



En estos espacios se llevan a cabo pruebas eléctricas a nivel oblea como a nivel encapsulado de los diferentes dispositivos basados en tecnología MEMS, NEMS y CMOS diseñados ad-hoc para aplicaciones que se enfocan en el campo de la salud, comunicaciones, metal-metalúrgica y agro. A nivel dado, el laboratorio cuenta con equipo de alambrado, así como de cortadora de obleas, lo cual permite la manipulación y el estudio de los micro y nanodispositivos. Por otra parte, se cuenta con el personal capacitado que incorpora sus competencias en el desarrollo de tarjetas electrónicas hechas a la medida considerando diversos niveles de salida, así como su naturaleza eléctrica. Para ello se cuenta con las herramientas de cómputo para el diseño y el modelado, además, de tener a la disposición equipos de soldadura ruda y fina. Otro hecho a remarcar es que se cuenta con equipo de automatización y control supervisorio (SCADA), con especificaciones tales que es posible implementar aplicaciones industriales de gran carga de trabajo. Por la parte de confiabilidad, al interior se tiene una cámara ambiental que permite estudios de envejecimiento prematuro tanto a nivel dispositivo, circuito o sistema que involucran los diseños desarrollados por los estudiantes y/o investigadores. Considerando aplicaciones de RF, el centro cuenta con analizador de espectros y redes de 2 puertos que favorecen el estudio de microantenas, diodos, transistores y LNA's cuyo rango de operación se encuentra en las decenas de GHz. También cuenta con una sala de centro de diseño de circuitos integrados de modo mixto y aplicaciones específicas (ASIC).

- Los laboratorios del área de Microelectrónica se encuentran divididos y definidos como:
- Laboratorio de Confiabilidad
- Laboratorio de Medición DC, AC y RF
- Laboratorio de Post-Fabricación
- Laboratorio de Caracterización Eléctrica
- Laboratorio de Diseño CI CAD

a) Laboratorio de Confiabilidad

En este espacio se desarrollan los sistemas de acondicionamiento de señal de los sensores desarrollados en tecnología CMOS y MEMS, se realizan pruebas térmicas, de humedad relativa y se diseñan interfaces virtuales para la medición de las señales con tarjetas de adquisición de datos o a través de controladores lógicos programables.

Los equipos principales con las que se cuenta en este laboratorio son:

- **Cámara Medioambiental Russells Mod. G-8 Elite.** Se utiliza para experimentos de envejecimiento prematuro en materiales, dispositivos, circuito y/o sistemas electrónicos realizando pruebas térmicas en dispositivos CMOS y MEMS en el rango de -60 a 176 °C, con el fin de monitorear variables de interés a través de equipos de medición del laboratorio de Microelectrónica. Adicionalmente es posible correr pruebas de humedad en el rango de humedades relativas del 5 al 95 %. Cuenta con puerto seriales para la adquisición remota desde una computadora estándar a través de instrumentos virtuales.
- **Gaussimetro Digital Lake Shore Mod. 475.** Este equipo permite la caracterización de sensores de campo magnético, mediante la medición de los campos magnéticos aplicados en DC y AC a dispositivos semiconductores fabricados en tecnología CMOS y MEMS. El equipo cuenta con puerto GPIB para la adquisición remota desde una computadora estándar a través de instrumentos virtuales.



