



INTEGRACION Y DESARROLLO DE PRODUCTO Y PROCESO

Por: Ernesto Córdoba Nieto

Profesor Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica – Facultad de Ingeniería.
Universidad Nacional de Colombia

Director Grupo de Investigación DIMA UN “Nuevas Tecnologías en Diseño, Manufactura, Automatización”
ecordoban@unal.edu.co

RESUMEN:

Es creciente la necesidad de estructurar de manera integrada el desarrollo de producto y proceso para poder responder a los retos de la demanda de nuevos diseños, la cual se caracteriza por la variedad cambiante y competitiva que hoy traduce la dinámica de la Innovación y Desarrollo Tecnológico Sostenible.

En ese escenario moldeado por la perspectiva de la variedad competitiva se busca compartir con este artículo algunos trazos referidos a la ingeniería de producto y proceso como plataforma básica para hacer realidad los conceptos y propuestas que han sido formuladas en varios proyectos con el sector productivo y en trabajos académicos adelantados por el grupo interdisciplinar de investigación “Nuevas Tecnologías en Diseño-Manufactura y Automatización” DIMA UN

La estructura del escrito se compone con la presentación de seis planteamientos básicos orientados a **delinear trazos relevantes durante el desarrollo de nuevos productos y procesos con enfoque integrador y convergente entre diseño y manufactura**. Estos temas son: **Encrucijada del Enfoque Tradicional Semblanza del modelo concurrente DIPP-IPPD- Metodología Básica del DIPP-Despliegue del Ciclo DIPP- Una Mirada desde la Arquitectura del Producto- La variable de la Manufactura en el ciclo DIPP**

Primer planteamiento : Encrucijada del Enfoque Tradicional

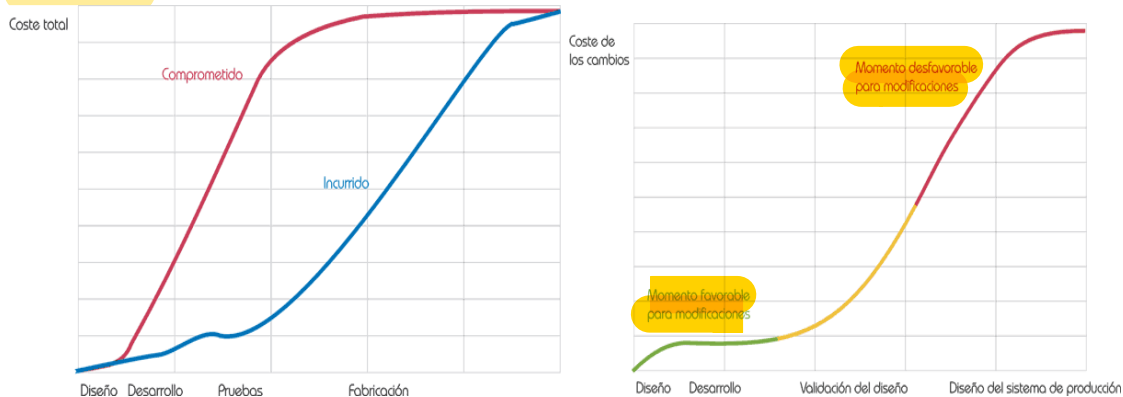
Se configura por el largo circuito de secuenciación de etapas disyuntas para el desarrollo de un Nuevo Producto y que están diferenciadas desde el Concepto Básico, pasando luego por el diseño funcional, la fabricación y la validación del Prototipo, para luego enrutarse al dominio de la manufactura de preseries y así tener fundamento para modelar y realizar el diseño constructivo definitivo y poder emprender el planeamiento de la producción, la gestión de la calidad y pruebas de desempeño-testing-, la comercialización y el servicio postventa. Como resultado de esta prolongada y, en buena medida, dispersa cadena de eventos se manifiestan debilidades como la lenta e inoportuna respuesta a la demanda, anidada con la ineficiencia tecnológica y productiva que elevan los costos y precios del producto. Se ha convenido en la literatura especializada identificar este enfoque de la ingeniería del diseño y/o desarrollo secuencial de producto como una visión funcionalista y fragmentada que acentúa un estado mental tipo túnel

El anterior panorama desde los años noventa ha venido siendo transformado por el paradigma de trabajo en paralelo y convergente de grupos multidisciplinares conocido como ingeniería concurrente para el **DIPP-desarrollo integrado de producto y proceso- [IPPD integrated product and process development}**, que se constituye en método dinámico para la participación pro-activa y la gestión del cambio tecnológico centrado en la innovación sostenible de productos y procesos

Segundo Planteamiento: Semblanza del modelo concurrente DIPP-IPPD

Atendiendo el requerimiento de la limitada duración de un proyecto (lanzamiento de nuevo producto o nueva tecnología de proceso) se viabiliza la reducción del tiempo del desarrollo (ciclo de vida del producto), lo cual impone contar con menos tiempo para tareas de corrección y revisión/ajuste de los requerimientos de usuario que conduce a la pérdida relativa de la Voz de la demanda. Además que la producción es definida a temprana hora puede conducir a encarecimiento significativo del ciclo DIPP si se acometen cambios imprevistos y rediseños durante la manufactura, lo que obliga a realizar de manera integrada/simultanea el diseño y la manufactura para hacer rentable el proceso de desarrollo del producto como puede inferirse de los gráficos ilustrativos sobre los costos inducidos durante el ciclo de vida

En el método de la ingeniería concurrente se convierte en sintomática la necesidad de documentar en forma rigurosa toda la información requerida para traducir en realidad satisfactoria la Voz del usuario, procedimiento que anima cultivar la cultura de sinergia colaborativa del grupo de trabajo y asumir compromiso por la revisión temprana de especificaciones técnicas y funcionales del diseño del producto y del proceso de fabricación

