

# VIII Congreso de Ingeniería Industrial

## Título: Laboratorios de Fabricaciones Digitales (LFD) – Diseño y Comercialización

Área temática: Innovación y Gestión de Productos

Autor: Zubik, Daniel; Figari Bizzotto, Sabina; Etchezar, Carlos Mariano, Federico Walas Mateo, Valeria Sararols

**Universidad Nacional Arturo Jauretche – Instituto de Ingeniería Industrial**  
Av. Calchaquí 6200 - Florencio Varela (CP1888) Buenos Aires – Argentina  
[danielzubik@formulador.com.ar](mailto:danielzubik@formulador.com.ar)

Calle 76 nro 568 - La Plata (1900) - Calle 38 Nro 1033 - La Plata (1900) - Calle 10 Nro 1926 - La Plata (1900) - B°B Pque Ecológico - City Bell (1896) - Calle 5 N°1673 - La Plata (1900)

### Resumen

El trabajo motivo de la presentación, hace una constatación y confrontación entre conceptos teóricos de LFD, ingeniería, diseño industrial y comercialización. Hace una breve síntesis de su evolución, y su avance en América latina. Muestra el surgimiento del diseño abierto indicando las necesidades de evolución de dichas actividades, y las repercusiones legales que se podrían derivar dado los actuales vacíos legales.

Hace una comparación de funcionalidad y costos entre productos de consumo masivo comerciales y sus similares fabricados en LFD. Tratando de desmitificar algunos teorías y conceptos sobre su futuro inmediato en los mercados.

Plantea la necesidad de nuevas tecnologías y materiales, y como su aplicación especialmente articulada puede atender demandas específicas de nichos de mercado Ej Laboratorios odontológicos

Muestra una organización típica para el funcionamiento de los LFD y las necesidades de capacitación y especialización en la temática.

Finalmente intenta mostrar como la dinámica de los LFD modifican el aprendizaje y las competencias en la práctica profesional de ingenieros y diseñadores y como favorecen las acciones de I+D+i en productos y procesos.

**PALABRAS CLAVES:** Laboratorios de fabricaciones Digitales, Fab-Lab, Diseño Abierto

### Summary

The occasion of the presentation work, makes a finding and confrontation between theoretical concepts of LFD, engineering, industrial design and marketing. A brief summary of its evolution, and progress in Latin America. It shows the emergence of open design indicating the evolving needs of such activities, and the legal repercussions that could result from the given current loopholes.

It makes a comparison between cost and functionality of consumer products business and made similar LFD. Trying to demystify some theories and concepts on his immediate future in the markets.

It raises the need for new technologies and materials, and especially articulated as their application can meet specific demands of niche markets Eg Dental Laboratories

It shows a typical organization for performance and training needs and expertise in the subject.

Finally try to show how the dynamics of change LFD learning and skills in the practice of engineers and designers and as favoring LFD shares R & D in products and processes.

**KEYWORDS:** Digital Labs manufactures, Fab-Lab, Open Design

## **1. INTRODUCCIÓN**

La fabricación digital tiene su origen en las disciplinas aeronáutica, y naval, siendo aplicada con posterioridad a otros campos con el objetivo de responder a demandas de prototipos y diseños exclusivos que impliquen materialidades y formas no convencionales.

Los Fab Lab podemos definirlos como un conjunto de máquinas y componentes comercialmente disponibles relacionadas mediante software y procesos desarrollados para fabricar distintos artículos. Los primeros Fab Labs tenían cortadoras láser controladas por computadoras para construir estructuras tridimensionales a partir de piezas planas, fresadoras de control numérico, plotter de corte, fresadoras de precisión y tornos de control numérico, equipos para fabricación de circuitos electrónicos, etc, para hacer dispositivos, prototipos moldes y piezas mediante la programación a través de diferentes software.

## **2. DESARROLLO**

“

### **2.1. BREVE HISTORIA Y EVOLUCIÓN**

El concepto y popularización de la fabricación digital está vinculado con la aparición de las comunidades de hardware libre o de código abierto, es decir, movimientos inspirados por la aparición del software libre empezaron a desarrollar hardware abierto y reproducible.

Se destacó el desarrollo de impresoras 3D que surgieron por la transformación a partir de la caída de las patentes de las impresoras comerciales, las cuales fueron tomadas por estos grupos para dar origen a impresoras de bajo coste y a partir de ahí se dio el comienzo de lo que luego se denominó diseño

La expansión de éste fenómeno se produce por el bajo costo de las máquinas y el software libre y porque el costo de una pieza o componente “está basado en el tiempo de la máquina, no en la forma ni variedad, es decir, no hay un cargo adicional por la complejidad o diferencia” (1 - SHO P, 2012, 251).

Para Pablo Herrera (2) La implementación de LFD en Latinoamérica, sigue el mismo patrón identificado en otras tecnologías digitales, pero en un orden de implementación distinto donde según el se dan tres grupos: Grupo A. Experiencia de estudiantes de maestría y doctorado; Grupo B. Circuito académico/comercial externo y Grupo C. Autoaprendizaje apoyado por foros y wikis. para el análisis nos concentraremos en los dos primeros.

Grupo A. Alrededor del 2007, se empiezan a formalizar iniciativas en diferentes universidades latinoamericanas como parte de investigaciones de grupos académicos. Ellos tomaron la experiencia y resultado de sus estudios de maestría/doctorado

El Grupo B, promueve en Latinoamérica la implementación bajo dos tipos de supervisión a) Académica: Fab Lab de MIT (el primero fue instalado en Lima en el 2009) y b) Comercial: Rhino Fab Lab (instalado en Medellín en el 2011). El concepto de Fab Lab fue impulsado desde 2001 por el Center of Bits and Atoms del Massachusetts Institute of Technology (CBA-MIT) a cargo de Neil Gershenfeld, como un programa para democratizar el acceso al conocimiento y herramientas de fabricación digital.