- Tarjetas de adquisición de datos (NI) NI USB-6211, NI USB-6341 NATIONAL INSTRUMENTS. Estas tarjetas son utilizadas para procesar la información proveniente de los sensores directamente y/o de los circuitos acondicionamiento de señales para su proceso e interpretación visual del comportamiento a diferentes condiciones de trabajo.
- **Controlador Lógico Programable (PLC) SIEMENS.** Este equipo permite controlar una gran cantidad de variables de proceso y se utiliza para apoyo en los proyectos de investigación donde se desea crear prototipos industriales utilizando sensores y controladores comerciales. El equipo permite conectividad Ethernet y Profibus, cuenta con software de programación en escalera.
- **Fuentes de Alimentación BK PRECISION Mod. 1760^a.** Son equipos de propósito general utilizados para polarizar circuitos prototipo en placas PCB o dispositivos semiconductores durante pruebas piloto o caracterizaciones eléctricas. Agilent Mod. E3616A. Son equipos de propósito general utilizados para polarizar circuitos que requieren corrientes ajustables hasta 2A como es el caso de la bobina Helmholtz utilizada en caracterización de microsensores de campo magnético.
- **Generadores de funciones Agilent Mod. 33220A, 33521B.** Equipo de propósito general utilizado para polarizar circuitos o dispositivos durante pruebas eléctricas, también se utiliza durante las pruebas de caracterización y confiabilidad de micro dispositivos en conjunto con otros equipos.
- **Multímetro Fluke Mod. 189.** Es un equipo de propósito general que permite realizar pruebas eléctricas a circuitos PCB para localización de fallas de manera rápida. Multímetro Fluke Mod. 289. Equipo de propósito general utilizado para polarizar circuitos o dispositivos durante pruebas eléctricas, también se utiliza durante las pruebas de caracterización y confiabilidad de micro dispositivos en conjunto con otros equipos.
- **Osciloscopios Digital Tektronix Mod. TDS3054B.** Es un equipo de propósito general utilizado en el monitoreo de salidas en modo de voltaje, detección de fallas en circuitos PCB, caracterización de dispositivos semiconductores y señales con frecuencias cercanas a los 500 MHz, a una velocidad de 5GS/s. Digital Tektronix Mod. TPS2024. Es un equipo de propósito general utilizado en el monitoreo de salidas en modo de voltaje, detección de fallas en circuitos PCB, caracterización de dispositivos semiconductores y señales con frecuencias cercanas a los 200 MHz, a una velocidad de 2GS/s.
- **Soldadora Weller WRS300.** Utilizada para soldar y desoldar dispositivos en placas prototipo en PCB de circuitos de acondicionamiento de señal.

Cámara Medioambiental Russells Mod. G-8 Elite



Gaussimetro Digital Lake Shore Mod. 475



Controlador lógico programable



Generador de funciones Agilent



Osciloscopio Digital Tektronix





b) Laboratorio de Medición DC, AC y RF

En este espacio se llevan a cabo las pruebas eléctricas a nivel oblea como a nivel encapsulado de los diferentes dispositivos, circuitos y sistemas electrónicos y mecánicos basados en la micro y nanotecnología, respectivamente, diseñados ad-hoc para aplicaciones que se enfocan en el campo de la salud, comunicaciones ópticas y radio frecuencia, metal-metalúrgica y agro.

Los equipos principales con las que se cuenta en este laboratorio son:

- **Estación de prueba manual 4060 150-200 mm Technical Manual Probe Station, Micromanipulation**
 - 1) Caracterización a nivel dado y/o oblea de dispositivos, circuitos y sistemas CMOS y MEMS. Esta actividad es de suma importancia para el diseño y optimización de actuadores y sensores micro o nanoelectrónicos. Especialmente, la medición cuasiestática de capacitancias con el Analizador C-V Keithley, medición de resistencias, obtención de curvas I-V en dispositivos MOS con el Analizador de Parámetros Semiconductores.
 - 2) Análisis de comportamientos mecánicos, especialmente mediciones de movimientos y esfuerzos en estructuras MEMS. Estas actividades se miden a través del microscopio integrado en la estación de pruebas, por lo que es necesario el uso de Visión por computadora para desarrollar mediciones precisas de los movimientos mecánicos.
 - 3) Prueba de sistemas de comunicaciones RFID, dispositivos MOS y antenas que se encuentran en el orden de los GHz, Caracterización del desempeño y análisis de ruido a nivel oblea. Esta actividad se debe optimizar a través de las pruebas utilizando la estación de prueba y usando el analizador vectorial de redes de 2 puertos N5230A.
- **Sistema de medición de capacitores vs voltaje**

El medidor Quasiestático C-V Keithley 595 mide las características de capacitancia cuasiestática versus voltaje (C-V) de dispositivos semiconductores del tipo MIS. La técnica de medición C-V proporciona diagnósticos y corrección de fuentes comunes de errores para aumentar la confianza en los resultados de las pruebas.