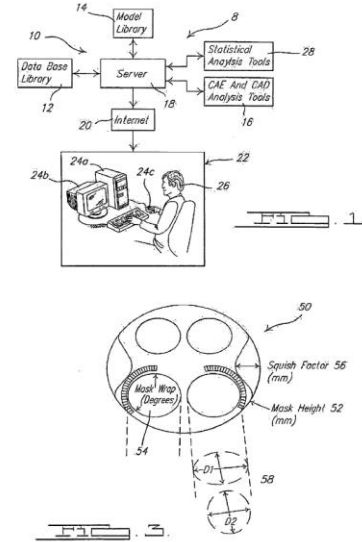
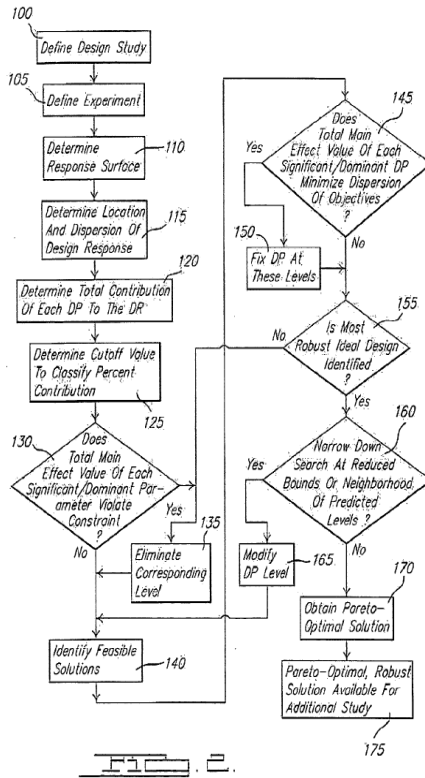


Con el método de ingeniería concurrente es fundamental lograr estructurar grupos interdisciplinarios DIPP lo más pequeños que hagan posible ganar en autodisciplina y capacidad de trabajo creativo para poder madurar y crecer en la cultura de la oportuna identificación de cambios/retos y en la eficaz implementación de soluciones, combinando una eficiente comunicación y continua interacción entre los integrantes pero procurando compartir encuentros directos que confronten los avances y dificultades/ errores en el devenir de un proyecto

Tercer Planteamiento: Metodología Básica del DIPP

- *Conceptualización funcional* - Tiene que ver con los bocetos esquemáticos y los rasgos dominantes del modelo funcional que enmarcan al diseño conceptual y la prueba de concepto del nuevo producto, procurando respetar el Lema básico del ciclo DIPP, lo "temprano es lo mejor -the earlier is the better-", encaminado a que el grupo de desarrollo de producto esté motivado para ganar rápidamente experiencia en cuanto a la evaluación de los riesgos, el planeamiento integral de desarrollo del proyecto y su escalamiento presupuestal, el cumplimiento de compromisos para obtener resultados mediante la realización plena del proyecto.
- Es de interés mostrar el esquema básico que se sugiere en una patente norteamericana como sistema y método interactivo de desarrollo de producto. Sugiere soluciones que involucren parámetros de diseño y respuestas de desempeño con diferenciación de nivel de acoplamientos aplicando variante del Diseño Axiomático. El sistema está provisto de servidores en comunicación TCP/IP remota con el usuario y dispone del correspondiente software CAE de ingeniería de desarrollo que es complementado con análisis estadístico selectivo para establecer confiabilidad

y robustez del diseño. El método incluye procedimientos de optimización de Pareto mediante diseño de experimentos y análisis ANOVA para establecer sensibilidad de las repuestas individuales de desempeño por inducción de ruidos en el modelo de productos y procesos complejos



$$\begin{bmatrix} DR_i \\ DR_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{ij} & A_{ij} & A_{in} \\ A_{mi} & A_{mj} & A_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_i \\ DP_n \end{bmatrix}$$

DP: Design Parameters
DR: Design Responses

$$A_{ij} = \frac{\delta DR_i}{\delta DP_j} \quad \text{System sensitivity}$$

Response Variation:

$$\delta(DR_i) = A_{ii}\delta(DP_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^m A_{ij}\delta(DP_j) + \sum_{j=m+1}^n A_{ij}\delta(DP_j)$$

Diseño y Desarrollo Constructivo

Se relaciona con la fase que fundamenta la traducción del diseño inicialmente propuesto en realidad tangible para la ejecución de un plan y presupuesto de desarrollo, indica que se ingresa al dominio de la métrica de la eficiencia y eficacia para ponderar viabilidad del diseño conceptual que se sugiere. En este tránsito es vital apropiar tecnologías del tipo "synchronous technology" adecuadas para el modelamiento y análisis del diseño con diversas herramientas computacionales como la nueva generación del software PLM (Product Life Cycle Management), al igual que la estructuración de bases de datos que permitan retomar y proyectar información útil para la optimización tanto del diseño constructivo en detalle como la posible estrategia de manufactura del producto. Aquí el Plan genérico de manufactura debe incluir variadas estrategias y técnicas de producción para asegurar la conformidad de especificaciones técnicas durante, tales como los postulados tecnológicos de diseño hacia la manufacturabilidad y la ensamblabilidad - DFMA- DFSS-, aplicación extensiva de dispositivos inhibidores de errores fabriles del tipo POKA YOKE - FoolProof- y sistemas automatizados de monitoreo y supervisión de la

calidad y estabilidad de estadios de la manufactura en las máquinas y dispositivos de reglaje y prueba -testing-

