

SISTEMA PARA EL DISEÑO DE LABORATORIO, FABRICACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN EN EL CONTEXTO DE LA MANUFACTURA REMOTA Y COGNITIVA, PARA EL DESARROLLO INTEGRADO DE PRODUCTOS Y PROCESOS

SECTOR TECNOLÓGICO DE LA INVENCION

Esta invención está relacionada con un sistema de diseño y la implementación de un laboratorio fábrica experimental con plataforma lógica funcional, para el desarrollo del diseño integrado de procesos y productos industriales en un entorno para investigación e innovación en automatización de manufactura.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Fab Lab (fabricación digital - laboratorio fabbing) es una escala de laboratorio que utiliza una serie de máquinas controladas por ordenador y gestiona a través de software de código abierto de fácil acceso a las nuevas formas de creatividad, que compartirá en la red y que cuenta con un potencial considerable para el comercio y la industria, por lo que hablamos de "tercera revolución industrial".

El concepto nació en el Instituto de Tecnología de Massachusetts MIT, extendiéndose por todo el mundo, y basando su fortaleza en una filosofía de la acción local a través de una red internacional de intercambio y conocimiento. El proyecto busca fomentar la creatividad y el hágalo usted mismo DIY (*Do it yourself*, en inglés) a través de la accesibilidad para todas las máquinas de fabricación digital; quiere construir grupos de interés en torno a las ideas y proyectos para una nueva empresa que supera la lógica de comercialización y los valores sociales tradicionales tienen en la unidad de propósito con las instituciones (instituciones, administración, universidades, escuelas, fundaciones, etc).

Existen muchos casos exitosos de Fab Lab en el mundo. El Fab Lab Reggio Emilia es una iniciativa que, después de entrar en contacto con el Fab Lab Amsterdam y muchos profesionales que trabajan en otros laboratorios (Enrico Bassi Fab Lab Torino, Massimo Menichinelli Aalto Factory), decidió replicar la misma experiencia en Reggio Emilia. Después de varias consultas, el proyecto fue presentado por primera vez a una serie de posibles promotores como Reggio Emilia Innovación (REI), la Provincia de Reggio Emilia y el Ayuntamiento, antes de ser aprobado por el Consejo de Administración en julio de 2012. El acuerdo sobre la instalaciones de Spazio Gerra (puesto a disposición por el Ayuntamiento de Reggio Emilia) se llevó a cabo en septiembre de 2012, mientras que la inauguración oficial se celebró el 27 de octubre del mismo año. La misión de la Fab Lab Reggio Emilia es doble: por un lado, apoya a las empresas en los caminos de la innovación y el desarrollo de nuevas ideas y por otro lado, generar proyectos a través del desarrollo de las personas y sus habilidades interdisciplinarias, para que las mismas personas y/o comunidades tengan herramientas de acceso útiles para aprender, experimentar, prototipar y auto-producir, contribuyendo a la aparición de nuevos proyectos empresariales. El Fab Lab lanzó la fórmula RETO IDEA, la preparación de un plan detallado con el sector empresarial y guiar grupos de trabajo (interdisciplinarios) para realizar prototipos en uno-dos días de tiempo, usando herramientas de fabricación digital y *know-how*. La idea fue concebida por el famoso inventor y científico el profesor Neil Gershenfeld en el prestigioso Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Su idea era simple: proporcionar el entorno, las habilidades, los materiales avanzados y la tecnología para hacer las cosas de forma barata y rápida en cualquier lugar del mundo, y que esté disponible en una base local para empresarios, para estudiantes, artistas, pequeñas empresas y, de hecho, para cualquier persona que quiera crear algo nuevo o a la medida.

El Fab Lab Manchester, fue el primer Fab Lab del Reino Unido y se abrió en Manchester en marzo de 2010; es propiedad de The Manufacturing Institute, gestionado por su personal técnico cualificado y con sede en el edificio Chips, en Nueva Islington, Manchester. El corazón del Fab Lab Manchester es la tecnología de fabricación digital, combinando 2D y diseño 3D con la última tecnología de fabricación. Abrazando un amplio espectro de métodos que van desde mecanizado CNC para la impresión en 3D, puede producir un producto único sencillo de un diseño digital en cuestión de minutos y a un costo muy bajo en comparación con los métodos tradicionales de mecanizado.