Las características y especificaciones del medidor C-V quasiestático Keithley 595 incluyen:



- Mide capacitancia cuasiestática (10 fF-20 nF) y corriente CC (1 fA-200 microAmps)
- Genere una señal de baja frecuencia (casi voltaje CC) al DUT y mide la capacitancia, denominada CQ.
- Opera con los módulos complementarios Keithley model 590 / 100k /IM CV Analyzer, Keithley model 595I Remote Coupler y Keithley 5905 - Calibration and Verification Source 1MHz.

- **Analizador de Parámetros Semiconductores 4200-SCS/F KEITHLEY INSTRUMENTS, 4200-SCS Semiconductor Characterization System.**

El instrumento C-V hace que las mediciones de C-V sean tan fáciles como en DC I-V. Con capacidades I-V de pulsos y pulsos para pruebas avanzadas de semiconductores y los preamplificadores remotos únicos extienden la resolución de las SMU a 0.1fA La tarjeta de osciloscopio proporciona una funcionalidad de medición de pulso y osciloscopio integrada. La PC autónoma proporciona una configuración de prueba rápida, un análisis de datos potente, gráficos e impresión, y almacenamiento masivo integrado de los resultados de la prueba. Análisis integrado de tensión/medición, bucle y datos para pruebas de confiabilidad.

- **Analizador de Parámetros Semiconductores 4155C AGILENT TECHNOLOGIES**

Agilent 4155C es un instrumento electrónico para medir y analizar las características de dispositivos semiconductores. Este instrumento le permite realizar tanto la medición como el análisis de los resultados obtenidos. A continuación, se incluye un resumen de las capacidades de medición del sistema Agilent 4155C. El 4155C tiene cuatro unidades de fuente/monitor (SMU) de alta precisión, dos unidades de fuente de voltaje (VSU) y dos unidades de medición de voltaje (VMU). El 4156C está diseñado para conexiones con SMU de alta resolución (HRSMU), por lo que, es especialmente adecuado para mediciones de baja resistencia y corriente. Puede medir valores de voltaje con una resolución de 1 μ V utilizando el modo de medición diferencial de VMU aparte corriente entre 10 fA/1 A.

- **Analizador de Redes de 2 Puertos, Agilent N5230A-420 PNA-L Network Analyzer 10MHz to 40GHz 2-Port**

Mediciones del analizador de redes vectoriales para evaluar el rendimiento de componentes activos y pasivos como dispositivos semiconductores, diodos, transistores BJT y CMOS, amplificadores, filtros, antenas, resistores, capacitores e inductores en operaciones de mediana a altas frecuencias (40 GHz). 108 dB de rango dinámico y <0,006 dB de ruido de traza <9 usec / velocidad de medición de puntos, 32 canales, 16,001 puntos Calibración TRL/LRM, mediciones en oblea, in-fixture y guía de ondas.