Los Fab Labs de MIT (3), buscan facilitar el acceso a nuevas herramientas de creación y producción, utilizando principalmente tecnologías open source, buscando que la producción de las grandes máquinas analógicas de la industria tradicional se transformen en productos personales de bajo costo, de modo que, en los próximos años, tengamos nuestra propia fábrica en casa para hacer (casi) cualquier cosa.

Bajo este concepto, se integran diversas disciplinas, culturas y edades en proyectos de investigación y desarrollo que abarcan desde máquinas de prototipeado rápido de uso en biomedicina, generación de energía con sistemas alternativos, automatización de procesos, estructuras arquitectónicas complejas, y otras soluciones tecnológicas que catalizan la incubación de empresas de alta tecnología, enfocadas en problemas locales con repercusión global. De otro lado, los Rhino FabLab utilizan software de arquitectura abierta creado por McNeel Associates, la compañía que produce Rhino y Grasshopper, y se constituyen inicialmente, como un grupo de soporte en línea para los usuarios de sus aplicaciones que necesiten fabricar sus diseños.

Situación actual (5) Durante el 2012, los Fab Lab de MIT llegan a más de 150, distribuidos en 23 países en todo el mundo. Para el año 2013 se proyecta la apertura de alrededor de 50 nuevos LFDs e incorporación de 13 nuevos países (Fab Lab MIT, 2012), y a través de la National Fab Lab Network Act de 2010 promovida por el U.S. Congress, se espera que su punto de equilibrio sean unos 500 sólo en EE.UU. Sin embargo, la replicación de Fab Labs de MIT en el Mundo ha sido más efectiva en países desarrollados (75% del total de laboratorios, 40% en Europa y 35% EE.UU.) que en aquellos en vía de desarrollo (25%).

Al 2012, los Rhino FabLab, llegan a 12 en todo el Mundo distribuidos en 6 países. Latinoamérica representa el 17%, con uno en Sao Paulo y otro en la Universidad Pontificia Bolivariana.

Con el diseño abierto surgen dos tipos de tendencias, la primera plantea una conexión directa entre Investigadores, diseñadores e industria, y la segunda plantea la fabricación para uso personal.

En la fabricación personal se abre un espacio definido como fabricación comunitaria (5). El principal problema que encontramos en fabricación comunitaria basada en el diseño abierto y su aplicación al mundo del diseño cotidiano, está dado entre otros muchos factores por el hecho de que las máquinas y materiales aun están preparadas para el modelado de lo "exclusivo" pero no para reproducir objetos que sean funcionales y accesibles para gran parte de la sociedad.

Por su parte los principales defensores de la fabricación comunitaria aducen que la principal razón para su evolución y aceptación se encuentra en la disminución de los costos de estas tecnologías por la intervención de una serie de investigadores, hackers y recicladores, que trabajan en la desconstrucción de equipos para producir nuevos equipos o máquinas de tecnología de libre disponibilidad, de resultados iguales o muy cercanos a las comerciales, pero de bajo costo. Son ejemplo de esta acción las impresoras 3D como las RepRap y en últimos tiempos están empezando a aparecer desarrollo en hardware libre de fresadoras —Shopbot—, cortadoras láser —Lasersaur—, y otras máquinas adyacentes a la fabricación digital como máquinas de reciclado de material, de termoformado o de plegado de materiales rígidos.

## **2.1 EVOLUCION DE LOS FAB LAB EN LATINOAMERICA**

La fabricación digital avanza lentamente hacia Latinoamérica. Mientras que los países desarrollados ven al desarrollo de los FAB LAB como una consecuencia lógica del propio desarrollo de sus tecnologías, los países en vía de desarrollo ven su adopción como un mecanismo de incrementar su capacidad tecnológica estando ubicados en general en ámbitos académicos.

Según el trabajo de Pablo Herrera y Benito Juárez (6) Existen varias razones que afectan el desarrollo de los LFD, los más sobresalientes son:

**2.1.1. Factores Educativos:** está dado por las políticas educativas que no son estables y por lo tanto tampoco lo son las inversiones en equipos, por otro existe una distancia generacional entre aquellos que la promueven y los que la van aceptando que se diluye entre ser estable o ser disruptivo. En general, los programas académicos de la región carecen de una política de inclusión de tecnologías emergentes sistematizadas, lo que hace lento el proceso de incorporación. La implementación en Europa y EE.UU. se produce en espacios donde se incentivan problemas de diseño sobre la instrumentalización de un proceso.

**2.1.2. Factores Económico.** La adquisición de herramientas y equipos de fabricación digital en Latinoamérica puede resultar entre 3 a 8 veces más costosa que en Europa o EE.UU. (por gastos de importación, transporte, aduanas, costo de vida, etc.). A ello se añade los gastos previos de capacitación del personal que dirige el LFD.

**2.1.3. Factor Administrativo.** La burocracia sigue siendo otro problema al iniciar la implementación de un LFD, especialmente aquellos promovidos por las entidades públicas. Aun al tener el financiamiento, la implementación del Fab Lab Lima demoró 9 meses, lo que significa tres veces más que en EE.UU. o Europa. Un caso aún más extremo es el Fab Lab Addis Abeba en Etiopía, que en similares condiciones que el de Lima, necesitó 24 meses para completar su instalación.

*A pesar de todo esto "Latinoamérica es heredera de una importante gama de procesos de producción artesanal en diversos campos, como la talla, orfebrería como las más representativas, cuyo encuentro con la fabricación digital puede generar respuestas innovadoras en el 80% de la Población Económicamente Activa dedicada a trabajos artesanales y semi industriales.*

*La fabricación digital puede optimizar los procesos mecánicos y brindar mayor tiempo productivo para invertirlos en procesos creativos, incidiendo directamente en el valor del producto y en la mejora de su calidad de vida (7)*

## **2.2. TEORIA CUESIONABLES**

Es fácil encontrar numerosos artículos que resuenan y respaldan la idea popularizada por Chris Anderson (8) que sostiene que "estamos frente a la "tercera revolución industrial", pero es difícil encontrar materiales en los que se estudie el papel de las comunidades de "open hardware" o los procesos de producción de conocimiento que han servido para catapultar este fenómeno

Las teorías de la personalización cuestionan las estrategias comerciales de las empresas que segmentan a los consumidores para optimizar costos, lo que trae como consecuencia que los productos no siempre respondan a necesidades específicas (funcionales, ergonómicas, emocionales, etc.). Las mismas teorías aducen a que la fabricación digital en cambio, permite crear productos altamente personalizados, como un sistema artesanal, con las ventajas del sistema industrial en optimización de tiempos y costos.