Los Fab Labs - laboratorios digitales de fabricación - se crearon para inspirar a la gente y los empresarios para convertir sus ideas en nuevos productos y prototipos, dándoles acceso a una amplia gama de tecnología de fabricación digital avanzada.

En Colombia, el Fab Lab Unal Medellín, es una iniciativa creada por la Facultad de Arquitectura, de la Universidad Nacional de Colombia con sede en Medellín en conjunto con la Fab Foundation, que hace parte de la red FabLabs del Center For Bits And Atoms (CBA) del Massachusetts Institute of Technology (MIT). El laboratorio de fabricación es un espacio de innovación digital con máquinas de control numérico para la experimentación, prototipado, corte y manufactura. El FabLab es el encargado de liderar proyectos de innovación e investigación con un alto grado de interdisciplinariedad en el campus de la Universidad Nacional de Colombia con sede en Medellín. Dicho laboratorio de fabricación digital está abierto para varias disciplinas y/o carreras como arquitectos, ingenieros físicos, ingenieros mecánicos, artistas, constructores, diseñadores, grupos de investigación e investigadores de la Universidad Nacional de Colombia así como también para estudiantes y profesionales externos.

El Fab Lab Uniandes, tiene su enfoque evidentemente para los estudiantes relacionados con el Diseño; el FABLAB está al servicio de toda la comunidad Uniandina, y para cualquier estudiante de cualquier carrera que quisiera producir un proyecto con las herramientas y las máquinas que ofrece el laboratorio, este espacio está completamente a su disposición.

El Fab lab Cali, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente, es un espacio de encuentro y promoción de una cultura del aprender haciendo en colaboración con otros. Está abierto a 'hacedores', inventores, artistas y en general a personas creativas que estén dispuestas a compartir sus habilidades y experiencias para contribuir a resolver problemas del entorno local y del contexto global.

Las diferentes experiencias han enseñado que en el proceso de transferencia e innovación tecnológica con empresas productivas, no es suficiente el tránsito clásico de la asistencia técnica o la consultoría especializada, si no se logra construir un escenario tecnológico que brinde real empoderamiento y aporte colaborativo entre dos actores fundamentales: la academia y el sector industrial, que sin transgredir los límites de identidad y del quehacer propios de cada actor, conduzca a una interrelación dinámica y de compromiso cierto por la innovación de producto y proceso como hecho tangible económico y tecnológico.

Algunas patentes que tratan temas relacionados son,

US6157866 Automated material handling system for a manufacturing facility divided into separate fabrication areas. Corresponde a un sistema automatizado de manejo de materiales para una planta de fabricación que se divide en las áreas de fabricación separadas. El sistema automatizado de manipulación de materiales lleva a cabo el movimiento de las piezas de trabajo entre las áreas de fabricación y mantiene una base de datos que indica la ubicación de cada pieza de trabajo dentro de la planta de fabricación. En una corrida, el sistema automatizado de manejo de materiales lleva a cabo la transferencia de obleas de semiconductores sin contenedor a través de una pared que separa una primera y segunda áreas de fabricación. Las obleas son transportadas dentro de contenedores (por ejemplo, barcos de obleas). El sistema de manipulación de materiales incluye una serie de herramientas de transferencia, incluyendo cámaras de aire de bloqueo, sistemas de transferencia de masa, brazos robóticos, y áreas de valores. El sistema de manipulación de materiales también incluye un sistema de control que regula las operaciones de las herramientas de transferencia, así como la dispersión de los contenedores. Las cámaras de las esclusas de aire proporcionan aislamiento entre las áreas de fabricación al tiempo que permite la transferencia de obleas entre las áreas de fabricación. Un sistema de transferencia de masa posicionado dentro de cada cámara de la esclusa de aire permite la transferencia de obleas sin contenedor a través de la cámara de la esclusa de aire. Los valores las áreas proporcionan almacenamiento para los contenedores adyacentes a las cámaras de las esclusas de aire. Los brazos robóticos se utilizan para mover los contenedores entre las áreas de valores y las cámaras de las esclusas de aire. El sistema de control incluye un procesador principal, un procesador remoto asociado con cada área de fabricación, un medio de transmisión de la red interna, el acople del procesador principal a los procesadores remotos, y un medio de transmisión de la red celular dentro de cada área de fabricación.