En el diverso espectro del desarrollo con enfoque concurrente del Diseño de Producto y Proceso identificado en la literatura como DFX [Design for X...] se quiere compartir un planteamiento síntesis respecto al Diseño hacia la Manufactura y el Ensamblaje: DFMA

DFMA: Mejorar Calidad y Reducir Costo y Tiempo Manufactura

CONSIDERACIONES

Simplicidad- Materiales y Componentes Estandar- Diseño Estandar

Tolerancias Establecidas con base en Capacidad de Proceso

Uso de materiales premanufacturados/Comerciales- Ambiente Colaborativo de Trabajo

DIEZ POSTULADOS DEL DFMA

Minimizar cantidad de Partes- Minimizar uso de Sujetadores-

Minimizar Reorientaciones/Reglajes- Usar Rasgos AutoAlineadores

Utilizar Partes Multifuncionales- Usar Subensambles Modulares

Evitar componentes Complejos- Estandarizar

Evitar Herramientas Especiales- Proveer Accesibilidad

$P_i\{1,2,...6\}$ C1 , $P_1 = \{¿Parte Movil, Requerida en Ensamble, Es de otro Material?\}$

No: Si Reemplazo

P_2 Fruto de incertidumbre, baja confiabilidad, dificulta automatización

$C_{2,3} = \{P_8\}$ PF&MC= Cost&TTM Reducidos y Crecen Fiabilidad y Valor Agregado

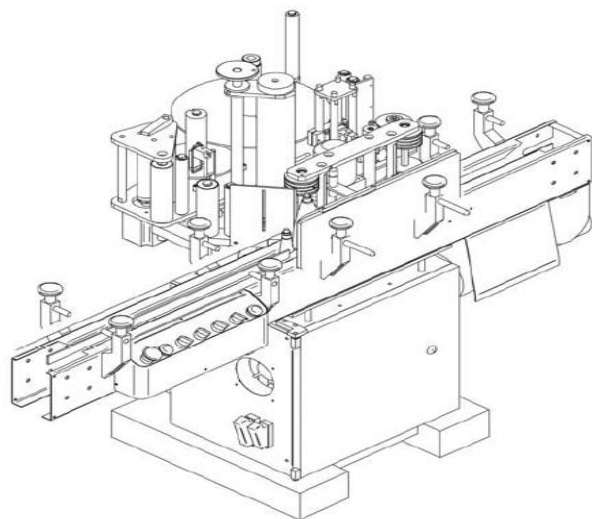
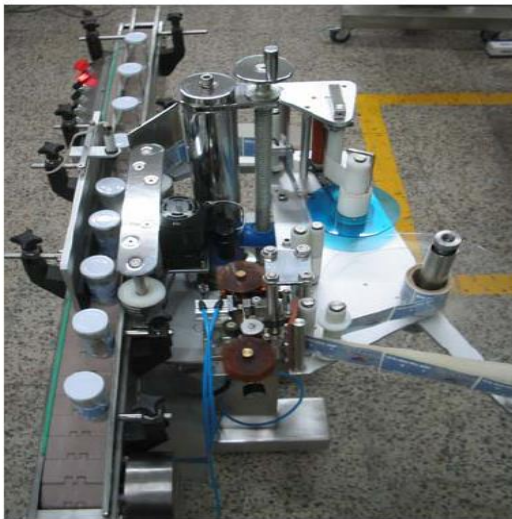
[Reuso Saber Acumul]

$\{P_4, 5, 6, 7, 8, 9, P_{10}\}$ = Ensamblabilidad & Mantenibilidad

A manera de ilustración del diseño con enfoque modular y observancia de los criterios DFMA y aplicando la fundamentación de modelamiento con Diseño Axiomático con ayuda del software Acclaro [MIT USA], se presenta a continuación un esbozo del proyecto adelantado entre la microempresa... y el laboratorio de mecatrónica de la UN

Proyecto Diseño Axiomático y DFMA aplicado en una máquina etiquetadora

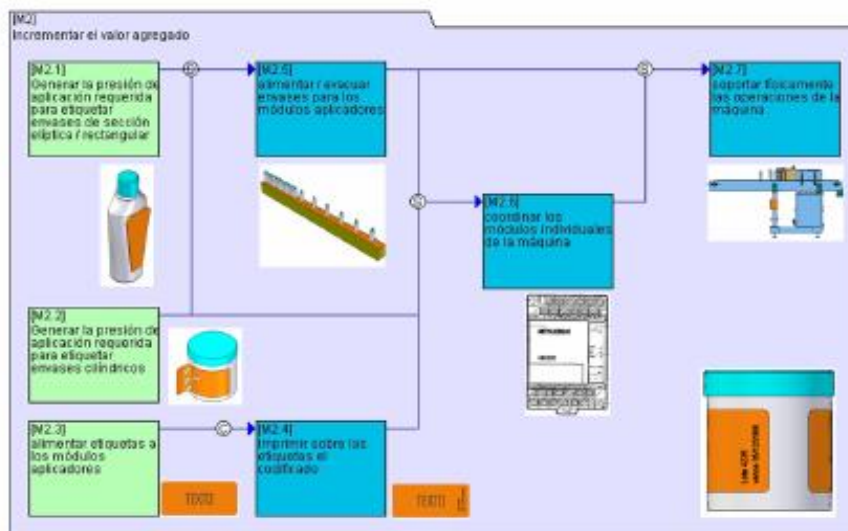
Gráfico: modelo de la máquina.