Según las mismas el transporte de bienes constituye un problema tanto a nivel económico/logístico como a nivel medioambiental. La popularización de la fabricación digital puede constituir un importante cambio en este sentido. Por un lado permitiría que comunidades aisladas

o de difícil acceso ganaran autonomía puesto que la producción a pequeña escala les permitiría acceder a bienes cuya distribución no compensa económicamente o no está cubierta por el mercado. Por otro lado reduce considerablemente el transporte de objetos de un punto a otro. Con un solo cargamento de materia base se pueden producir millones de elementos heterogéneos, reduciendo el impacto medioambiental del consumo y dejando de depender de cadenas de abastecimiento o del mercado para cubrir sus necesidades. (9)

El principal cuestionamiento que podemos hacer es que no todos los usuarios/as tienen los conocimientos para diseñar - modelar en 3D y ensamblar partes, tampoco tienen acceso a las herramientas de diseño necesarias para poder crear sus propios objetos, sin contar con las certificaciones correspondientes que aseguran cumplir con normas nacionales e internacionales de calidad, seguridad y medio ambiente

Además entendemos que esta supuesta libertad y posibilidad de realizar masivamente productos personalizados puede facilitar la fabricación de productos de dudosa utilidad.

### 2.3. ASPECTOS LEGALES

Es difícil analizar con detalle las repercusiones de la popularización de la fabricación digital puesto que no hay un modelo legislativo global y los diferentes países y regiones presentan marcos jurídicos diferentes. Pese a eso podemos aseverar que si la producción de objetos en 3D se hace con fines comerciales, se pueden llegar a infringir patentes si el diseño de estos objetos ha sido patentado previamente. En un informe denominado *It Will Be Awesome if They Don't Screw it Up: 3D Printing, Intellectual Property, and the Fight Over the Next Great Disruptive Technology* (cuya traducción sería: *"Impresionante si no lo hacen meter la pata: impresoras 3D, Propiedad Intelectual, y la lucha por la próxima gran tecnología disruptiva"*) (10) escrito por Michael Weinberg para la fundación Public Knowledge (11) se apuntan a muchos de los posibles conflictos y problemáticas que pueden llegar a surgir. El autor señala que la fabricación digital puede implicar la vulneración de derechos de autor, por ejemplo una escultura realizada por un artista que sea replicada exactamente y puesta en circulación - o de propiedad industrial, por ejemplo: replicar un juguete o personaje patentado previamente. Los derechos de autor y la propiedad industrial son diferentes en su naturaleza, puesto que si bien es verdad que en el primer caso constituyen un derecho natural, para conseguir una patente es necesario registrarla y demostrar su validez o funcionamiento.

Para justificar una patente una persona ha de establecer que el objeto en cuestión es novedoso, no puede existir otro con características similares. Una vez una patente ha sido otorgada cualquier copia o uso no licenciado de ese objeto o componente supone una violación de dicha patente. Como hemos visto las comunidades de diseñadores no sólo comparten planos sino que además los modifican y alteran, cosa que podría ser problemática si existiera una patente sobre alguno de estos objetos (12)

En principio estas violaciones de patentes no acontecerían en el uso doméstico de las impresoras, puesto se sobreentiende que no se está haciendo una explotación comercial. Pero como nos recuerda Weinberg, (13) *"la noción de uso comercial se ha expandido mucho y cada vez incluye más supuestos"*. Por otra parte, los sujetos a los que se le han concedido patentes deberían dedicarse a buscar casos de violación de las mismas para poder denunciarlos. En el caso de la producción doméstica este proceso podría llevar mucho tiempo y energías, lo cual supone una inversión muy grande para sujetos que después deberían poder demostrar esa violación de patente en un juicio.

Se podría librar una auténtica batalla legal para establecer la responsabilidad de los fabricantes sobre el uso que hagan los usuarios finales sobre las impresoras. Por otro lado es probable que se intente criminalizar el intercambio de archivos CAD de la misma forma que se ha hecho con el intercambio de archivos torrent (para descargar música y películas). En este sentido, la amenaza podría recaer tanto en las empresas que comercializan las impresoras como en los laboratorios (algunos de ellos enclaves universitarios) que investigan y desarrollan objetos fuera de un entorno estrictamente comercial. (14)

Estamos viendo un crecimiento de patentes preventivas, es decir, sobre objetos o piezas que se considera pueden ser cruciales para la construcción o producción de otros objetos (conectores, piezas base, etc.). Estas demandas sobre patentes y denuncias contra usuarios pueden suponer una auténtica amenaza a las comunidades open source y a los sistemas de producción de conocimiento que las vincula. La incertidumbre jurídica y la imposibilidad de saber si un objeto ha sido o no patentado previamente pueden constituir verdaderos obstáculos al desarrollo de nuevos modelos y prototipos. (15)

Existen infinidad de plataformas en las que se puede encontrar información detallada y contrastada de cómo fabricar las impresoras y productos, el desarrollo colectivo de software para las mismas o la creación y recombinación de diseños (16)

A su vez la capacidad de autorganización de las comunidades de base será un elemento crucial para contrarrestar los numerosos ataques de la industria que teme perder el monopolio sobre la producción de determinados objetos. Los litigios por asuntos de propiedad industrial pueden ser

frecuentes cuando el movimiento salga de los garajes y talleres de programadores y entre la esfera cotidiana de todos los ciudadanos/as.

Comparar dos versiones de un mismo diseño es una tarea ardua que sólo es posible cotejando imágenes y dedicándole mucho tiempo. Esto es un verdadero obstáculo si queremos analizar la fabricación digital como un proceso de investigación colectiva, puesto que este control de versiones funcionaría como un “cuaderno de bitácora” de los diferentes diseños (17).