EP0384035 Flexible manufacturing and/or assembling cell using automatic resetting of devices specific for the product. Las unidades de fabricación y/o montaje automatizado generalmente se establecen para altas cantidades y están orientadas a un producto de modo que, en contraste con la flexibilidad de los robots utilizados aquí, establecen en cero los valores de los periféricos, que es costoso cuando hay cambio de productos. Esta desventaja es eliminada por la invención. Por lo tanto, se proponen medios de almacenamiento móviles a la unidad de fabricación y/o montaje. Estos medios de almacenamiento están destinados a los productos que se producen en cada caso o sus partes y/o para los dispositivos necesarios en cada caso para la producción y/o

montaje, siendo también posible que los dispositivos sean dispuestos en una posición fija y que se utilizará desde fuera de la unidad. La unidad de fabricación y/o montaje es versátil y adecuada para la producción industrial y/o de montaje automatizado.

US2014277683 System and Method for Automated Manufacturing of Custom Apparel. Presenta un sistema de red de mando y control centralizado para la fabricación automatizada de una prenda de vestir en forma personalizada que cuenta con un sistema de control centralizado automatizado programable de equipos de fabricación configurados para el montaje y costura de la prenda. También incluye la instalación personalizada de un modelo digital de manejo de materiales programable, automatizado y configurado para el transporte de la prenda o sus componentes a través de cada paso del equipo de fabricación. Después de escanear el cuerpo de un cliente, el mismo selecciona y personaliza un diseño de prendas de vestir, y el sistema de fabricación de la invención fabrica la prenda al recibir la orden de una manera automática, sin necesidad de intervención manual adicional. La prenda en forma personalizada resultante se basa en tres dimensiones de la forma del cuerpo del cliente, el estilo y las preferencias de ajuste. El sistema se puede utilizar para confeccionar cualquier tipo de prendas de vestir.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1 Distribución en planta del sistema laboratorio fábrica experimental, LabfabEx

Figura 2 Representación de la plataforma del sistema Laboratorio Fábrica Experimental

Figura 3 Diagrama metódico de comunicación Usuarios – Celdas de Manufactura

Figura 4 Diagrama de Flujo de operación de la plataforma LabFabEx

Figura 5 Diagrama de Flujo de operación de la los agentes de comunicación

Figura 6 Diagrama de flujo de la etapa de un proceso de una máquina o robot a través de la plataforma.

Figura 7 Diagrama de elementos tratamiento información

Figura 8 Diagrama de flujo combinado de procesos en las tres celdas del sistema LabFabEx

Figura 9 Diagrama de flujo usuario externo del laboratorio para un producto ensamblado con el uso de la celda industrial y la celda experimental transfer.

Figura 10 Diagrama de flujo usuario local requiere la fabricación de producto, operario estructura el proceso del desarrollo del producto en celda industrial

Figura 11 Diagrama de flujo para varios usuarios externos que requieren la fabricación de productos con el uso de la celda de prototipado

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un sistema de diseño de laboratorio de fabricación y experimentación en el contexto de la manufactura remota y cognitiva, para el desarrollo integrado de productos y procesos, sistemas para el desarrollo de plataformas industriales y experimentales tele-operadas, robótica colaborativa y cooperativa, vehículos guiados automáticamente, control basado en visión artificial, manufactura avanzada en procesos de arranque de viruta, que con la adición de un séptimo eje de rotación y un octavo eje de traslación ven aumentada la capacidad tecnológica del Laboratorio Fábrica Experimental, en adelante LabFabEx, para procesos industriales de mecanizado, ensamble, prototipado rápido y control de calidad; adquiriendo equipos especializados para el desarrollo de control con percepción de entorno.

