

Manual Laboratorio de Fabricación para Investigación

Tomás de Camino BEck, Ph.D.

co-Director de Fundación Costa Rica para la Innovación

Introducción

Los laboratorios de fabricación (LF) son espacios que permiten la construcción de cualquier idea o proyecto. Un LF es un espacio equipado con máquinas de fabricación digital, herramientas de mano, materiales de construcción, microcontroladores, computadoras y electrónicos. Este tipo de laboratorios se han desarrollado principalmente en el contexto de educación universitaria y escolar, sin embargo, en los últimos años se han utilizado para el desarrollo de investigación universitaria tecnológica y científica, y en particular para el apoyo en el desarrollo y fabricación de instrumentación científica (Kwok 2017).

Establecer un laboratorio de fabricación es considerablemente mucho más sencillo y directo que otros laboratorios científicos, debido a que las máquinas, hardware y software, es de menor costo, y por que la mayoría de estos instrumentos de Open Source. Esto abre oportunidades para el desarrollo de laboratorios que asistan al investigador o investigadora, a construir instrumentos de medición, que se ajusten a sus necesidades de datos, y no viceversa.

En este manual, detallamos los elementos necesarios, basado en documentación y experiencia propia de la Fundación Costa Rica para la Innovación, para el establecimiento de un laboratorio de fabricación funcional que pueda apoyar el proceso de investigación.

El Laboratorio de Fabricación

El espacio

El espacio requerido depende del uso y el objetivo del laboratorio. Se puede considerar como un espacio de aprendizaje, es decir donde se imparten lecciones, un espacio comunitario abierto al público general, y por último un espacio que es un taller de desarrollo de tecnología propia. En ese sentido, lo que se recomienda en cuanto al tamaño (Cavalcanti, 2013),

1. Espacio pequeño de 50 a 250 metros cuadrados. En este puede trabajar de 1 a 10 personas, con espacio adecuado de almacenamiento y requiere poco personal permanente

2. Espacio mediano de enseñanza de 100 a 500 metros cuadrados. En este espacio se pueden dar lecciones, y se tendría suficiente espacio de máquinas y almacenamiento de equipos
3. Espacio grande mayor de 3000 metros cuadrados. Este espacio puede alojar gran cantidad de personas, además de permitir espacio suficiente para pruebas y construcciones de mayor tamaño dentro del espacio

En principio, cualquier espacio se puede convertir en un laboratorio de fabricación, las variables críticas, son la cantidad de personas que espero que puedan estar dentro del laboratorio de manera segura, y el espacio que permita para colocar máquinas, muebles de almacenamiento y mesas de trabajo.

Distribución

Algunos puntos a considerar:

- La distribución puede variar. Los laboratorios Inventoría de la Fundación Costa Rica para la Innovación, utilizan una distribución con mesas de trabajo con ruedas, y mesas tipo escritorio en la periferia del espacio, con estaciones de trabajo algo más permanente (Figura 1).
- Siempre es importante destinar un espacio para la cortadora láser, que es la máquina que ocupa mayor cantidad de espacio en un laboratorio y que requiere ventilación especial, y con la cual hay que mantener protocolos más estrictos de seguridad. De todas maneras, el espacio depende de el tamaño y potencia de la máquina.
- También es importante destinar una área pequeña para el almacenamiento de materiales, espacialmente materiales para cortado láser, que generalmente son láminas de 120 x 90 cm.
- El distribución puede variar y se recomienda acomodarlo según sea el espacio que se pueda destinar para el laboratorio (en caso que no se construya un espacio dedicado). Una de las características más importantes de estos laboratorios es que son informales y por tanto también deben permitir la organización del espacio según sean las necesidades.

