- Bose, S. (2015). Additive manufacturing. *CRC Press* .
- Boughzala, I. (2012). *Gestión del conocimiento en la empresa.*
- Brynjolfsson, E. (2014). *The second machine age.*
- Bunker, E. (1997). Organizational change and development.
- Cherniss, C., & Goleman, D. (2000). "Leadership that gets results. *Harvard Business Review* , 78-92.
- Chua, C. (2014). 3D Printing and additive manufacturing. *World Scientific Publishing* .
- Deloitte. (2018). *The industry 4.0 paradox. Overcoming disconnects on the path to digital transformation.*
- Druskat, V., & Wolff, S. (2001). Team emotional intelligence: Cracking the code on high performing teams.
- Editorial RBA. (s.f.). Obtenido de <http://www.rba.es/>
- Enplug. (s.f.). Obtenido de <https://www.enplug.com/>
- Frost & Sullivan. (2010). Meetings around the world II: Charting the course of advanced collaboration.
- Frost & Sullivan. (2014). *Organizaciones exponenciales.*
- Gallup Organization. (2005). Employee engagement and manager.
- Gartner Corporation. (2019). *Top trends in the Gartner hype cycle of emerging technologies.*

- Gatehouse Consulting. (2017). *Estado del sector de la comunicación interna y el compromiso del empleado*.
- Gebhardt, A. (2012). *Rapid prototyping*.
- Gómez, S. (2016). *Impresión 3D*.
- Holtz Communication. (s.f.). Obtenido de <https://holtz.com/>
- Hooper, A., & Potter, J. (2006). Liderazgo inteligente.
- IBM Global Services. (2007). *Uso de la colaboración para fomentar la innovación en su organización*.
- ICME. (2008). Integrated Computational Materials Engineering: A Transformational Discipline for Improved Competitiveness and National Security. *National Academies Press* , 132.
- Idescat. Generalitat de Catalunya. (2018). *L'impacte laboral de la indústria 4.0 a Catalunya*.
- IDETC/CIE. (2018). *International Design Engineering Technical Conferences / Computers & Information in Engineering Conference* .
- Kemper, T. D. (1978). *A social interactional theory of emotions*.
- Kotter, J. (1990). A force for change.
- Kurman, M. (2015). *La revolución de la impresión 3D*.
- La Impresión 3D y el Futuro de las Cadenas de Suministro. (2018). *Interempresas* .
- Laudon, K. (2012). *E-commerce 2013*.
- Lawler, E. E. (1998). *Tomorrow's organization: Crafting winning capabilities in a dynamic world*.
- Levine, S., & Coleman, D. (2008). *Collaboration 2.0: technology and best practices for successful collaboration in a Web 2.0 world*.
- Lewin, K. (1948). *Resolving social conflicts*.
- Loughborough University. (2016). *The 7 categories of additive manufacturing*.
- McAfee, A. (2006). Empresa 2.0: el nacimiento de la colaboración emergente. *Harvard Business Review* .
- McClelland, D. (1997). Competency assesment methods: History and state of the art. *Consortium for social and emotional competence in the workplace*. Boston.

- McDougall, W. (1920). *The group mind*.
- McKinsey. (2012). *How social tools can reshape the organization*.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2014). *Industria conectada 4.0. La transformación digital de la industria española*.
- National Intelligence Council. (2017). *Global trends 2030*.
- OCCMundial. (2018). *Comunicación interna digital, ¿nueva estrategia empresarial?*
- Ranstad Research. (2016). *La digitalización ¿Crea o destruye puestos de trabajo?*
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*.
- Smit, J. (2016). *Industry 4.0. Directorate General for Internal Policies*.
- Smith, D., & Katzenbach, J. (1993). *La disciplina de los equipos*.
- Smith, D., & Katzenbach, J. (1992). *La sabiduría de los equipos: Creando la organización de alto rendimiento*.
- Sociedad de Relaciones Públicas de América. (2017). *Trends in communications industry show companies slow to adopt new technologies*.
- Spencer, L. (1997). Project management competencies. *Engineering construction and contracting Association*. San Diego.
- StaffBase. (s.f.). *StaffBase*. Obtenido de <https://staffbase.com/blog/7-reasons-why-internal-communication-is-important-for-success/>
- Stogdill, R. (1974).
- Stratasys Direct Manufacturing. (2017).
- Turban, E. (2010). *Information technology for management: Reinventing the organization*.
- White, F. (2015). *Data fusion perspectives and its role in information processing*.
- Wholers Associates. (2018). *The growing business of additive manufacturing*. MIT Technology Review.
- WORLD ECONOMIC FORUM. (2018). *Cuarta revolución industrial*.
- World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs. Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution*.
- Zhuo, Y., Douglas, E., & Sundar, K. (2018). *Self-improving additive manufacturing knowledge management*.