La tendencia a nivel mundial en la industria del diseño, prototipado y experimentación para el desarrollo de nuevos proyectos de fabricación de piezas, ha requerido una revisión del marco teórico de los conceptos de distribución en planta. A partir de esa revisión, se desarrolló la distribución del Laboratorio Fábrica Experimental, LabFabEx Figura 1, por celdas de manufactura flexible. Dicho análisis permitió determinar tres tipos de celdas de manufactura y la distribución de las máquinas basada en restricciones de máquinas fijas, manifestación viable, equipos para el transporte y manejo de material, logrando el modelamiento del laboratorio fábrica experimental. Como resultado del mismo análisis, se determinaron tanto el flujo de proceso y la flexibilidad de la lógica, como

el diseño del software de acuerdo a la necesidad del producto y proceso requerido, cumpliendo con la tecnología e-manufacturing (es la transformación a un nuevo modelo productivo donde el conocimiento sea el desarrollo de la fabricación mecánica) para el Desarrollo Integrado de Producto y Proceso DIPP. Para LabFabEx se asignaron tres celdas de manufactura: la primera está enfocada a productos industriales; la segunda a labores experimentales de diseño, simulación y prueba (testing) en manufactura; y la tercera a prototipado rápido, sin embargo, estas tres celdas están conectadas por sistemas automatizados de transporte y ensamble, con base en la distribución de la Figura 1.

El laboratorio fábrica experimental LabfabEx, de la presente invención, es un desarrollo aplicable a una locación en la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, con la flexibilidad de ser aplicable a cualquier espacio físico y grupo de equipos y máquinas que se requiera. El procedimiento de diseño y la lógica de control de una plataforma automatizada propician el diseño y la fabricación de un producto y el proceso automatizado e inteligente para optimizar los ambientes de manufactura y los costos de operación del sistema, que cuenta con operación remota, virtual y presencial. La socialización remota de nuevas tecnologías de CNC, robotizadas, en virtud de parametrización, operatividad integral y prototipado rápido, es un escenario tecnológico que se brinda al industrial para desplegar en línea vía tele-operación trabajos experimentales en investigación e innovación de nuevos productos y procesos. Esta alternativa permite también integrar las fases del ciclo de vida del producto (diseño, conceptualización, diseño funcional, modelamiento, pruebas, diseño en detalle, prototipado, refinamiento, lanzamiento al mercado, producción, uso y mantenibilidad producto) y del proceso debido a su enfoque de ingeniería con diseño concurrente y manejo interdisciplinar, manifestación viable, reconfiguración física y lógica del layout. Con lo anterior se obtiene una buena tipología de flexibilidad y autonomía, incorporada a los agentes tecnológicos por los enfoques de manufactura cognitiva, estructura tecnológica desplegable y escalable en diversos escenarios industriales o de experimentación e investigación. Finalmente, la plataforma lógica de software para planear coordinar y controlar diversas máquinas y robots con diferentes protocolos de comunicación, integra la sala de diseño CAM de fabricación asistida por computadora (Computer Aided Manufacturing, en inglés).

LabFabEx está distribuido en 3 celdas, la celda experimental transfer, la celda industrial o de fabricación, y la celda de prototipado; las celdas contienen los equipos representados en la Figura 1, cuya respectiva descripción funcional se describe a continuación.

La celda experimental transfer, incluye los siguientes equipos:

Máquina de mecanizado multi-ejes (25): una máquina de 5 grados de libertad para mecanizado de material prismático o cilíndrico, que usa una mesa para sujetar el material y varios tipos de herramientas de corte; la máquina tiene un controlador industrial y un software para programar las rutinas y monitorear el proceso.

Máquina de control de calidad (26): es una máquina de medición por coordenada CMM para realizar control de calidad en productos terminados; utiliza un sensor para verificar el perfil de los productos y devuelve la información a un software de desarrollo para graficar el perfil detectado.

Robot Grúa de arquitectura híbrida (29): es un robot de transporte de material entre varias estaciones del ciclo de vida del producto con arquitectura híbrida serial-paralela de 3 grados de libertad. Está constituido por una estructura física para soportar el peso del material y poleas para el movimiento, es compatible para sujetar diferentes configuraciones de efectores finales; su función principal es transportar el material desde un vehículo guiado automáticamente (9) a las máquinas de mecanizado multi-ejes, al robot cartesiano tipo Gantry (24) y a la máquina de control de calidad (26) y viceversa; este sistema tiene la capacidad de configurar nuevos puntos o estaciones de depósito de material.