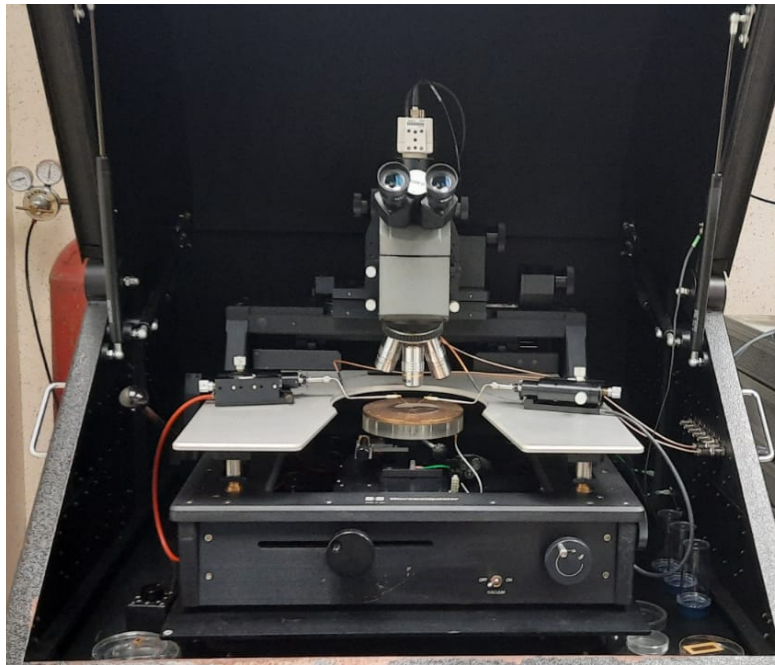
- **Multímetro DIGITAL 2001 KEITHLEY**

El multímetro digital de la serie 2001 ofrece una resolución de 7 ½ dígitos y una precisión básica de DCV de 0,0018%, lo que ofrece una resolución, precisión y sensibilidad excepcionales. Este multímetro digital de alto rendimiento no solo ofrece especificaciones de alto rendimiento, sino que también ofrece una



amplia gama de funciones que normalmente no están disponibles en los multímetros digitales. Para mayor flexibilidad, una ranura para tarjeta incorporada en el panel posterior permite una tarjeta multiplexor adicional para aplicaciones de medición multipunto (GPIB).

Estación de prueba manual 4060 150-200 mm

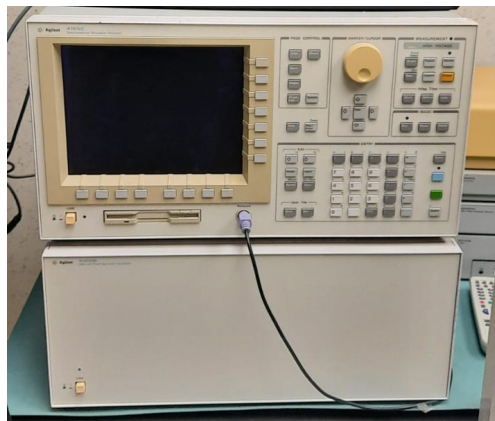


Analizador C-V





Analizador de Parámetros Semiconductores



Analizador de Redes de 2 Puertos, Agilent N5230A-420 PNA-L





Multímetros Digital Keithley



c) Laboratorio de Post-Fabricación

En este espacio se encuentra la parte de automatización de cortado, alambrado y empaquetado para obtener un circuito integrado que contiene dispositivos, circuitos y sistemas electrónicos o microelectromecánicos. Un equipo computarizado para la cortadora de obleas es programado para la obtención de dados y una alambadora termo-ultrasonica para realizar los enlaces entre los pads contenidos en los chips y los pines que se unen con las terminales de conexión de un circuito integrado. Lo cual nos permite la manipulación, así como el estudio de los micro y nanosistemas a nivel macro.