9. Webgrafía

<https://idconline.mx/corporativo/2018/03/22/comunicacion-interna-digital-nueva-estrategia-empresarial>

<https://www.eleconomista.es/emprendedores-innova/noticias/7327225/02/16/EI-80-de-los-jovenes-en-la-era-digital-encontraran-trabajo-en-profesiones-que-aun-no-existen.html>

<https://www.icex.es/icex/es/Navegacion-zona-contacto/revista-el-exportador/observatorio2/REP2018802190.html>

<https://www.machinedesign.com/3d-printing/what-will-3d-printing-look-2019-part-2>

<http://oikonomics.uoc.edu/divulgacio/oikonomics/es/numero09/dossier/jlopez.html>

<https://www.3dnatives.com/es/gartner-2019-impresion-4d-140120192/>

<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214657116300260>

<http://www.malgaba-ingenieros.com/web/elements.html>

<http://www.cadenadesuministro.es/noticias/amazon-disena-un-camion-con-impresora-3d/>

<https://www.fayerwayer.com/2015/05/que-es-la-impresion-4d/>

<https://www.3dnatives.com/es/expertos-elegir-un-escaner-3d-200920172/>

<http://www.cadenadesuministro.es/noticias/amazon-disena-un-camion-con-impresora-3d/>

<https://www.naturalmachines.com/>

<http://www.materialise.com/> 5 <https://defdist.org/> 6 <http://www.madeinspace.us/>

<https://forums.autodesk.com/t5/fusion-360-ideastation/wall-thickness-check/idi-p/5506033?profile.language=es>

<https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/168961-Soluciones-de-software-para-impresiones-3D.html>

ANEXO I

Preguntas Encuesta:

Hábitos comunicativos entre equipo del sector de la
fabricación aditiva

Preguntas Encuesta:

Hábitos comunicativos entre equipo del sector de la fabricación aditiva

1. (PREGUNTA CRIBA) ¿Pertenece, o tiene relación, su actividad profesional con la fabricación aditiva?
2. ¿En qué ámbito desarrolla su actividad profesional?
3. Experiencia profesional en su actual puesto
4. ¿En qué se basa su actividad profesional?
5. (PREGUNTA CRIBA) ¿Trabaja en equipo?
6. ¿Cuántas personas forman su equipo?
7. ¿Podría identificar su nivel de responsabilidad?
8. Del 1 al 5, ¿cómo de exitosa considera la comunicación entre los miembros su equipo?
9. Dentro del equipo, ¿utilizan algún canal digital para estar comunicados y compartir información?
10. (RESPUESTA AFIRMATIVA A LA 9.) Por favor, nombre el canal o canales que utilizan para comunicarse
11. (RESPUESTA RELACIONADA CON LA 10.) Del 1 al 5, ¿cómo de útil considera esta herramienta?
12. ¿Utiliza su organización un sistema de gestión de documentos?
13. (RESPUESTA AFIRMATIVA A LA 12.) ¿Podría mencionar el nombre del software?
14. (RESPUESTA RELACIONADA CON LA 13.) ¿Recomendaría su uso?
15. (RESPUESTA NEGATIVA A LA 12.) ¿Cree que sería interesante o necesaria su implantación en su organización?
16. Del 1 al 5, a nivel general, ¿cómo de exitosa es la comunicación entre los equipos existentes en su organización?
17. Del 1 al 5, personalmente, ¿cómo de relevante es para usted la buena comunicación en el entorno laboral?
18. (PREGUNTA CRIBA) En su actividad profesional, ¿colabora usted en el desarrollo de proyectos?
19. Del 1 al 5, ¿cómo valora el seguimiento o gestión de los proyectos en su organización?
20. ¿Son utilizadas herramientas digitales para ello?

21. (RESPUESTA AFIRMATIVA A LA 20.) ¿Podría mencionar el/ los softwares utilizados?
22. (RESPUESTA RELACIONADA CON LA 21.) ¿Considera efectivo su utilización?
23. ¿Son utilizadas metodologías ágiles en la gestión de los proyectos de su organización?
24. (RESPUESTA AFIRMATIVA A LA 23.) Del 1 al 5, ¿cómo de eficaz considera su utilización?
25. (RESPUESTA NEGATIVA A LA 23.) ¿Conoce o alguna vez ha oído hablar de las metodologías ágiles?
26. ¿Cuál es la periodicidad en la realización de reuniones durante el desarrollo de un proyecto en su organización?
27. Del 1 al 5, ¿cómo de satisfecho está con esa periodicidad?
28. De los siguientes aspectos, ¿qué considera que necesitaría mejorarse en su entorno laboral?
29. ¿Cuál es el alcance de sus proyectos habitualmente?
30. ¿Es habitual el uso de dispositivos móviles para la realización de su actividad profesional? (Ej: reuniones con clientes, viajes por trabajo...)
31. (RESPUESTA AFIRMATIVA A LA 30.) ¿Son estos cedidos por la empresa?
32. (RESPUESTA RELACIONADA CON LA 31.) Del 1 al 5, valore su utilidad
33. (RESPUESTA NEGATIVA A LA 30.) Del 1 al 5, ¿cómo de interesante consideraría su posible uso?