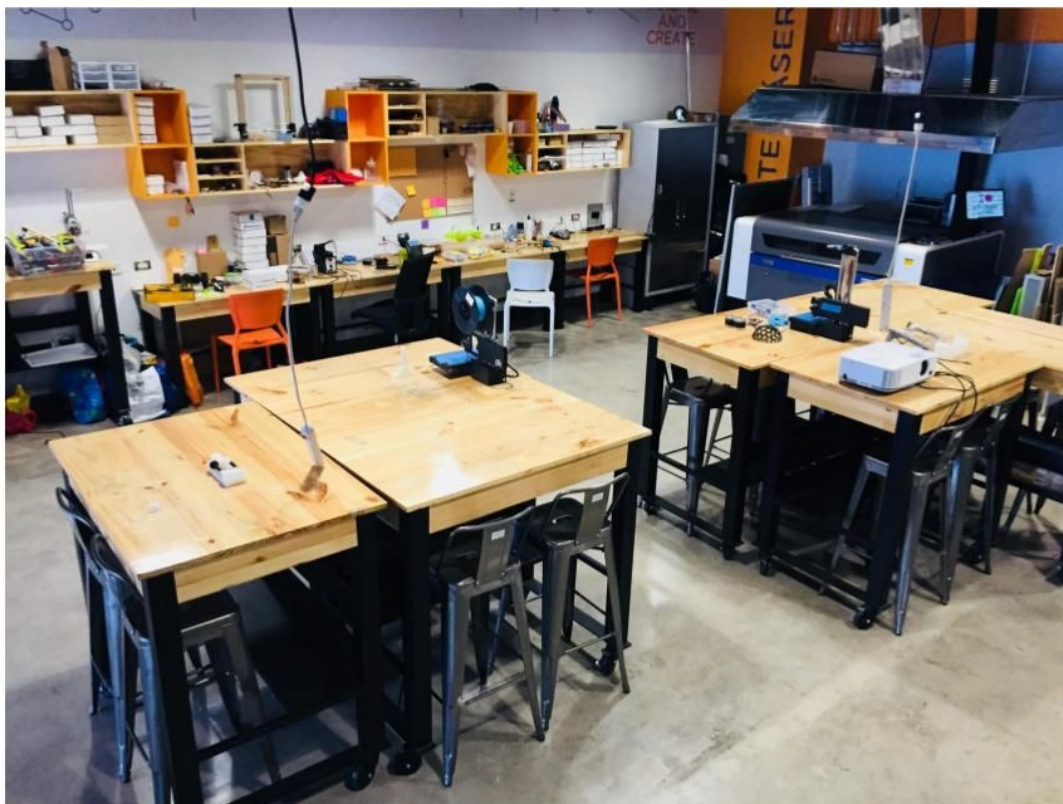


Figura 1. Laboratorio de Fabricación Inventoría de la Fundación Costa Rica para la Innovación

Mobiliario

- Mesas de trabajo centrales se recomiendan sean mesas de trabajo de precisión, que permitan soporte de los codos. La altura recomendada está entre 85 a 120 cm. Estas mesas se recomienda tenga ruedas para que puedan ser cambiadas de posición fácilmente en el espacio, para acomodar diferentes usos (Figura 2).
- Mesas de escritorio laterales de dimensiones normales de escritorio
- Todas las mesas de trabajo se recomienda sean de madera cruda, sin ningún tipo de acabado. Estas mesas se espera sufran el maltrato común de un taller de construcción
- Estantería general que permita almacenar materiales y componentes.
- Sillas altas y normales robustas que sirvan para mesas altas y mesas bajas.
- Se recomienda instalar tomas de corriente que provengan del techo del laboratorio, esto facilita movilidad y evita tropiezos en el espacio



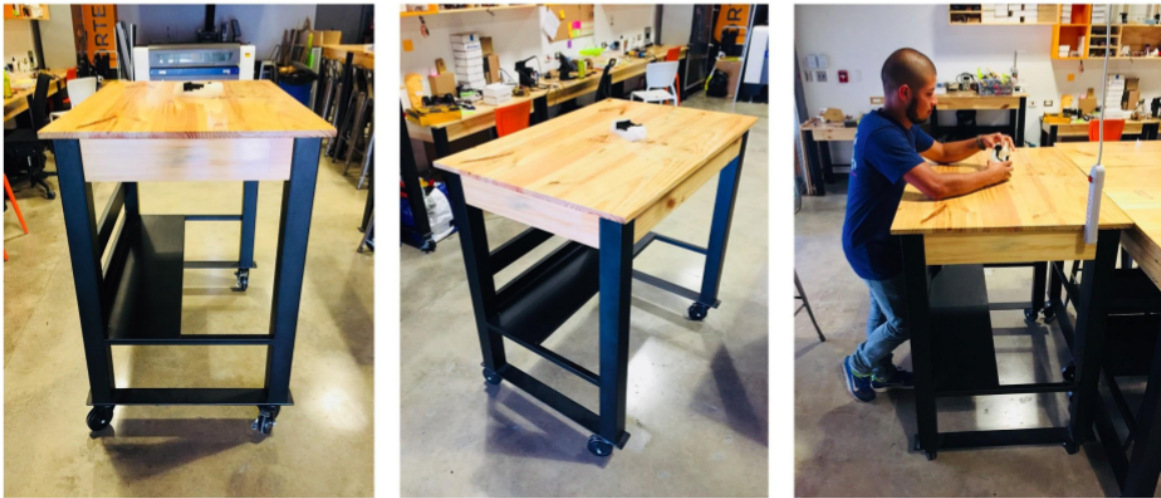


Figura 2. Mesas de trabajo de precisión. Laboratorio de la Fundación Costa Rica para la Innovación

Las Máquinas

Las máquinas de un laboratorio de fabricación son máquinas de fabricación digital, es decir, toman un archivo digital, y a partir de allí, permiten la construcción de objetos físicos en diferentes materiales.