## **2.4. EVOLUCION CAMBIO DE DISEÑO**

La fabricación digital potencia el proceso de autonomía respecto a los sistemas de producción convencionales, facilitando la fabricación de prototipos que sirvan para validar, probar o testear los proyectos de Diseño e ingeniería. La facilidad de convertir aquello que ideamos con la ayuda de herramientas CAx en posible, se convierte en tangible mediante el control de la forma que permite fabricarla y comprobar su comportamiento físico real.

Se denominan genéricamente Cax a aquellas herramientas de asistencia por computadora, las cuales, permiten realizar diseño, cálculo, testeo, simulaciones, maquinado, etc )

La popularización de la fabricación digital ha venido acompañada de la expansión de una serie de entornos físicos en los que se puede aprender y desarrollar de forma colectiva, algunos de ellos pertenecen o están relacionados a instituciones regladas como pueden ser los denominados Fab Labs, mientras que muchos otros acontecen en garajes o talleres y son completamente autogestionados.

Las wikis o espacios de intercambio de información creados en torno a proyectos de fabricación digital cumplen un papel similar. Aglutinan comunidades que testean los prototipos y los validan o transforman, dejando constancia de los cambios y problemas surgidos. Esta nueva forma de organización a través de foros y wikis permite que se generen laboratorio de I+D distribuidos.

Las comunidades validarán socialmente un desarrollo dependiendo de si se ha sido generoso en su documentación y si se han aportado todos los datos que permiten reproducirlo.

Un segundo aspecto a considerar tendría que ver con la accesibilidad a los medios o herramientas de producción en un momento y un lugar concretos. En este sentido tanto el acceso a la maquinaria de fabricación, como la publicación de tutoriales y manuales, el desarrollo de comunidades online compartiendo conocimientos, e incluso el uso táctico de software propietario pero de fácil acceso mientras se desarrollan herramientas libres, parecen condiciones necesarias para la construcción de una esfera de libertades y accesibilidad social en el campo de la fabricación digital para el diseño de productos

La materialización de productos en el caso de la impresión 3D es muy tangible ya que la mayoría de las impresoras de bajo coste que existen ahora en el mercado, estan optimizadas para el trabajo con termoplásticos, ABS o como principal alternativa de plástico biodegradable PLA.

La impresión en otros materiales tiene una complejidad mayor ya que normalmente exige que vayan acompañados de catalizadores u otras sustancias reactivas. Ni las pastas ni las mezclas de polvos con aglomerantes han conseguido ser productos sustitutos de los originales (metales, vidrios, cerámica, plásticos de ingeniería, etc). Los resultados positivos conseguidos fueron para aplicaciones muy precisas, (joyería, odontología)

Los metales son el gran desafío de los LFD que utilizan impresión 3D de bajo coste ya que exigen conocimientos técnicos y equipamientos singulares para cerrar el proceso de estabilización del material en caso de querer optimizar sus propiedades y requieren de personal con conocimientos especializado. Por otro lado el procesamiento de metales mediante la utilización de cortadoras laser, fresas CNC, etc que sean open source y de bajo costo, no logran aún los resultados deseados en estas colectividades

Los diseños y desarrollos no se pueden hacer en cualquier maquina, cada producto o prototipo debe venir acompañado de la correspondiente documentación de las máquinas y herramientas a utilizar para lograr un resultad aceptable, lo cual implica que los nuevos diseños tendrán como principal desafío lograr un alto grado de especialización en las personas que forman parte de ellos o convocar personas con las competencias necesarias.

Todo proyecto de diseño e ingeniería esta enmarcado en una serie de condiciones de borde que buscan lograr un propósito y tienen objetivos específicos, donde los FAB LAB o LFD son un medio para conseguir dichos objetivos y no son un fin en si mismo

A nuestro criterio un esquema de trabajo ordenado estaría bajo el concepto Diseño e Ingeniería concurrente, con la ayuda de herramientas Cax articulando con equipos para el mecanizado

### **2.4.1 - DISEÑO E INGENIERIA CONCURRENTE**

La multiplicidad de datos que se requieren para desarrollar un producto y el manejo de la información y las variantes que entran en juego se benefician si se aplica una metodología concurrente de ingeniería y diseño.

*“Se puede definir el diseño concurrente como una metodología en la cual todas las fases de desarrollo de un producto están estrechamente relacionadas. En un modelo de diseño concurrente, las unidades de desarrollo trabajan en forma paralela, con el objetivo de reducir el*

tiempo ocupado en un modelo convencional, secuencial o escalonado. Esta meta requiere la incorporación de dos conceptos básicos: la integración y la sincronización, ambos fundamentales para la conectividad requerida por el equipo” [18]. Tal como se ve en la figura 2

El Diseño e ingeniería concurrente requiere de:

**Equipos pluridisciplinarios de decisión y asesoramiento**, dada la complejidad de las nuevas formas de diseño, estos equipos apoyan la toma de decisiones en proyectos de innovación. Muchos de los cuales se podrían abrir a la comunidad

**Gestor de proyecto y organización matricial**. Que se responsabiliza de impulsar y gestionar todo el proceso de diseño y desarrollo, asegurando una visión global y continuidad.

**Diseño conceptual**: Énfasis en la definición del producto y en el diseño conceptual, antes de avanzar en el desarrollo es necesario elaborar un diseño de materialización y detalles

**Estructura modular y sub proyectos**: para dividir en partes más simples las tareas utilizando criterios y métodos para asignar las funciones y establecer conexiones.