ANEXO II

Entrevista a experto:

Pablo Castillo, director de formación en ITC (Instituto Tecnológico del Cantábrico)

ENTREVISTA A PABLO CASTILLO-ITC 5 DE ABRIL DE 2019

¿En qué consiste su actividad profesional? ¿Cuál es la actividad principal de su organización?

Mi función principal dentro del ITC es la organización de un grupo de personas, 12 aproximadamente, pero a nivel de plantilla hablamos de unas 100 personas. Esto es debido a que colaboramos con muchos colaboradores distintos, desde técnicos a directivos de alto nivel, que dedican una parte de su vida laboral al mundo de la formación y al de la consultoría. Damos cobertura a unas 500 empresas al año que son clientes fijos, llegando a las 600-700, pasando por nuestras manos unos 8000 alumnos. En ITC nos dedicamos a dos áreas, la formación de empresas en sus tres tamaños, pequeña, mediante la formación in-company, así como a la consultoría. La formación que impartimos es una formación a medida, llevada a cabo tanto en nuestras instalaciones como en las de nuestros clientes.

Por otro lado, dedicamos nuestros esfuerzos a la formación transversal, que en mi opinión es la columna vertebral de las organizaciones e imprescindible a realizar desde los centros de formación, tanto los privados como los públicos. Las soft-skills, las habilidades transversales, como la comunicación, la asertividad, la empatía... estas habilidades hay que desarrollarlas, no nacemos aprendidos.

¿Tiene alguna experiencia con organizaciones del sector de la fabricación aditiva?

Algunos de nuestros clientes están introduciéndose en el mercado de la fabricación aditiva, unos más desde el plano de la investigación y desarrollo, otros la utilizan como modelo de negocio. Normalmente estos clientes vienen a preguntarnos por la parte técnica, herramientas de modelado 3D, por ejemplo. Las cuestiones o la petición de consejo en relación con la gestión suelen llegar en fases más avanzadas, aunque nosotros siempre explicamos que los cimientos de una organización, sea del tipo o sector que sea, empiezan por la gestión de los recursos, los clientes y los proyectos.

¿Qué tipo de metodología de gestión soléis aconsejar más habitualmente?

En los últimos años hemos empezado a hablar de hibridación, básicamente porque la mayor parte de las empresas industriales han trabajado desde siempre bajo el supuesto de la planificación predictiva y en cascada, la tradicional. Dependiendo de la organización que tengas, tus clientes, tipos de proyectos, se comporta mejor la gestión ágil, la tradicional o la híbrida. Incluso el híbrido, no tiene por qué ser global. Según la parte del proyecto en la que nos encontremos se puede utilizar la metodología más afín. Cuando un cliente nos pide consejo de por dónde empezar, lo primero es preguntar como gestionan los proyectos en ese momento. Es esencial poner en el centro a la organización, analizar su situación y después analizar a tus clientes. Luego será el momento de poner en el centro de la organización al cliente y a partir de ahí, construir. Unas décadas atrás en el tejido industrial, era todo lo contrario: me analizo a mí mismo, fabrico, intento venderlo al cliente.

Desde su experiencia, ¿cómo de necesario es un sistema de gestión documental o de proyectos para una organización?

Cuando se implanta un sistema de gestión de proyectos en una organización, aunque solo sea a nivel de metodología, lo primero es tener una visión a futuro. Después vendría la formación y aprendizaje. Cuando pones en marcha la gestión de proyectos, y ya tienes un sistema adaptado para funcionar, tienes la posibilidad de comenzar a dejar constancia de las **lecciones aprendidas**, "todo lo que podía salir mal y salió mal". Si no hay un sistema, para almacenar esa información, sea un gestor documental, un ERP o un CRM, la memoria vuela y esas lecciones tienen un valor incalculable para el futuro de cualquier organización. Estas herramientas son fundamentales también para evitar las **cajas negras**. La información debe fluir en las compañías y estos sistemas posibilitan que se haga de la manera que las compañías vean más oportuno, pero siempre teniendo clara la necesidad y relevancia que supone la transferencia de conocimiento. Cuando no se tienen herramientas de este tipo es muy difícil que fluya la información de manera correcta, y si consigues que esto

pase, resulta muy difícil ponerle límites a la comunicación.