Primera descomposición para FR0 y DP0: Para maximizar la función ROI, la dirección en que se debe transformar cada elemento corresponde a la primera descomposición:

#	Requerimientos funcionales (FRs)	Parámetros de diseño (DPs)
1	Alargar la vida de la máquina	Diseño en detalle de subconjuntos y componentes
2	Incrementar el valor agregado	Diseño de un sistema integrado y flexible
3	Reducir los costos de operación	Reducir los costos de operación desde sus diferentes orígenes
4	Incrementar el promedio de etiquetas aplicadas por hora	Diseño de producción optimizada
5	Reducir la inversión inicial	Diseño de bajo costo de manufactura

El esquema funcional y la correspondiente ecuación de diseño axiomático son:



$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & 0 \\ X & X & 0 & X & 0 \\ X & X & X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \end{bmatrix}$$

Arquitectura de la máquina

Las máquina se constituye simultáneamente de dos estructuras: **la arquitectura física y la arquitectura funcional**; la primera está constituida por los componentes físicos y jerarquizada según los subensambles, la segunda está constituida por el proceso de descomposición FR/ DP/PV. **Como ilustración sigue Descomposición de FR2 y DP2.**

El FR2 (incrementar el valor agregado) y su correspondiente parámetro de diseño DP2 (diseño de un sistema integrado y flexible).

(FRs) Requerimientos funcionales

- 2.1 Generar la presión de aplicación requerida para etiquetar envases de sección elíptica / rectangular
- 2.2 Generar la presión de aplicación requerida para etiquetar envases cilíndricos
- 2.3 alimentar etiquetas a los módulos aplicadores
- 2.4 Imprimir sobre las etiquetas el codificado
- 2.5 alimentar / evacuar envases para los módulos aplicadores

- 2.6 coordinar los módulos individuales de la máquina para módulo dispensador de etiquetas
- 2.7 soportar físicamente las operaciones de la máquina

Parámetros de diseño (DPs)

Módulo aplicador de etiquetas sobre envases de sección elíptica / rectangular

Módulo aplicador de etiquetas por rotación

Módulo de manejo y transporte de envases

Módulo dispensador de etiquetas

Módulo codificador operando por el método hot stamping.

$$\begin{Bmatrix} FR_{2,1} \\ FR_{2,2} \\ FR_{2,3} \\ FR_{2,4} \\ FR_{2,5} \\ FR_{2,6} \\ FR_{2,7} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ X & X & X & X & X & X & 0 \\ X & X & X & X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{2,1} \\ DP_{2,1} \\ DP_{2,1} \\ DP_{2,1} \\ DP_{2,1} \\ DP_{2,1} \\ DP_{2,1} \end{Bmatrix}$$

Las restricciones asociadas a los FRs2x son:

Restricción	descripción	FRs2(x) afectadas:						
#		1	2	3	4	5	6	7
Especificaciones Críticas De Desempeño								
C2.1	Calidad de la aplicación de la etiqueta (evitar arrugas)	X	X	X		X	X	X
	Repetibilidad de la aplicación							
C2.2	(precisión en altura y ángulo de aplicación)	X	X	X		X		X
Restricciones Operacionales								
C2.3	Permitir interfaz flexible con el usuario						X	
C2.4	Permitir operación automatizada					X		

Restricciones Globales:								
C2.5	Minimizar costos (diseño, manufactura, operacionales, mantenimiento, etc.)	X	X	X	X	X	X	X
C2.6	Maximizar el throughput	X	X	X	X	X	X	
C2.7	No dañar etiquetas	X	X	X	X	X	X	X
C2.8	Maximizar la disponibilidad / confiabilidad	X	X	X	X	X	X	X
C2.9	Facilitar el acceso para mantenimiento	X	X	X	X	X	X	X
C2.10	Minimizar la cantidad y variedad de herramientas necesarias para su ajuste y calibración	X	X	X	X	X	X	X
C2.11	Ser amable con el usuario (ergonomía e interfaz de programación)						X	
C2.12	Estar en conformidad con los estándares industriales y de seguridad	X	X	X	X	X	X	X
C2.13	Integrar la máxima cantidad de tecnología existente (estandarización)	X	X	X	X	X	X	X

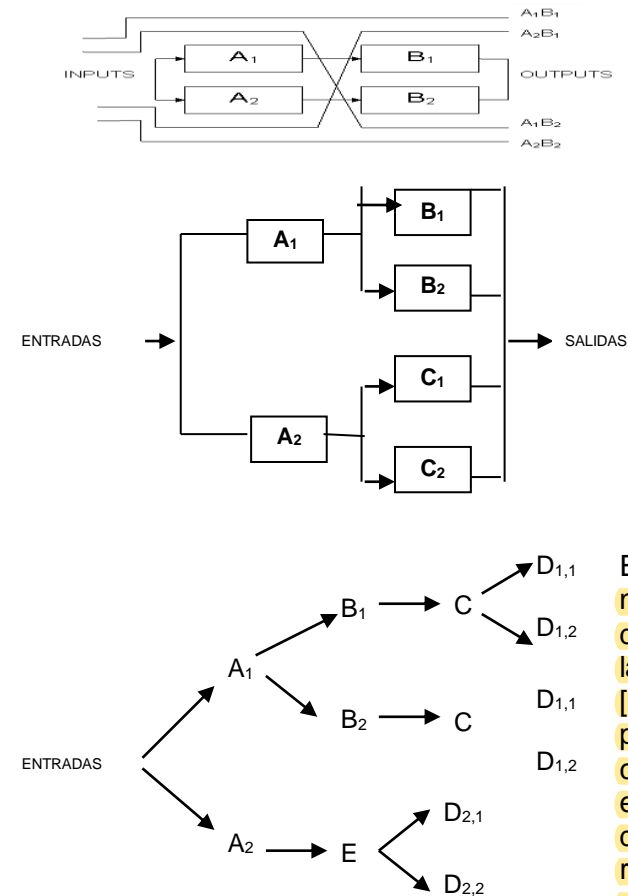
Procedimientos de Cualificación- Es evidente que el grupo interdisciplinar de desarrollo de producto y proceso (diseño-manufactura-calidad) es competente para generar el mejor plan de desarrollo del producto y de sus componentes en virtud del pleno dominio y despliegue sistemático sobre las especificaciones generales de calidad y los atributos individuales de cada componente, aplicando metodologías como: Causa-Efecto, Análisis Pareto, Análisis Modal de Fallo, Diseño Axiomático, Función Desplegada de Calidad, Diseño Robusto, Análisis orientado a Proceso, Diseño de Experimentos, entre otras. Ahora bien, Este dominio de la calidad en el diseño del producto y del proceso se sintetiza en algunos postulados orientados a: Qué debería ser medido, Cómo sería medido, Dónde sería medido, Quién debería medir, Cuántas veces debería ser medido cada uno los diferentes parámetros y características individuales de calidad; respondiendo así a la estructuración del sistema de calidad con herramientas estadísticas -SPC, Cpk, Cpm, Cartas de Control y R&R y poder garantizar conformidad del producto con la Voz del usuario final y eliminar el inoficioso proceso manual de la inspección y/supervisión expost