Basado en experiencia de la Fundación en el desarrollo de laboratorios de fabricación, es de extrema importancia que dichas máquinas sean de naturaleza abierta, es decir, que las máquinas sean Open Source, esto facilita su modificación, adaptación, actualización y reparación, y evita dependencia tecnológica.

En un LF se consideran dos tipos de máquinas, 2D, que construyen en dos dimensiones a partir de un archivo tipo SVG y 3D, que construyen objetos en tres dimensiones a partir de archivos tipo OBJ o STL.

Máquinas 2D

Máquina	Usos	Frecuencia de Uso
Cortadora Láser	Permite cortar materiales como plywood, MDF, acrílico y otros de hasta	Alta

	1cm de grosor, para la construcción de cualquier tipo de estructuras en dos dimensiones, o piezas de construcciones tri-dimensionales	
Fresadora CNC de circuitos	Permite crear circuitos electrónicos. Estos circuitos son necesarios para pruebas para la posterior fabricación de componentes electrónicos	Baja

Máquinas 3D

Máquina	Usos	Frecuencia de Uso
Impresora 3D	Construcción aditiva a partir de materiales plásticos varios como, PLA, ABS, Nylon, Latex, silicona, etc. Las impresoras permiten la fabricación de objetos tridimensionales a partir de diseños 3D	Alta
Fresadora CNC	Construcción sustractiva a partir de gastar material con una broca. Se puede trabajar en Madera, plasticos, Aluminio, y cualquier material que se puede trabajar con brocas	Baja

Herramientas de mano y electrónicas

Las herramientas de mano son vitales para poder facilitar la construcción. Estas por lo general son de bajo costo y se pueden adquirir fácilmente en el mercado. Estas incluyen:

1. Destornilladores variados
2. Destornilladores pequeños
3. Taladro de precision (Dremel o similar)
4. Taladro
5. Caladora de Madera
6. Cintas metricas varias

7. Escuadras y reglas de madera y/o metal
8. Prensa de taladro
9. Prensas varias
10. Cautín
11. Cautín de aire caliente
12. Multímetro
13. Alicates varios
14. Sierra
15. Martillos de goma y normales
16. Prensa para electrónicos
17. Tercera mano (prensa para soldar)
18. soplete pequeño
19. Fuente de poder variable

Electrónicos

Los electrónicos se dividen en sensores y actuadores. En los sensores, se incluyen componentes electrónicos adicionales para prototipado

Los sensores

Sensor	Uso
Pantalla OLED	Pantalla para despliegue de datos en controladores
Sensores de temperatura	Medición de temperatura
Sensores de Luz de alto rango	medir luz visible, ultravioleta e infrarroja
GPS	Geo-localización
Amplificadores de ganancia para sensores	Amplificar información de sensores analógicos de baja ganancia
Sensor de presión atmosférica, temperatura y humedad	Para medición de altura sobre nivel del mar y otras variable atmosféricas
Sensor elástico de conductividad	Medir deformaciones
Sensor de llamas	Detección de llamas
Sensor de tacto	Interruptores de tacto
Sensor de temperatura superficial	Mide temperatura de superficie de objetos de manera rápida
Sensor de flujo de líquidos	Mide flujos de agua en una tubería
Sensor de Carga (peso)	Detectar peso y carga
Sensor de polvo	Detecta partículas en suspensión en el aire, desde neblina, hasta polvo

Sensor de presión y tacto	Plástico que permite detectar deformaciones
Sensor humedad de suelo	Mide humedad (conductividad) del suelo
Sensor de temperatura industrial	Soporta rangos amplios de temperatura
Sensor de gotas de agua	Sensor que determina humedad en superficie
Termocupla para sensores de temperatura	Adaptador para sensor industrial de temperatura
Estaciones meteorológicas portátiles	Estaciones de bajo costo para variables atmosféricas
Sensor de 9 grados de libertad (giroscopio, acelerómetro y magnetómetro)	Para navegación y posicionamiento espacial
Breadboards de prototipado	Para desarrollo rápido de prototipos electrónicos
Cables jumper de prototipado (m-m,m-f,f-f)	Cables para el breadboard
Cargador baterías LiPo	Cargador de baterías para proyectos
Kit de resistencias, capacitores, transistores	Para desarrollo de circuitos eléctricos

Actuadores

Tipo	Uso
Motor DC	Motores de corriente directa
Servo motor	Motores de rotación definida
Motores de paso (stepper)	Motores de movimiento controlados
Leds varios	Luces LED, neo-pixeles y de color fijo

Microcontroladores

Los microcontroladores son pequeñas computadoras que permiten conectar sensores, obtener información de ellos y poner a funcionar actuadores. Son computadoras de propósito general de bajo consumo de energía y programables.