Robot Cartesiano de 4GDL (24): es un robot tipo Gantry de 4 grados de libertad: X, Y, Z y un sistema transfer, el robot tiene la capacidad de realizar procesos pick&place, ensamble, transporte de material, entre otros, utiliza un controlador industrial y un software para programar las rutinas y monitorear los procesos.

Vehículo de guiado automático (9), VGA por sus siglas: es un robot móvil para intercomunicar varias estaciones de trabajo y suministrar materiales y productos cuando se requiera. Se pueden programar los puntos de embarque o desembarque de material y sirve para comunicar el sistema robótico industrial con el robot grúa de arquitectura híbrida (29).

La celda industrial incluye los siguientes equipos:

Sistema Robótico Industrial Motoman® y control DX100 (35, 34), es un sistema robótico de 8 grados de libertad: cuenta con un manipulador robótico, un eje auxiliar externo rotativo y una pista lineal; este sistema tiene la

capacidad de atender a varias máquinas para manipular y transportar el producto a varias estaciones de trabajo, como las máquinas de mecanizado industrial, otro manipulador robótico y al vehículo guiado autónomo VGA (9), como también puede realizar otras operaciones de manipuladores robóticos (Soldadura, pintura, ensamble, entre otros).

Manipulador industrial Scara IBM® (36), es un brazo robótico tipo Scara industrial para operaciones de ensamble, pick&place, entre otros; el brazo tiene 4 grados de libertad y un controlador lógico. Este manipulador y el sistema robótico industrial pueden realizar operaciones de robótica colaborativa.

Estación de medición, calibración y preseteador de herramientas Zoller® (38, 37), es un banco o sistema de calibración automático de herramientas para tornos, centros y máquinas de mecanizado que utiliza tecnologías avanzadas de medición autónoma de la geometría de las herramientas con la capacidad de actualizar automáticamente los datos de herramientas de las máquinas.

Centro de Mecanizado Leadwell® (39): posee 4 grados de libertad, 3 cartesianos y un eje de rotación auxiliar, tiene un sistema de almacenamiento y disposición de herramientas de corte para cambio automático de herramienta.

Torno CNC Jinfa® (31, 32, 33), es un torno por control numérico tipo suizo con varios ejes para mecanizar piezas cilíndricas que puede realizar operaciones de torneado, taladrado, perforado y otros más que permite su configuración multi-ejes; el torno tiene acoplado un sistema de alimentación de barras para suministrar automáticamente y manualmente el material en bruto.

Compresor de aire (40), es la fuente neumática de las celdas de manufactura usando técnicas de compresión de aire.

La Celda de prototipado incluye los siguientes equipos:

Robot Paralelo 2GDL (12): robot de arquitectura paralela acoplado sobre un tablero de pared para realizar pictogramas usando un sistema de poleas y un instrumento de escritura como efector final; los pictogramas son traducidos a lenguaje de máquina usando un software de computador conectado a un controlador lógico.

Banco de pruebas Tensión-Deformación para microprobetas Pasco® (14), es un dispositivo acondicionado con sensores de desplazamiento y sensores de fuerza para realizar ensayos de tensión y deformación de microprobetas, utilizando un software se pueden coleccionar los datos y muestra los resultados y análisis de la prueba.

Sistema de posicionamiento de alta velocidad (16), usando tecnologías para reducir la fricción entre los ejes y guías y servomotores lineales, que puede alcanzar altas velocidades para realizar operaciones como taladrado y ruteado de materiales.

Pulpo serigráfico de mesa (18), es una estructura que conecta bancos de impresión serigráfica automática mediante un sistema neumático y un controlador lógico programable; la estructura tiene la capacidad de realizar impresión sobre varios tipos de tela con varios materiales usando mallas de impresión serigráfica y con la opción de programación de rutinas usando un software de computador.