El principio básico que plantea el esquema metodológico sugerido, es evitar los ciclos repetitivos en el proceso de diseño y desarrollo de productos. La meta es concentrar la mayor cantidad de cambios y modificaciones en las fases iniciales y ayudar a que el trabajo realizado no requiera postprocesos en ninguna de sus fases posteriores

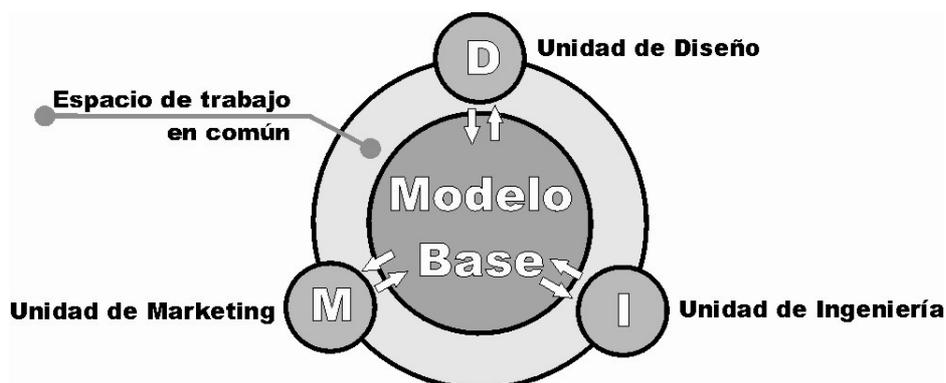


Fig 1. Equipo de diseño concurrente

El resultado final es que con la ayuda de las herramientas CAx y los LFD se puede diseñar, calcular, ensayar, fabricar, verificar, testear, etc. al producto y su utilización. Si bien requiere de una inversión inicial significativa, comparativamente su aplicación tiene menores costos incurridos respecto a los comprometidos hasta la etapa de lanzamiento (figura 2), con la ventaja adicional que durante el proceso, fueron disminuyendo los niveles de incertidumbre durante la toma de decisiones.

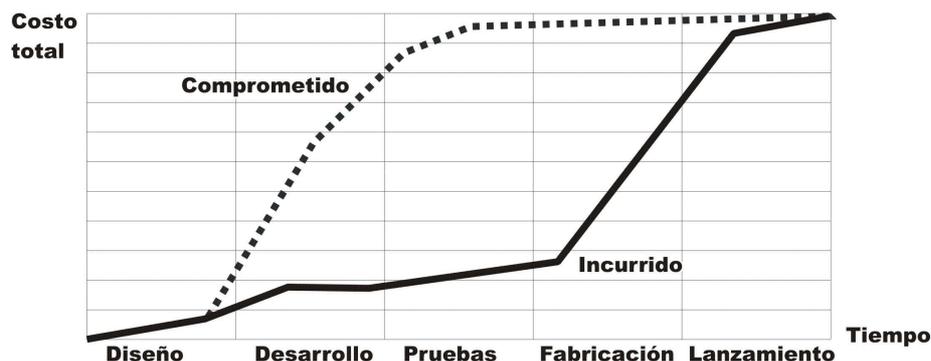


Figura 2: Costos Incurridos vs. Costos comprometidos

## 2.5. ORGANIZACIÓN FAB LAB

Se tomaron como referencia las experiencias registradas en el Fab Lab Sevilla (19) que funcionan sostenidamente en la generación de proyectos de I+D+i, las cuales coinciden con algunas variantes con otros LFD que presentan la siguiente forma de organización:

### 2.5.1. PREMISAS GENERALES – DEFINICIÓN DE ROLES

El “usuario” es toda aquella persona autorizada mediante un curso de formación y con derecho a uso de la maquinaria operada por control numérico dentro de un tiempo determinado previamente reservado según condiciones de gestión y cobro. El “operario” es la persona responsable de las instalaciones y el único autorizado para operar las máquinas.

## 2.6.2. FORMACIÓN

### 2.5.2.1.- Formación Básica Periódica

La formación periódica esta pensada principalmente para estudiantes que libremente opten por formarse en procesos de fabricación digital.

### 2.5.2.2.- Formación Específica

Para Profesores/Asignaturas o Grupos de investigación que deseen hacer uso de los proceso de Fabricación Digital dentro de sus programas docentes y/o proyectos de investigación, los cuales demandan conocimientos especiales en temáticas específica

### 2.5.2.3.- Formación Avanzada.

Cursos y talleres impartidos por personal externo, de larga duración y con el objetivo de formar a profesores/investigadores y personal docente en general.

## 2.5.3 GESTION DE RESERVAS, COBRO y MATERIALES

### 2.5.3.1 Gestión de Reservas:

El objetivo principal es dotar al Fab Lab de una organización general que permita dinamizar la relación oferta-demanda, evitar colapsos en fechas claves, dar oportunidad distribuida y garantizar servicio a alumnos, profesores y grupos de investigación.

**2.5.3.2 Gestión del Cobro:** El Fab Lab cobra tanto por el uso de maquinas como por la adquisición de materiales de su propio almacén. El uso de las máquinas requiere el pago de un precio simbólico por parte del usuario, el cual se ha estimado por debajo de los mínimos costes de mantenimiento de dichas máquinas.

**2.5.3.3. Cobro de Materiales:** El Fab Lab no proporciona materiales, si bien pone a disposición de los usuarios un listado de materiales más comunes que pueden ser adquiridos en el propio Fab Lab mediante pago electrónico. Estos materiales adquiridos en el Fab Lab tienen un coste básico con precio de mercado.

**2.5.3.4. Cobro de uso de maquinas:** El cobro por uso de maquinaria CNC se realiza según descrito anteriormente y de acuerdo con las tarifas preestablecidas. El pago se realiza forma: 100% AL FINALIZAR el uso de maquina CNC: - 100% AL ADQUIRIR material:.

**2.5.3.5. Las tarifa de precios de corte, maquinados e impresión:** La tabla 1 indica los costos de utilización del Fab Lab Sevilla para estudiantes y profesores.