Controlador	Usos
Arduino UNO	Placa básica de prototipado para enseñanza y pruebas
Feather M0	Placa de prototipado con controlador M0
Feather Addalogger	Placa de prototipado para sistemas de datalogger
Feather LoRa	Placa de Prototipado con conexión de Radio de largo

	alcance
Feather FONA	Placa de prototipado con conectividad celular para aplicaciones IoT

El Software

Se lista el software que normalmente se utiliza. Se busca software de acceso libre para bajar costos de operación, y para facilitar compartir información.

Software	Tipo De Licencia	Usos
Tinkercad.com	Libre en línea	Introducción al diseño 3D, preparación de diseños 3D para impresión.
Fusión 360	Libre de uso limitado	Desarrollo de diseños 3D avanzados
InkScape	Libre	Diseño 2D, preparación de archivos para corte laser
Arduino IDE	Libre	Programación de microcontroladores
Processing	Libre	Desarrollo de interfaz, y prototipado de software
Google Sheets	Libre	Manejo de datos

Recomendaciones Generales

- Esta lista de materiales son recomendados para un laboratorio de fabricación, sin embargo, de acuerdo a necesidades, esta lista puede aumentar o disminuir. La mayoría de laboratorios contiene una o varios de los componentes sugeridos, dependiendo del uso.
- Muchos componente se van adquiriendo en base a proyectos, sin embargo el contar con una existencia de componentes, facilita el desarrollo y prueba rápida de ideas, y la construcción rápida de soluciones para fabricación.

Lista de Materiales Ya adquiridos

Raspberry Pi High-Precision 24bit AD/DA Expansion Board
CRCibernética Raspberry Pi 3 Starter Kit
Feather M0 Datalogger
FeatherWing OLED - 128x32 OLED Add-on For All Feather Boards
Lithium Ion Polymer Battery - 3.7v 1200mAh
SONOFF TH Sensor - DS18B20
Adafruit TSL2591 High Dynamic Range Digital Light Sensor
Adafruit Ultimate GPS Breakout - 66 channel w/10 Hz updates
ADS1115 16-Bit ADC - 4 Channel with Programmable Gain Amplifier
Atmospheric Sensor Breakout - BME280
Conductive Rubber Cord Stretch Sensor + extras!
Flame Sensor Module
Human Body Touch Sensor
Infrared Thermometer - MLX90614
Liquid Flow Meter 3/4 inch - BRASS
Load Cell - 10kg, Straight Bar (TAL220)
Load Cell Amplifier - HX711
Optical Dust Sensor - GP2Y1010AU0F
Pressure-Sensitive Conductive Sheet (Velostat/Linqstat)
Soil Humidity Sensor (Hygrometer)
Temperature Sensor with Steel Head
Raindrop and Dew Sensor
Thermocouple Amplifier with 1-Wire Breakout Board - MAX31850K
Weather Meters
Adafruit 9-DOF IMU Breakout - L3GD20H + LSM303
Original PRUSA i3 MK2S 3D Printer (Assembled)
Clear Breadboard (8.3 x 5.5 cm)
40pin 20cm Jumper Wire Male to Male
Female to Female Jumper Wire
Male to Female Jumper Wire
LiPo Charger Basic - Micro-USB

Requerimientos

Para poder indicar cantidades debe definirse primero el espacio para definir la capacidad máxima y la afluencia de personas y proyectos. Ya se llevó a cabo una visita y se valoraron dos espacios. Una vez definido el espacio se hará la recomendación y el proceso de gestión e implementación del laboratorio de fabricación.

Referencias

Kwok, R. (2017). Field instruments: Build it yourself. *Nature*, 545(7653), 253-255.

Lesteiro-Tejeda, J. A., Hernández-Delfín, D., & Batista-Leyva, A. J. (2017). Automation of Experiments using Arduino. *Revista Cubana de Física*, 34(2), 120-124.

Cavalcanti, G. (2013). Making Makerspaces: Creating a Business Model. *Make: DIY Projects, How-Tos, Electronics, Crafts and Ideas for Makers*, 4.