Impresora de prototipado rápido industrial 3D Objet Eden Pro® (19, 20): usando la tecnología de fotocurado, la impresora tiene la capacidad de imprimir modelos 3D con tolerancias a nivel de micras y es compatible con una gran variedad de materiales y modos de impresión para generar piezas o prototipos.

Celda neumática de operaciones (20, 21), es una estructura flexible con varias estaciones de trabajo para simular procesos y operaciones de todo el ciclo de vida del producto usando un sistema neumático y un controlador lógico programable.

Máquina de mecanizado paralela (28), es una máquina con arquitectura paralela tipo Orthoglide de mecanizado, que tiene 3 grados de libertad para su movimiento cartesiano y un controlador conectando a un computador para diseñar y enviar los programas de mecanizado.

Las tres celdas y los sistemas incluyen además, UPS como fuente y regulación de energía eléctrica, servidor de aplicaciones, routers para la comunicación en redes de información, cámaras web de alta definición y video estándar, cámaras de visión de máquina, dispositivos hápticos, red de cableado estructural, antenas wi-fi, tarjetas de desarrollo, herramientas y equipos de medición y control (4).

En general, para integrar una máquina o equipo en la plataforma de e-Manufacturing del LabFabEx, Figura 2, es independiente la arquitectura del controlador, el protocolo y la configuración del mismo, en otras palabras, cualquier máquina con un controlador, aunque sea una máquina externa al LabFabEx, puede ser integrada a la plataforma e-Manufacturing de dicho LabfabEx.

En la automatización de procesos de manufactura para el desarrollo, innovación, fabricación de producto, se desenvuelven sistemas de comunicación y cooperación entre los agentes tecnológicos involucrados (máquina-a-máquina, hombre-a-máquina), capacidad para resolver problemas, auto reconfiguración física y lógica de los agentes, intercambiabilidad de tareas entre otras características que combinan las capacidades de los sistemas de manufactura flexible (FMS) y los sistemas de manufactura reconfigurable (RMS). Estas características no serían posibles sin el desarrollo de sistemas de percepción del entorno y control para los manipuladores robóticos, para lo que se han desarrollado los aspectos teóricos y técnicos específicos para la implementación de un sistema de servo control visual robotizado, teniendo en cuenta aspectos de modelamiento cinemático del mecanismo robótico Motoman® (34, 35), modelamiento del sistema de visión de máquina, implementación de la ley de control proporcional de posición con realimentación visual e implementación de algoritmos de reconocimiento y seguimiento de características visuales en tiempo de máquina. Se despliega un desarrollo para la conjugación de los aspectos aplicativos de simulación del sistema y la realización de pruebas experimentales en el LabFabEx dentro de la celda de manufactura industrial.

La plataforma de información e intercomunicación Figura 3, se encarga de gestionar toda conexión y solicitudes de los usuarios, las máquinas y robots de las celdas de manufactura, se apoya sobre el protocolo Ethernet TCP/IP para proporcionar acceso a nivel WAN (orientado a los usuarios a través de internet) y a nivel LAN (orientado a las máquinas y robots a través de la red local). Para hacer posible la intercomunicación de la planta física del laboratorio se realiza una etapa de acondicionamiento de la trama de datos de todos los protocolos de comunicación industrial de los controladores de las máquinas y robots a un formato único de intercambio de información basado en estándares XML, JSON y POJO.

La etapa de acondicionamiento se implementa en cada estación de trabajo¹ mediante agentes de comunicación máquina-plataforma, para lo que se necesita configurar los agentes según las características del protocolo de la capa de aplicación del modelo OSI usado por el controlador; si el agente no posee la etapa de acondicionamiento para un protocolo específico existe una herramienta para los desarrolladores de software que proporciona un marco de trabajo para hacer posible la implementación de la nueva etapa con los requerimientos de comunicación de la plataforma y contribuir con el desarrollo y actualización del sistema.