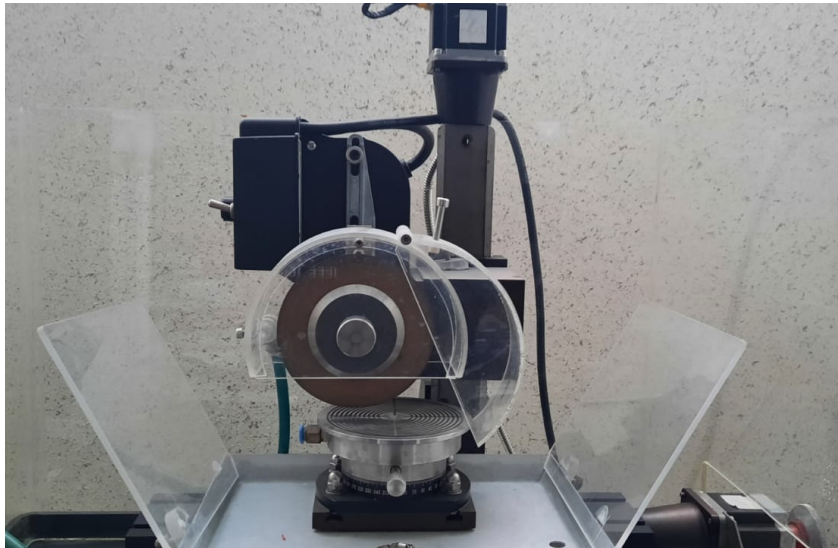
Los equipos principales con las que se cuenta en este laboratorio son:

- **Cortadora CNC-400 MTI Cooperation Precision CNC Dicing / Cutting Saw. SYJ-400 (EC-400)** es una solución de corte y corte en cubos muy precisa con certificación CE para laboratorios de investigación, desarrollo e innovación en las áreas de materiales y microelectrónica. Está máquina se encuentra diseñada para cortar en cubos y cortar casi todo tipo de materiales de hasta 4 " de diámetro de obleas o componentes de 8"L x 4"W x "H. La sierra EC-400 se puede computarizar con una precisión de posición de 0.01 mm o mejor. La plataforma de muestra con ajuste de dos ángulos permite a los clientes cortar materiales en el ángulo deseado con una tolerancia de +/- 0,5 °.
- **Alambadora de propósitos generales, MODEL 626 MULTIPURPOSE DIGITALTHERMOSONIC WIRE BONDER, Hybond.** Control Z motorizado en modo automático y manual (velocidades rápida y lenta), 100 programas de unión programables en memoria, Alturas de reinicio seleccionables y ajustables (constante o adaptable), puntada automática 1-2-2 o puntada continua manual en modos manual y automático cuando se une la bola de soldadura de unión, activación de la unión del sensor para la unión de altura de unión variable, indicadores de unión de audio y visuales, carcasa disipadora de estática, 0,740 pulgadas máx. ventana de unión vertical, acceso vertical profundo de 0,53 pulgadas cuando se usa capilar de 0,750 pulgadas, horizontal cada uno de 6,5 pulgadas, bucle programable



y alturas de búsqueda, controlador de temperatura digital incorporado, generador ultrasónico PLL de alta / baja potencia, abrazaderas de cinta / alambre oscilantes, portacarretes inerciales de 2 y 0,5 pulgadas, control Z mediante interruptores de pie o manipulador, capacidad de unión de bolas, cuñas, golpes o clavijas, control electrónico del tamaño de la bola 0-4x diámetro. El material de los carretes es oro y se usa para los enlaces de unión entre los pads de los dados y los pines de un circuito integrado

Cortadora CNC-400 MTI



Alambradora de propósitos generales





d) Laboratorio de Caracterización Eléctrica

En este espacio se encuentra la etapa de caracterización y medición eléctrica de los micro y nanosistemas ensamblados en plataformas PCB. Se implementan con dispositivos o sistemas, analógicos y/o programables avanzados. Se analiza el funcionamiento para ser calibrados, comparados con las normas oficiales y se realizan las pruebas en diferentes rangos y condiciones de operación en análisis en el tiempo y la frecuencia.