¿Qué softwares de gestión conoce o ha utilizado, y cómo valora su funcionalidad?

En relación con los softwares para la comunicación interna y de gestión, nosotros utilizamos SharePoint, básicamente porque contamos con un buen equipo especializado en tecnologías de Microsoft, lo que no significa que Microsoft SharePoint sea el mejor. Si un cliente nos pidiera consejo sobre qué programa implantar en su empresa, nosotros analizamos con él cuales serías sus necesidades y qué es lo que ofrece el mercado, pero no tomamos la decisión por el cliente. El tema de la elección de las herramientas es bastante complejo, y no sólo por la herramienta en sí, el componente humano juega un papel fundamental. Si a las personas no las preparas para afrontar el cambio, la herramienta no va a ser útil. Porque existe un problema, así como antes hablábamos de las cajas negras en la comunicación, en el mundo tecnológico existe un aspecto problemático, tanto interno como externo, que es la **resistencia al cambio**. Este es un factor determinante en todos los cambios o nuevos horizontes que nos marcamos en nuestra vida, ya sea cambiar de dieta o sea el uso de una nueva herramienta. Ocurre, además, que a menudo la formación que debe ir previa a la adquisición de un sistema de gestión documental, para preparar a los usuarios, no se hace previamente y la herramienta es comprada antes de formar al equipo. Primero se ha de informar, desarrollar una estrategia, formar a los equipos y así podremos implantar cualquier herramienta de manera eficiente.

¿Considera que la transformación digital es clave en el desarrollo de las organizaciones?

La transformación digital es un cambio vital, necesario. La organización que no vea que está avocada a un cambio, no será o sí, pero menos, competitiva en el mercado. Cuanto antes se desarrolle el cambio, será mejor para el futuro de las organizaciones, tendrán más capacidades y estabilidad en los nuevos mercados.

¿Cuál es la reacción más habitual ante la utilización de las herramientas digitales?

Según mi impresión un alto porcentaje, independientemente del sector y tamaño de la empresa, en la gran mayoría de casos una implementación de gestión de proyectos ha de venir marcada por los de arriba en dirección "down-stream", sino, supone un fracaso absoluto. Un sistema de gestión de proyectos es un sistema estratégico, se trabaja sobre la estrategia de la compañía y la mejora. La cuestión fundamental entre la mayoría es la oportunidad de ganancia que significa utilizar e implementar esos sistemas en las empresas. Si en el caso de no utilizar ninguna herramienta, la empresa va bien, no tienen necesidad de cambiar su situación actual. En los países latinos tenemos una fiel convicción hacía que el ingenio y la improvisación ganan a la metodología y la planificación.

¿Comparte la idea de que el trabajo en equipo y una buena comunicación interna son las claves del éxito de la organización?

La falta de trabajo en equipo y los problemas de comunicación, son la mayor causa de fracaso y retraso de los proyectos. Según el informe publicado por PMI, el 70% de los retrasos y fracasos de los proyectos derivan de una mala comunicación interna. No podemos ser expertos en todo, necesitamos rodearnos de equipos y personas que nos completen en aspectos que nosotros no dominamos a nivel experto. Necesitas gente que te ayude y multidisciplinariedad a tu alrededor. Tiene que existir seguridad y estabilidad en la comunicación, es necesario transmitir confianza, cercanía y empatía hacia los miembros del equipo. Los problemas de comunicación son acumulativos, y además marcan las bases de las futuras comunicaciones.

¿Considera, que independientemente del tamaño de la organización, es relevante contar con una participación de todos los componentes de la misma en la gestión de los proyectos?

Esta es siempre la pregunta más difícil, depende de la organización y depende del tipo del proyecto. Hablando del ámbito industrial, en una empresa con capacidad productiva, sean bienes o servicios, el primer paso es conocer nuestra capacidad productiva. Si no sabes cuál es tu capacidad, estás avocado al fracaso y los cuellos de

botellas serán inevitables y habituales. En ocasiones es más problemático tu propia visión de la capacidad productiva que la situación actual de la capacidad de la empresa. Los cuellos de botella en un sistema productivo tienen dos grandes soluciones, el establecimiento de una

estrategia de visión global y la movilización de recursos. Un cuadro de mandos integral, nos ayuda a la hora de gestionar proyectos, costes, tiempos y riesgos de manera eficiente.