Cuarto Planteamiento: Despliegue del Ciclo DIPP

Es anotar lo complejo que entraña pasar de la rutina secuencial a las combinaciones paralelas y convergentes de las diversas etapas indispensables para acometer el ciclo de

vida de un producto y de un proceso con el enfoque integrador que sugiere el DIPP. En este nuevo escenario predominan estructuras de flujos desbalanceados en tiempo-espacio por el costumbrismo arraigado de la ingeniería del ensayo y del error acumulativo y de la gestión tipo Muro (desconexión entre las distintas etapas y las personas por el predominio de arquitecturas verticales y compartimentadas en la organización y la dirección del trabajo de diseño y desarrollo de productos y procesos)

Se esquematizan a continuación estructuras de flujo durante el adelanto de proyectos de investigación en el Grupo DIMA UN a fin de compartir los retos y dificultades que aún debemos superar para poder crecer en la cultura interdisciplinar y convergente que motiva el método DIP de innovación y desarrollo tecnológico de producto y proceso



Con este esquema se ha explorado la combinación de etapas en paralelo y convergentes hacia salidas secuenciadas de resultados de diversas etapas de desarrollo del proyecto

En otros casos ha sido interesante poder avanzar en la organización de un proyecto de investigación con una estructura compleja en paralelo del tipo [2] y procurando una sincronización y balanceo del cumplimiento y logro de resultados

Es prudente denotar que lo dominante, en nuestra experiencia DIMA UN de adelanto de proyectos orientados hacia el cambio y la innovación tecnológica, es la estructura [3] , [4] de perfil desbalanceado porque se presentan asimetrías en la cantidad y la calidad de ejecución del trabajo realizado en los diferentes estaciones y grupos de desarrollo, asintonía evidente en los ramales superior e inferior de los diagramas 3,4, todo lo cual genera cierto desajuste en el ritmo que requiere el despliegue equilibrado del DIPP

Por otra parte, es definitivo plantear cómo lograr garantizar viabilidad del flujo sostenido DIPP mediante la exploración y la clara determinación de los factores/causas fundamentales del diseño y calidad de producto y de proceso utilizando diversas metodicas de modelamiento como el diseño de experimentos, el diseño robusto, el análisis orientado al proceso y al producto, entre otras.

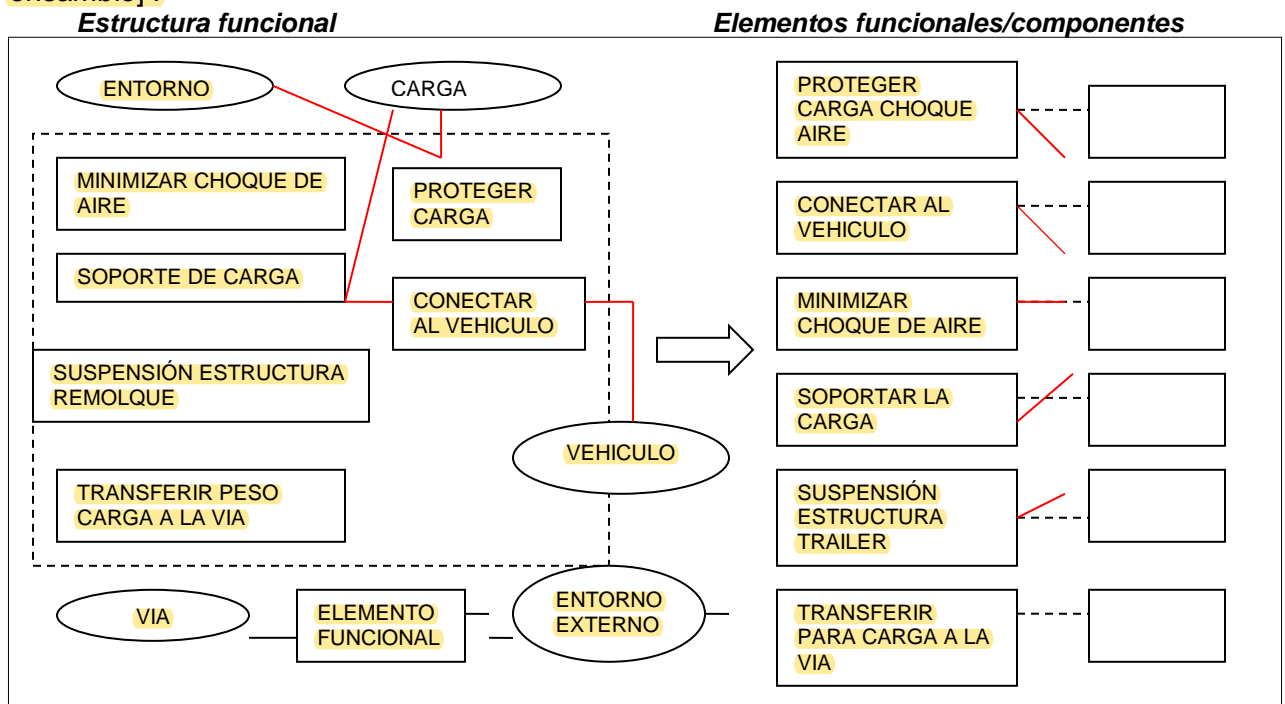
Además, en el cambiante escenario por el que transita cualquier proyecto DIPP la adopción de una metodica horizontal y ágil contribuye de manera sustantiva para la toma de decisiones mediante la identificación oportuna de problemas y, de esta manera, brindar un nivel de eficiencia y fiabilidad de respuesta de la estructura de flujo adoptada para el despliegue del ciclo DIPP. En este ambiente de prevención de problemas y corrección de errores pueden destacarse procedimientos como: la toma sistemática de