Los equipos principales con las que se cuenta en este laboratorio son:

- **Sistema RFID reader** is fixed reader Convergence CS461 4-Port EPC Class 1 Gen 2 UHF RFID with monostatic antenna CS771 long range and far field Desde sus inicios, la tecnología RFID ha demostrado ser la mejor solución para identificar y rastrear personas, animales u objetos. Sin embargo, la integración de sensores dentro de las etiquetas RFID ha ampliado sus aplicaciones a diferentes ciencias en las que obtener información a través de una medición variable. ISO 18000-6 es el estándar en el que trabajamos, utilizando una frecuencia de enlace portadora de 915 MHz, siguiendo los protocolos EPC Global. El diseño de sistemas de extracción de energía para etiquetas RFID pasivas UHF, antenas, modulación y demodulación, etc, se han implementado en tecnologías micro y nanométricas y se han caracterizado con estos equipos Lectores RFID. Por lo que, los lectores RFID son los encargados de alimentar las etiquetas y los tags a través de las antenas, al mismo tiempo que capturan sus datos, los decodifican y los transmiten al software correspondiente para su interpretación. Es importante disponer de uno o varios lectores para realizar los diferentes ensayos. Estos lectores se configuran con sus diferentes modos de operación para asegurar que éstos, y que bajo todas las condiciones de trabajo y perturbaciones aplicadas, son aptos para el fin que han sido diseñados. Para comprobar el funcionamiento de los diseños y prototipos de etiquetas RFID.
- **Analizador de Espectros**
Es uno de los instrumentos claves, permite medir la potencia de señal a diferentes frecuencias y anchos de banda. El analizador de espectros es una herramienta capaz de representar las componentes espectrales de una determinada señal a partir de su transformada de Fourier. Esta representación en el dominio de la frecuencia permite visualizar parámetros de la señal hasta 26 GHz que difícilmente podrían ser descubiertos trabajando en el dominio del tiempo con ayuda de un osciloscopio.
- **Tarjetas de Desarrollo FPGA.** Es un dispositivo semiconductor que contiene bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad puede ser configurada 'in situ' mediante un lenguaje de descripción especializado. La lógica programable puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una puerta lógica o un sistema combinacional hasta complejos sistemas en un chip. Se emplea básicamente para verificar los módulos digitales, ofrece una plataforma de verificación. Manejar y analizar el flujo de datos. Implementar la lógica y los protocolos. La tarjeta de desarrollo utiliza el dispositivo FPGA Spartan 3 XC3S400- FT256 ó XC3S1000-FT256. La familia Spartan 3 de 1,2V, da al usuario un gran rendimiento y abundantes recursos lógicos. La XC3S400, contiene internamente 400.000 puertas, 8.064 celdas lógicas, 898 CLBs, 56 Kbits de memoria distribuida y 288 Kbits de bloques de RAM. La XC3S1000, contiene 1.000.000 puertas, 17.280 celdas lógicas, 1920 CLBs, 120 Kbits de memoria distribuida y 432



Kbits de bloques de RAM. La familia Spartan 3 es una alternativa avanzada para los programadores de ASICs. FPGA acorta el tiempo de desarrollo de un proyecto y permite la actualización del hardware sin necesidad de reemplazar componentes, cosa imposible en ASICs. Tarjeta de placa de desarrollo FPGA diseñada para ser fácil de usar. Cuenta con un FPGA Spartan 6 XC6SLX9, reguladores de voltaje incorporados y un microcontrolador implementado para configurar el FPGA en tiempo real.

- **Estación de Soldadura Infrarroja, RE-8500 BGA/SMD, Rework System.** Estación universal de soldadura infrarroja Jovy Systems RE-8500 está diseñada para montar y desmontar superficialmente los componentes CBGA, CCGA, CSP, QFN, MLF, PGA y otros componentes BGA en los circuitos impresos grandes (PCB). Equipada con dos pre calentadores inferiores.
- **PXI-1042Q, National Instruments.** El bus PXI es un bus industrial de comunicaciones estándar para instrumentación y control. Las siglas significan una extensión del bus PCI pensada para aplicaciones de instrumentación, el cual se utiliza para procesamiento de imágenes en aplicaciones de los micro y nanosistemas a nivel oblea. Operating System/Target Windows, Power Supply AC Number of Slots 8 Number of PXI Peripheral Slots 7.