PARA ESTUDIANTES, PROFESORES y PDI		
Cortadora Láser	12,50€/hora	(6€/30min. Con un mín. de 3€)
Cortadora Láser 2	20€/hora	(10€/30min. Con un mín de 5€)
Impresora 3D	0,30€/gr	
Fresadora	12,50€/hora	
PARA PROFESIONALES EXTERNOS		
Cortadora Láser	75€/hora	(40€/30min. Con un mín.de 25€)
Cortadora Láser 2	75€/hora	(40€/30min. Con un mín de 30€)
Impresora 3D	1,50€/gr	
Fresadora	78€/hora	

Tabla 1 Costos de materiales y maquinas Fab Lab Sevilla

## 2.6. CAMBIO COMERCIAL

Existe la creencia (no compartida) que la fabricación digital permite suponer la eliminación de muchos de los intermediarios que tradicionalmente han configurado las cadenas de producción. Y en segundo lugar que el diseño del objeto a imprimir, podrá ser realizado por el mismo usuario/a, con lo cual desaparecen distribuidores, transportistas, almacenes, proveedores, etc. puesto que el ciclo productivo se simplifica de forma muy notable.

Esto ultimo nos resulta difícil de creer para la gran mayoría de los productos que se conocen dado que los mismos involucran tecnologías diferentes tanto en materiales como en los procesos de conformación, sin dejar de lado las características físicas de los materiales, procesos de ensamblado, tratamientos térmicos y superficiales, componentes y aditamentos electrónicos, etc que generan valor agregado funcionales y psicológicos como puede ser el prestigio (valor

potencial) que le dan los usuarios a un producto de una determinada marca. Sin olvidarnos de las normas nacionales e internacionales que deben cumplir.

El diseño tiene un papel significativo en la valorización que los usuarios hacen de los productos, y tiene un factor de suma importancia durante el proceso de compra. Tal como lo demuestra la experiencia de Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI) de Chile (20) , que indica que “según los antecedentes recopilados de la experiencia internacional señalan que el costo de los materiales y de los procesos corresponde a un 95% del costo de producción de un producto manufacturado; sin embargo, incide solamente en un 30% del precio final. Mientras tanto, el costo del diseño del producto corresponde a un 5% del de producción, pero incide en el 70% restante del precio final”. (Figura 3)

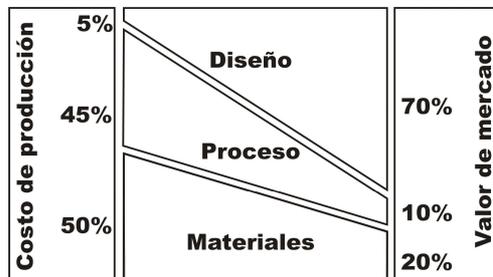


Figura 3: Costo y valor percibido del diseño

Por otro lado cada vez los costos de producción y logística se abaratan para la mayoría de los productos. Las últimas generaciones de barcos portacontenedores actualmente en uso, superan y por mucho las generaciones anteriores que podían transportar hasta 5000 teu (4ta Generación), con un costo de transporte entre el 6 a 8 % del valor del producto transportado

Los buques de la 5ta generación puede transportar hasta 8,000 teus, reduciendo el costo al 3 o 4 % y los de la 6ta generación pueden transportar hasta 14,000 teus reduciendo el costo entre el 1 y 2 % . Los buques de la 4ta a la 6ta generación, conforman la actual columna vertebral del tráfico interoceánico Asia-América y Asia-Europa. Dada su enorme capacidad, representan economías de escala cada vez mayores al disminuir cada vez más los costos del transporte por unidad o por teu (21)

Los contenedores se estandarizaron a dos medidas principales de largo: 20 pies o teu y 40 pies o feu. En base a esto, se determina internacionalmente la capacidad de los buques portacontenedores, medidas en número de teus transportados. (22)

La siguiente generación de buques, que comenzaría con el diseño propuesto por el astillero coreano STX, concibe un monstruoso barco con capacidad para 22 mil teus, con 450 metros de eslora, 60 metros de manga o ancho y un calado de +18 metros, que desplazará mas de 200,000 toneladas (23), que permitirían bajar el costo del transporte al 1% o menos.

Lo cual induce a suponer la posibilidad de conseguir cualquier tipo de producto en locales o por compra vía Internet.

No obstante nada impide suponer que empresas desarrollen sistemas de producción y entrega utilizando LFD, con equipos, procesos y materiales que ataquen a nichos específicos del mercado. Generando una integración que articulen diseños, maquinas, software, materiales, procesos y personal capacitado, como por ejemplo el desarrollo de repuestos, que podrán ser fabricados en LFD en sucursales de una marca, reduciendo significativamente el stock físico, para pasara a disponer de un stock virtual. O productos de alta exclusividad (joyas) o de piezas únicas (bio ingeniería, odontología, etc)

## 2.7. COMPARACION DE COSTOS

*La siguiente comparación pretende mostrar que a pesar de las teorías que hacen referencia a la disminución de costos de fabricación y eliminación de intermediarios, la fabricación digital para artículos de consumo masivo, aun esta lejos de ser una realidad para nuestra región*

*Para el análisis se contemplaron un vaso facetado de una sola pieza con un peso de 96 gr y un par de anteojos de seguridad compuesto por 5 piezas (protector, marco superior, apoyo de nariz , y 2 patillas) que en su conjunto alcanzan los 29 gr que se muestran en la figura 4*

*Se tomaron tres tipos de valores para realizar la comparación:*

- Valores del Fab LAB Sevilla a un valor de cambio de 1euro = \$11.23. se tomo el valor
- Valor comercial del rollo de material, expresado en gramos, multiplicando por 3 para estimas el uso de la maquina por un estudiante o docentes y 5 veces el valor resultante (15 veces el valor del material) si la fabricación se realiza para consumidores independientes (publico general-PG). En este caso se tomaron 2 materiales diferentes
- Valores comerciales calculando el uso de la impresora y el costo del material