Las dos principales ventajas de usar el protocolo Ethernet TCP/IP en la plataforma de información e intercomunicación son: 1) escalabilidad de máquinas y usuarios: la plataforma puede soportar tantas conexiones como máquinas y usuarios existan según las capacidades físicas del servidor en donde se ejecuta, y no solo a nivel LAN pues se pueden agregar máquinas o celdas de manufactura externas al laboratorio (implementando los agentes de comunicación máquina-plataforma), 2) Flexibilidad: la plataforma tiene la capacidad de ejecutarse en diferentes entornos de manufactura y adaptarse a cambios de tecnologías (implementando el marco de trabajo para los desarrolladores de software).

Las solicitudes que puede procesar la plataforma son de conexión de usuarios y máquinas, gestión de las comunicaciones, operación remota de máquinas o la celda en general, reportes de estado de la plataforma, servicios de manufactura como simular o verificar procesos. Los usuarios usan las interfaces web o aplicaciones de escritorio para acceder a las máquinas y robots de las celdas de manufactura con objeto de proponer desarrollos integrados de producto y proceso en el contexto de manufactura automatizada, remota y cognitiva.

Para alcanzar el objetivo de una plataforma de información e intercomunicación de las máquinas y robots bajo el contexto del paradigma de manufactura remota y cognitiva para desarrollo integrado de producto y proceso, se presentan 3 grupos o entidades de funcionamiento: 1) el acceso remoto mediante una aplicación orientada al cliente para desplegar las características de operación del laboratorio, donde el usuario se puede comunicar con el laboratorio para monitorear y procesar la información y usar los servicios de manufactura de diseño integrado de producto y proceso, 2) el servidor de aplicaciones del laboratorio para gestionar las comunicaciones de máquinas, robots y usuarios, y 3) los agentes de comunicación para comunicar las máquinas y robots con la plataforma.

Diagrama de Flujo puesta en marcha de plataforma LabFabEx

La Figura 4 presenta los pasos para habilitar la plataforma LabFabEx: se ejecuta en un servidor y se configuran los parámetros básicos de comunicación y cantidad de clientes, se enlaza con la base de datos de los usuarios con

¹ Una estación de trabajo corresponde a una máquina o robot, con su respectivo controlador, con el protocolo de conexión física y un ordenador para procesar la información.

permiso de operación y se despliegan los servicios permitidos por sesión. Luego se pone en marcha el monitor de la plataforma que está pendiente de varios eventos en paralelo: eventos de proceso corresponden a los estados de cada proceso en operación, por ejemplo, tipo de proceso en ejecución, cancelación de proceso, proceso terminado satisfactoriamente o con fallas, entre otros; los eventos de conexión gestionan las entradas y salidas de los usuarios y máquinas, los identifica por roles y permisos (usuarios) y por ubicación en celdas (máquinas/robots); los eventos de usuario son las solicitudes de uso de servicios de manufactura, si el usuario necesita fabricar o diseñar un producto solicita los servicios correspondientes; los eventos de máquinas proporcionan la información a nivel de máquina, por ejemplo, está en pausa, ejecución, disponible y la lectura de la sensorica correspondiente a la máquina para sincronizar las celdas de manufactura.

Diagrama de flujo puesta en marcha de máquinas/robots en la plataforma

La Figura 5 presenta los pasos para habilitar los agentes de comunicación máquina/robot – plataforma. Para todo elemento físico de manufactura se necesita realizar una preparación o setUp (energizar la máquina, calibrar, mantenimiento, entre otros), luego ejecutar el agente de comunicación y configurar el tipo del protocolo para conectar la máquina/robot con la plataforma. Cuando la conexión es satisfactoria y la máquina/robot está registrado en la plataforma se inicia el monitor para procesar las operaciones solicitadas; estas operaciones son los procesos que la máquina es capaz de ejecutar, las operaciones se guardan en una cola o fila de pendientes y se van liberando a medida que la máquina realiza el proceso. Cada etapa dentro de monitor para procesar las operaciones debe notificar a la plataforma el estado actual, ya que la plataforma necesita sincronizar el estado con todo el ciclo de vida del producto en las celdas de manufactura, la Figura 6 describe esta característica.