Sistema RFID reader



Analizador de Espectros



Tarjetas de Desarrollo FPGA



Estación de Soldadura Infrarroja



e) Laboratorio de Diseño CI CAD

En este espacio se encuentran servidores, estaciones de trabajo y computadoras personales donde se ejecutan programas de diseño, simulación, síntesis de circuitos y realización de patrones geométricos (layouts) para su fabricación, así como programas de uso general para el modelado de dispositivos, circuitos y sistemas electrónicos o microelectromecánicos. Además, se desarrollan herramientas de diseño asistido por computadoras (CAD) y análisis de elementos finitos.

Los equipos principales con las que se cuenta en este laboratorio son:

- **1 Workstation**, Windows 7 professional, Procesador Intel Xeon CPU E5-1620 v2 @3.70 GHz, RAM 24 GB, sistema operativo de 64 bits Dell Precision T3610

- **6 PCs**



- **Software: ISE Design Suite 14.1 (Xilinx).** Es un lenguaje de descripción de hardware (HDL, del Inglés Hardware Description Language) usado para modelar sistemas electrónicos digitales. El lenguaje soporta el diseño, prueba de la unidad lógica se implementa mediante un código de HDL y se puede verificar en FPGA. Para generar simuladores propios e implementación de circuitos digitales a diferentes niveles de abstracción.

- **Software: Solidworks, Ansys**

El análisis por elementos finitos (FEA, siglas en inglés de Finite Element Analysis) es una técnica de simulación por computador usada en ingeniería. Usa una técnica numérica llamada método de los elementos finitos. Este método realiza una discretización espacial del problema en elementos poligonales en dos o tres dimensiones, en función de la naturaleza del elemento a simular, por lo que es el más flexible en cuanto a la modelización de contornos.

1 Impresora 3D Marca FLASHFORGE FINDER

Este equipo es utilizado, con su más alta resolución de impresión, para fabricar dispositivos, con bases fijas y en movimientos milimétricos, para que puedan emular el comportamiento de estructuras micro y nano electromecánicas y que pueden ser manipuladas a nivel macro.

Tecnología: FFF, Volumen Impresión: 140x 140 x 140mm, Resolución Capa: 0.1-0.4 mm.

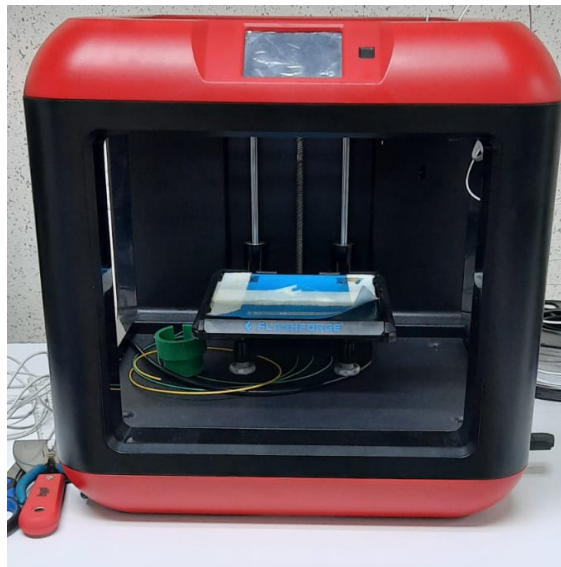
2 Impresoras 3D Marca Creality Ender 3 Pro. Este equipo es utilizado para fabricar macro y microdispositivos, con bases fijas y en movimientos milimétricos, para que puedan emular el comportamiento de estructuras micro y nano. Tecnología: PLA, Volumen Impresión: 250x 250 x 3000mm, Resolución Capa: 0.1-0.4 mm.

Equipos de Cómputo con programas especializados para el desarrollo de Circuitos Integrados





Impresora 3D Marca FLASHFORGE FINDER





Impresoras 3D Marca Creality Ender 3 Pro