datos de eventos inapropiados que son categorizados por su frecuencia de aparición, la cuantificación sumarial de costos implicados en la revisión y la repetición de actividades pero acompañada del impacto financiero inducido para poder conducir el mejoramiento y el cumplimiento satisfactorio de las metas y los requerimientos establecidos en el proyecto de desarrollo de producto y proceso.

En este campo de la prevención del surgimiento de problemas inesperados durante el ciclo DIPP surte especial contribución métodos de la ingeniería concurrente como el Diagrama Causa-Efecto del profesor Kouru Ishikawa (Tokyo University), el Análisis Modal de Fallo (AMEF), las Cartas de Corridas o Curvas de Aprendizaje de los proyectos exitosos y no exitosos, con lo cual se asimila una cultura de sostenido crecimiento en el proceso de innovación y desarrollo

Quinto Planteamiento: Una Mirada desde la Arquitectura del Producto

Reviste actualizado interés retomar postulados básicos que ha formulado el profesor Kart Ulrich (MIT) para estudiar la arquitectura del producto desde varios ángulos como el esquema integrador de las funciones del producto que son asignadas a sus componentes físicos, complementado con el correspondiente mapeo o contraste entre funciones [lo que puede realizar el producto en relación con sus características físicas] y los componentes físicos y, además, reseñando la respectiva especificación de las interfaces o conectividades (denotan intercambio de señales, datos, fuerzas, materiales, energía) entre los diferentes componentes físicos [es el dominio físicamente separable o sub-ensamblable] .



Esquema de Arquitectura de un producto con su estructura funcional, mapeo y conectividad

Otro aspecto importante es la Topología de la arquitectura del producto puesto que permite focalizar sus implicaciones en el diseño y el desempeño tecnológico y económico de la manufactura. Hace distinción entre la arquitectura de tipo Modular y de género Integral. Permite que para el caso Modular predomine un mapeo cohesionado y fuerte relación Uno a Uno de los elementos funcionales con sus correspondientes componentes físicos y haya también presencia de interfaces conectivas desacopladas (De-coupled) y acopladas (Coupled); mientras que para el segundo rasgo prevalezca más bien el

mapeo complejo (No uno a uno) entre los elementos funcionales y los componentes físicos pero con interfaces acopladas entre dichos componentes físicos.

La topología modular y/o integral del producto contribuye a diferenciar el desempeño de sus elementos funcionales con un enfoque local en cuanto a la calidad de sus atributos técnicos y/o tecnológicos, y también con una mirada global en relación con el entorno en cuanto a masa, consumo de energía, espacio ocupado, forma, tamaño, ergonomía e impacto ambiental, entre otros rasgos de sostenibilidad del producto y del proceso

Además, la categoría de arquitectura de producto es fundamental para responder al requerimiento de variedad de diseños que hoy predomina en la diversa gama de demandas del usuario final y la cual debe estar soportada por la capacidad de flexibilidad tecnológica de fabricarlos con la calidad demandada y de manera económica y sostenible.

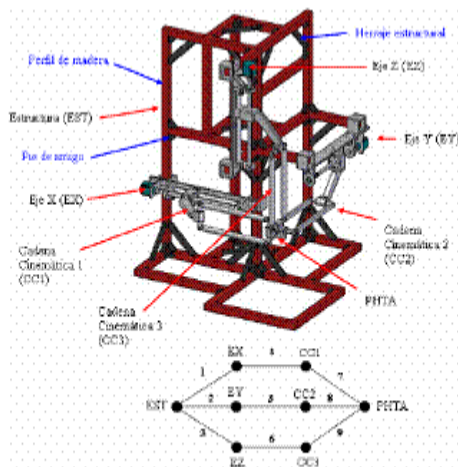
Por otra parte, la arquitectura del producto tiene implicaciones directas sobre la efectividad en varias fases del ciclo DIPP, en especial durante las fases de **Desarrollo Conceptual-Diseño Sistémico-Diseño Detallado- Pruebas funcionales y Refinamiento**.

La primera fase de conceptualización involucra la escogencia, entre varias alternativas, y apropiación de principios físicos y teóricos para satisfacer operatividad de los elementos funcionales preseleccionados; así como la definición del conjunto de rasgos y atributos de desempeño según requerimiento y satisfacción del usuario final, además de ofrecer un acercamiento a la variante de arquitectura preseleccionada del producto y el correspondiente nivel de tecnología del proceso.