Diagrama de flujo combinado de procesos en las tres celdas LabFabEx

La plataforma LabFabEx se encarga de intercomunicar la planta física y la información de manufactura para facilitar las operaciones solicitadas vía presencial en planta o vía global (a través de internet). La Figura 7 muestra un ejemplo de un proceso combinado usando las tres celdas de manufactura involucrando varios actores: la plataforma LabFabEx, operarios, y procesos de máquinas. La Figura 6 es el diagrama de flujo de lo que sucede en la etapa de un proceso de una máquina o robot conectada a la plataforma. La etapa procesa la información (ejecutar una operación) solicitada por la plataforma, verifica las condiciones iniciales de disposición de material y notifica si se requiere un material no existente. Las operaciones se guardan en una cola de procesos listos para ser ejecutados; previo, durante y luego de la operación ejecutada se notifica a la plataforma para sincronizar los procesos con las demás etapas del ciclo de vida del producto.

A continuación se describe, como validación del sistema, un caso de uso del ciclo de vida del producto en los procesos involucrados en el LabFabEx para tres escenarios, Figura 8:

Escenario 1, Figura 9: Un usuario externo del laboratorio requiere un producto ensamblado con materiales blandos (resinas, ceras) y materiales de alta resistencia mecánica (aceros) con determinadas condiciones y procesos. El usuario solicita el uso de la celda industrial y la celda experimental transfer y el desarrollo del producto se inicia cuando el operario encargado suministra material en el depósito y habilita el permiso de inicio de operación de manufactura integrada; las máquinas y robots pueden estar trabajando en otras operaciones y se liberan temporalmente para atender los requerimientos según el proceso del usuario externo. Empiezan operaciones en paralelo de 4 máquinas/robots diferentes, Motoman® (35, 34) recoge el material necesario del depósito, Scara® (36) selecciona otro tipo de material y lo ubica en varios puntos estratégicos de su espacio de trabajo, CMM (26) realiza inspección de dos productos modelos y AGV (9) se dirige al depósito de material para suministrarlo en la celda experimental.

Cuando Motoman® (35), Scara® (36) y AGV (9) terminan sus procesos previos, inicia un ensamblado mediante robótica colaborativa Motoman-Scara-AGV; cuando se realiza el ensamble, Motoman® y Scara® se liberan y quedan listos para siguientes operaciones, por ejemplo, Mecanizado Robótico con séptimo eje o Pick&Place.

En la celda industrial, AGV (9) suministra material a la celda mediante el robot Grúa de arquitectura híbrida (29) para transportar el material y realizar una operación con el robot Gantry (24); luego de esto el robot Grúa (29) recoge los productos modelos de CMM (26) y la transporta a multi-ejes (25) para terminar el producto. Luego de terminar el ciclo de vida del producto solicitado por el usuario, las operaciones siguientes son recoger el producto terminado y entregarlo al cliente.

Escenario 2, figura 10: Un usuario local requiere la fabricación de prótesis, racores o implantes biomecánicos, para lo cual el operario atiende la solicitud y prepara el material necesario mientras que el usuario u otro operario diseñan el proceso del desarrollo del producto; cuando los estados iniciales están listos (suministro de material y diseño del proceso), se inicia el ciclo de vida del producto, en este caso Motoman® (35) recoge el material del depósito y atiende el torno Suizo (31, 33) colocando el material en el alimentador de barras (32). El torno Suizo realiza las operaciones de mecanizado y cuando termina Motoman® (35) atiende al torno (31, 33) para recoger la pieza terminada y depositarla en AGV (9) para ser transportada a la estación de entrega del material.

Escenario 3, Figura 11: Varios usuarios externos requieren la fabricación de productos, envían los modelos CAD en varios formatos y solicitan el uso de la celda de prototipado. Si el producto requiere la validación de ensamblabilidad, se usa el robot paralelo (12) para graficar el despiece de sus componentes y posteriormente ser evaluado por un operario; si el producto es realizable se envía la fabricación del producto en la celda industrial; si se requiere un prototipo del producto, el operario debe validar y preparar los modelos CAD para ser impresos en dos tecnologías diferentes: fotocurado o FDM (19, 20), y entrega el prototipo al usuario. El banco de pruebas tensión-deformación de Pasco (14) permite realizar ensayos sobre probetas impresas para medir algunas propiedades mecánicas del material según el método de impresión.