Los resultados se ven en la tabla N° 2



FIG 4 Vaso facetado de 96 gr 1 pieza y Anteojos de seguridad de 29 gr 5 piezas

Costos de Fabricación en un FAB LAB				
	Costo Material/ Minuto	Material + Maquina	Vaso plastico Facetado (96 gr) - 1 Pieza - Tiempo Imp 40´	Anteojos seguridad (29 gr) - 5 piezas - Tiempo Total Imp 1 hs. 50´
FAB LAB - Europea - Estudiantes	0.30 Euros/gr	3.369	\$ 323	\$ 98
FAB LAB - Europa - Profesionales y Publ. Gral (PG)	1.5 Euros/gr	16.845	\$ 1,617	\$ 489
Mat PLA - Marca Verbatin (blanco o plateado) - Estudiantes = mat x 3	0.55 \$/gr	1.65	\$ 158	\$ 48
Mat PLA - Marca Verbatin (blanco o plateado) - Prof o PG = mat x 15 -	0.55 \$/gr	8.25	\$ 792	\$ 239
Mat ABS - Sin Marca (cualquier color NO FLUO) - Estudiantes = mat x 3	0.36 \$/gr	1.08	\$ 104	\$ 31
Mat ABS - Sin Marca (cualquier color NO FLUO) - Prof o PG = mat x 15	0.36 \$/gr	5.4	\$ 518	\$ 157
Impresión en ABS o PLA	\$ 100/Hs - \$1.67/min. Minimo 30 min +\$1 Gr		\$ 163	\$ 213
Costos de los productos comerciales			\$ 12	\$ 43
NOTA: Los valores no incluyen gastos de modelización u otros gastos de preparación y/o corrección de archivos				

Tabla 2: Costos comparativos de la de impresión digital y los productos comerciales

El resultado obtenido indica que los productos comerciales siguen teniendo un costo al publico significativamente inferior. Adicionalmente los productos impresos desde el punto de vista tecnológico no son funcionales, dado que en el caso del vaso, no es apto para resistir impactos de caídas y en los anteojos no cumple con ninguno de los ítems de las las normas ANSI Z87.1 (Instituto Nacional Americano de Estándares ANSI- 87.1 Normas para protección de los ojos aplicables a lentes y gafas de seguridad), que fija estándares de resistencia al impacto, protección UV, resistencia química entre otros

## 2.8. APLICACIÓN ODONTOLÓGICA

Entre los nichos de mercado en los cuales LFD penetraron fuertemente se destaca las aplicaciones en bio medicina y laboratorio dentales el cual tomamos como ejemplo de la integración CAD/CAM Como ejemplo se cita el desarrollo alcanzado por la empresa SIRONA (25) en su laboratorio de Odontológico con productos de la gama inLab que estan diseñados para satisfacer las amplias necesidades de su laboratorio protésico. Con las potentes herramientas de alta tecnología y las excepcionales posibilidades para la fabricación independiente CAD/CAM en el laboratorio, se asegura una amortización rápida y alto valor agregado Integrando tres pasos, Digitalización, Diseño y Fabricación como se muestran en la Fig 5



Fig 5. Línea inLAB para laboratorios odontológicas de la empresa SIRONA

Es sistema ofrece:

**DIGITALIZACIÓN:** Escaneado con inEos X5, que realiza escaneados de forma completamente automática o manual con tecnología de cinco ejes y con una precisión excelente., Además A través del portal Sirona Connect permite registros de datos digitales directamente desde los profesionales. Los moldes digitales reducen posibles errores y un ahorro de tiempo y gastos

**DISEÑO** con el soft ware inLab 4.2: Crea restauraciones fieles al original a través de un método biogénico y de la articulación virtual. Procesos transparentes y funciones de control que aportan una seguridad máxima y agiliza el proceso de diseño de piezas

**FABRICACIÓN:** con inLab MC XL e inFire HTC speed se pueden realizar Trabajo flexible y tallado, fresado y sinterización económicos en el propio laboratorio. Tallado en la propia consulta para la fabricación a tiempo. El proceso uniforme para distintos tipos de materiales aumenta su eficiencia

Ofrece además la posibilidad de Fabricación externa a través de interfaces abiertas, mediante el uso de otros proveedores de servicios para la fabricación, como InfiniDent o laboratorios afiliados.

## 2.9. LA PROPUESTA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL ARTURO JAURETCHE DESDE EL POLO DE DESARROLLO LOCAL Y REGIONAL

El proyecto del Polo de Desarrollo Local y Regional de la Universidad Nacional Arturo Jauretche, UNAJ, que se encuentra localizada en Florencio Varela, Provincia de Buenos Aires, Argentina. El proyecto tiene la particularidad que es financiado por el Fondo de Convergencia Estructural del Mercosur (FOCEM), y prevé contar con un Laboratorio de Fabricación digital donde convergen otros laboratorios.

A través de la ejecución del proyecto desde el Instituto de Ingeniería y Agronomía de la UNAJ, se pretende materializar el concepto de Sistema Regional de Innovación en este ámbito de la Provincia de Buenos Aires, y así apalancar el desarrollo Local.

El trabajo surge a partir de la presentación del proyecto en el año 2011 ante el FOCEM, que incluyó una propuesta de creación de 17 laboratorios de las carreras de Ingeniería Electromecánica, Industrial, Bioingeniería y Tecnicaturas de Agronomía. Como singularidad de esta red debe destacarse el diseño de un Laboratorio de Fabricación, o FAB-LAB, para facilitar los procesos de innovación a partir de procesos colaborativos, en articulación con las organizaciones del entramado socio productivo local y regional.

La propuesta incluyó aspectos específicos del Instituto de Ingeniería y Agronomía y sus carreras, en relación al entramado socioproductivo local y regional. La propuesta finalmente atravesó el proceso de evaluación exitosamente en el año 2012, y actualmente se encuentra en proceso de ejecución.

A partir de la creación de una red de laboratorios integrados como una iniciativa de desarrollo socioeconómico e institucional se operara dentro del proceso de enseñanza aprendizaje bajo los parámetros de diseño curricular basado en competencias, con metodologías de aulas taller y aprendizaje colaborativo.

### 3. CONCLUSIONES

Los LFB son un conjunto de herramientas tecnológicas que permiten facilitar la realización de prototipos resultantes de proyectos de ingeniería y diseño, creando una dinámica de aprendizaje que promueve el desarrollo de competencias. Dado que a través de los mismos se puede materializar una idea y verificar su comportamiento.