La segunda fase referida al diseño sistémico tiene especial énfasis en la arquitectura modular, antes que en la arquitectura integral, puesto que debe ser cuidadosa la definición de las interfases y protocolos estándar de conectividad entre los diversos componentes y garantizarse la adecuada correspondencia entre la especificación de calidad de desempeño funcional de cada componente. El diseño de los componentes modulares-subensambles regularmente ha sido asignado a especialistas liderados por un director con enfoque flexible y grupal. En el caso de la arquitectura integral esta segunda fase del diseño sistémico demanda comparativamente menos esfuerzo ya que el enfoque mayor se da en la definición de claros parámetros de desempeño de todo el sistema y de su división en pocos subconjuntos integrados, estos subsistemas regularmente son asignados a equipo multidisciplinar que comparte la responsabilidad de diseño de los diversos componentes con un líder de grupo que actúa como integrador del sistema.

La tercera etapa, relacionada con el diseño en detalle, es adelantada para la arquitectura modular de manera casi independiente para cada componente pero haciendo estricto seguimiento de su decurso y monitoreando los parámetros de desempeño y los rasgos de conectividad de las especificaciones de las interfaces entre los diversos módulos. Por el lado de la arquitectura integral esta tercera etapa se orienta el diseño detallado de los subsistemas mediante el análisis de su desempeño y caracterizando las interfaces de acoplamiento entre los distintos componentes. Los componentes no son evaluados en forma separada sino integrándolos en subsistemas ensamblados y verificándolos como un todo.

La cuarta fase, referida a la evaluación (testing) y refinamiento, para el evento de la arquitectura modular se proyecta a la detección de imprevistas interacciones entre los componentes que son normalmente localizadas por los cambios en uno o dos componentes; mientras que en el



caso de la arquitectura paralela esta fase se caracteriza por ser una actividad de sintonía que demanda mayor tiempo debido a que la alteración del adecuado desempeño es afectado por la variación en muchos componentes del sistema.

Sexto Planteamiento: La variable de la Manufactura en el ciclo DIPP

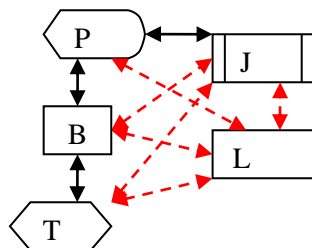
En el transcurso del ciclo DIPP es vital la variable de la manufactura en lo que respecta al grado de flexibilidad y rapidez con que se puede responder a los incesantes e intensivos cambios para brindar nuevos productos, procesos y servicios requeridos por los usuarios finales. Esta capacidad dinámica de mutación de los sistemas de manufactura, producción y servicios, frente a los continuos cambios endógenos y del entorno ha configurado la categoría tecnológica conocida como Flexibilidad en cuanto a rasgos de: la arquitectura física (equipos-tecnologías duras-locaciones), la red soporte de información disponible (tradicional o informatizada con TIC-tecnologías de información y comunicación), el nivel de organización y gestión del negocio (vertical, compartimentada y rígida, o plana, versátil y vinculante). La flexibilidad tecnológica manifiesta trazos de su perfil a través de la estrategia de la Modularidad Tecnológica, o tecnología modular

La producción modular focalizada consigue destacada eficiencia en virtud de la capacidad de aprendizaje (es productividad y flexibilidad al largo termino) durante la producción de diversas referencias – familia de productos- y de esta forma opera de manera versátil como la estructura tipo taller [Job Shop] al fabricar diferentes lotes o grupos de la familia de partes; pero también se manifiesta eficiente y produce a bajo costo como es distintivo para la producción masiva-especializada y en línea. Estos atributos de eficiencia son fruto de la focalización que tienen los actores y los procesos para responder adecuadamente por la manufactura diversificada y de calidad. La cualidad de focalización se manifiesta en virtud del tamaño apropiado – no excesivo ni enredado – de las plantas modulares que involucran y comprometen de manera sensible a todos los actores y potencian los factores productivos, pues hay conocimiento directo entre todos los implicados y por ello surge motivación para apoyo de complementariedad orgánica y contribuyen a recursividad dinámica frente a cualquier contingencia o fallo durante el proceso productivo. Todo ello redunda en calidad, economía de recursos, eficiencia competitiva.

John Nicolas, reseña algunos esquemas de factorías focalizadas a partir de experiencias industriales en USA. Se destacan las siguientes distribuciones en planta – layouts: focused flow lines – workcells – focused workcenters.

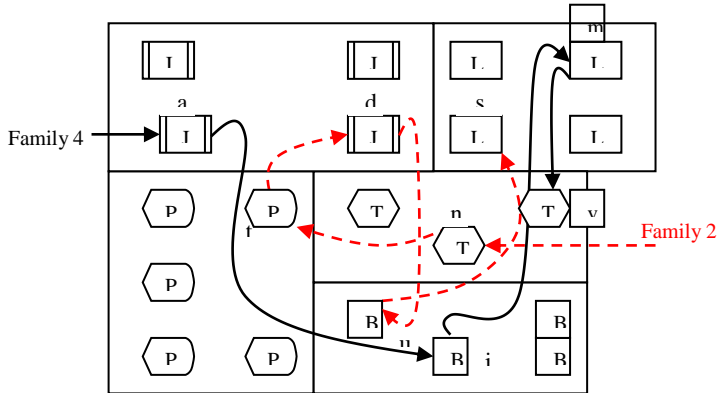
La gráfica muestra dos líneas de producción “semiflexibles” para dos familias de productos.