Seguramente los materiales, hardware y software open source facilitaran el diseño abierto evolucionaran y disminuirán su valor. Esto a futuro podrá usarse para dar respuestas a diferentes necesidades sociales, si además se consigue un marco regulatorio legal y de certificaciones de calidad, seguridad y medio ambiente.

Mientras que en los países desarrollados la fabricación digital se da como una respuesta natural a su propio desarrollo tecnológico con posibilidades de facilitar el consumo personal, en los países en vía de desarrollo parece depender del consumo de estas tecnologías para marcar un avance en sus capacidades tecnológicas sin que se estén realizando esfuerzos sistemáticos para producirla, ni generando el marco de regulación correspondiente.

Aun existe en la región la implementación de tecnologías como extensión o continuación de la práctica del dibujo y, al no estar integrada al diseño, se orienta la educación al consumo tecnológico, más no a la innovación y el diseño de valor agregado.

Los LFD deberán asumir un rol dinamizador de la economía y desarrollo social convirtiéndose en agentes integradores de las tecnologías de fabricación digital tomando la potencialidad de la región.

Las herramientas CAx son herramientas que facilitan las actividades para dar respuesta a las necesidades de Ingeniería y Diseño, que sirven para asistir y simplificar múltiples tareas, pero la decisión final es la de las personas que las aplican.

Es necesario aplicar, evaluar y seguir desarrollado más métodos y procedimientos que permitan sistematizar aun más la metodología para la generación de tecnologías que faciliten la I+D+i.

Seguramente y surgirán nuevas tendencias y filosofías para acompañar los cambios. Pero su evolución muestra el camino y generan experiencias para optimizar recursos económicos, dado que las horas de trabajo sobre las computadoras, papel, simulaciones y prototipos siempre son más económicas que el mecanizado, fabricación, ensamblado y puesta en el mercado de un producto.

Por lo tanto las decisiones que se tomen durante el proceso de diseño e ingeniería afectaran e involucraran compromisos mayores en cantidad de recursos para generar un producto, permitirán ahorrar tiempos de respuestas a la interpretación de las necesidades de los consumidores y la sociedad. Los mismos servirán para realizar aportes para mejorar la calidad de vida y la cultura general

Si la tecnología y la capacidad industrial de un país mejoran, el país tiene mejores armas para competir en el mercado interno y externo, y para lograr su independencia tecnológica en áreas estratégicas.

La propuesta que presenta el Instituto de Ingeniería y Agronomía de la UNAJ para desarrollar un FAB LAB esta en línea con lo que se menciona en el párrafo anterior, y pretende convertirse en un referente en Latinoamérica

#### 4. Referencias

1	SHoP, 2012. <i>SHoP: Out of Practice</i> . New York: Monacelli Press.
2 – 4 – 6 y 7	Perspectivas en los Laboratorios de Fabricación Digital en Latinoamérica – 2012 - Pablo C. Herrera - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú . Benito Juárez - Fab Lab Lima, Fabber
3	Gershenfeld, N. 2005. <i>FAB The coming revolution on your desktop, from personal computers to personal fabrication</i> . New York: Basic Books.
5	Fabricación digital, código abierto e innovación distribuida – 2012 - José Pérez de Lama Halcón, Manuel Gutiérrez de Rueda García, José María Sánchez-Laulhé Sánchez de Cos - Universidad de Sevilla - Escuela Tecnica Superior de Arquitectura
8	<a href="http://www.wired.com/magazine/2010/01/ff_newrevolution/all/1">http://www.wired.com/magazine/2010/01/ff_newrevolution/all/1</a> más recientemente The Economist se hacía eco de esta idea <a href="http://www.economist.com/blogs/babbage/2012/04/third-industrial-revolution-begins">http://www.economist.com/blogs/babbage/2012/04/third-industrial-revolution-begins</a> y es habitual ver cómo la idea de fabricación digital se relaciona con la noción de revolución en diferentes medios
9 – 14 – 15 – 16 y 17	Fabricando Conocimiento: Protocolos y metodologías de investigación en las comunidades de fabricación digital – J ROWAN - <a href="http://gridspinoza.net/node/987">http://gridspinoza.net/node/987</a>
10 – 11 y 13	<a href="http://www.publicknowledge.org/it-will-be-awesome-if-they-dont-screw-it-up">http://www.publicknowledge.org/it-will-be-awesome-if-they-dont-screw-it-up</a>
12	Ya ha habido una denuncia a un usuario de Thingiverse que subió los planos para imprimir el Triángulo de Penrose que había sido patentado previamente. <a href="http://arstechnica.com/tech-policy/2011/04/the-next-napster-copyrightquestions-as-3d-printing-comes-of-age/">http://arstechnica.com/tech-policy/2011/04/the-next-napster-copyrightquestions-as-3d-printing-comes-of-age/</a>
18 y 20	PROYECTO F D I C 6 9 9 - T C 0 2 . – Publicación realizada por El Centro De Diseño y Desarrollo Integrado Duocuc – Chile 2002 Pag . 13, 14, 43,44
21 – 22 y 23	<a href="http://vaxtuxpan.blogspot.com.ar/2009/05/evolucion-de-los-buques.html">http://vaxtuxpan.blogspot.com.ar/2009/05/evolucion-de-los-buques.html</a>
19	Fab – Lab: Condiciones de Uso y Gestión Normas Particulares del Laboratorio de Fabricación Digital - IND Centro de Innovación y Diseño. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla - <a href="http://fablabsevilla.us.es/">http://fablabsevilla.us.es/</a>
24	<a href="http://www.sirona.com/en/products/digital-dentistry/inlab-labside-solutions/?tab=248">http://www.sirona.com/en/products/digital-dentistry/inlab-labside-solutions/?tab=248</a> - <a href="http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:D3oXJ32Cw3YJ:www.sirona.com/ecomaXL/files/A91100-M43-B659-01-7800.pdf%26download%3D1+%&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=ar">http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:D3oXJ32Cw3YJ:www.sirona.com/ecomaXL/files/A91100-M43-B659-01-7800.pdf%26download%3D1+%&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=ar</a>