Celda de manufactura. OMNIDIRECCIONAL.



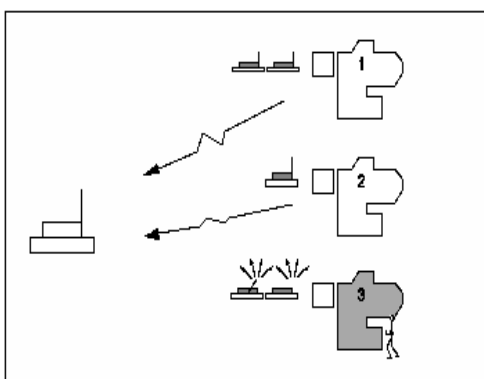
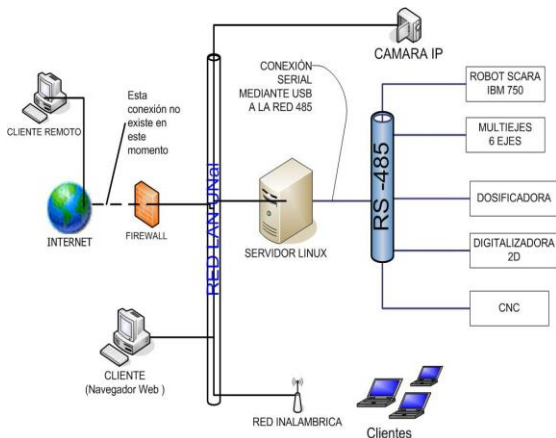
En la gráfica se distingue la composición cambiante de rutas de proceso que son más versátiles y flexibles porque tienen la posibilidad de producir cualquier referencia de productos que requieran variadas combinaciones de operaciones y de secuencias de manufactura. Esta elevada flexibilidad operativa y de rutas tecnológicas surge porque tiene capacidad de enrutamiento múltiple productivo – omnidireccional- Es útil para fabricación prototipos con nuevos diseños

Centros Focalizados de Manufactura



El arreglo focalizado tipo workcenter también es rentable y práctico cuando la mezcla de productos es muy cambiante y los equipos/máquinas son incómodos de trasladar de un lugar a otro. Esta variante es de especial importancia para fabricación de prototipos sin afectar programación ordinaria de la producción en planta

La tecnología modular se fundamenta en despliegue del ciclo DIPP a la medida de los requerimientos del usuario y del entorno (mass customization) para lo cual contribuye la creciente aplicación de las nuevas tecnologías basadas en el prototipado virtual de productos y procesos, además de la configuración de arquitecturas flexibles productivas basadas en la manufactura celular y/o focalizadas. En esta dirección es oportuno resaltar el proyecto Interconecta, financiado por la DIB, "monitoreo y Supervisión de Celda de Manufactura " y el proyecto RENATA financiado por Colciencias "Accesibilidad a las celdas de manufactura flexible automatizada a través de la Red Nacional Renata y Red Internacional CLARA para controlar su estado y funcionamiento" en asociatividad de Universidad de los Andes, Universidad Autónoma de Occidente, ÍTEMS (México), Robotica ID, Universidad Nacional de Colombia que actualmente el grupo DIMA ha encaminado estructurar la red flexible de capacidades y saberes para acometer el reto de modelar, simular y desarrollar productos y proceso con enfoque Spin Off prototipos tecnológicos creados y dispuestos por la Universidad hacia el sector productivo. En la composición grafica inferior se relaciona la arquitectura de la red para la supervisión por medio de Internet y la celda de manufactura flexible (Laboratorio de Mecatrónica) en desarrollo de estos proyecto



Comentario final respecto a la simetría biunívoca entre producto y proceso, o manufactura y diseño, puesto que hay cierta tendencia subjetiva, por lo menos, en la academia por la pretensión

dicotómica de hacer prevalecer el producto respecto al proceso, olvidando el hilo conductor de estas dos grandes esferas denominadas por algunos como "Creatividad y Creación" y así responder /Lograr/obtener/realizar/cumplir con la satisfacción plena de una FUNCION de UTILIDAD, de la idea y del concepto llegar a la traducción real de requerimientos especificados por el usuario final.

Bibliografía

- Suh,N,P, Axiomatic Design, Oxford University Press, 2001
- Meyer,U; Creux, S, Process Oriented Analysis, Taylor& Francis, 2007
- Revelle, J.B., Manufacturing handbook of best practices, CRC PRESS, 2002
- Nicholas, J, Soni, A, The portal to lean production, Taylor &Francis, 2006
- Manufacturing Rhyder, R, Process Desing and Optimization, Marcel Dekker, 1997
- Ulrich,k; The role of product architecture in the manufacturing firm,, Elsevier Science 1995
- Bi,Z.; Zhang, W; Modularity Technology in manufacturing, International Journal of Advanced Manufacturing Technology,2001
- Patente US 2006/0064288, System and Method of interactive design of a product
- Garcia, J.A. Tecnología CNC aplicada en Ruteadora Experimental con Arquitectura Paralela, 2006
- Diaz, E. A., Metodología de diseño Axiomático y DFMA aplicada al diseño de una máquina Etiqueteadora Automática, 2007
- Corredor, J.A, Interconexión y supervisión remota por medio de Internet de una celda de manufactura flexible"
- Proyecto RENATA "Accesibilidad a las celdas de manufactura flexible automatizadas a través de la Red Nacional RENATA y Red Internacional CLARA Para control su estado y funcionamiento" COLCIENCIAS, ITESM, UNIANDES, UAO, ROBOTICA ID, U. Nacional de Colombia, 2008