

Gestión de proyectos de desarrollo de sistemas complejos

Prof. Steven D. Eppinger

Instituto Tecnológico de Massachusetts

Escuela de Negocios Sloan

Departamento de ingeniería de sistemas

Programa "Leaders for Manufacturing"

Programa "System Design and Management"



©2002 Steven D. Eppinger

<http://web.mit.edu/dsm>

Esquema de la clase

- **Motivación: estructura de gestión de proyectos**
 - Ingeniería concurrente a gran escala
- **Matriz de la estructura de diseño (MED)**
 - Modelado del flujo de información
 - Matrices de estructura de diseño basadas en tareas
 - Análisis secuencial
 - Ejemplo: desarrollo de un semiconductor
- **Gestión de interacciones de diseño**
 - Resolución rápida de cuestiones acopladas
 - Ejemplo: clúster de instrumentos
- **Integración de sistemas**
 - Matrices de estructura de diseño basadas en organizaciones
 - Matrices de estructura de diseño basadas en arquitectura de sistemas
 - Ejemplo: desarrollo de un motor
- **Sitio web de la matriz de la estructura de diseño**

Empresas patrocinadoras y empleadas en los ejemplos

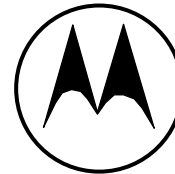
DELPHI



intel

ABB

VOLVO AERO



FIAT



ITT Industries

Ingeniería concurrente *a pequeña escala*

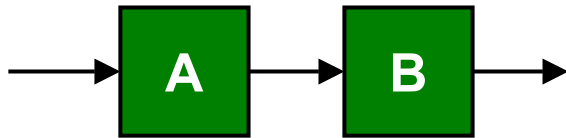
- **Proyectos realizados por equipos multidisciplinares (de 5 a 20 personas).**
- **Los equipos emplean recursos de comunicación técnica de banda ancha.**
- **Se busca el equilibrio mediante el entendimiento mutuo.**
- **Las cuestiones relativas a “diseño y producción” se analizan de forma simultánea.**

Ingeniería concurrente *a gran escala*

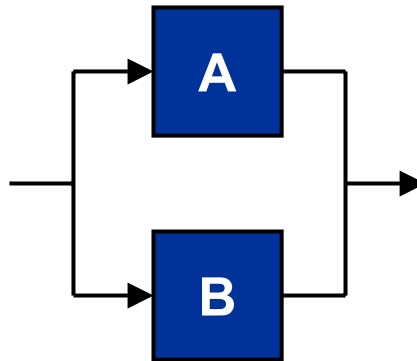
- **Proyectos de gran envergadura organizados en base a una red de equipos (de 100 a 1000 personas).**
- **Estos proyectos se descomponen en varios proyectos de menor tamaño.**
- **Los grandes proyectos implican actividades de desarrollo dispersas por diversas ubicaciones.**
- **El principal reto consiste en integrar las distintas partes en una solución *sistemática*.**
- **Las necesidades de integración dependen de las interacciones técnicas entre los problemas subdivididos.**

Secuencias de tareas en proyectos

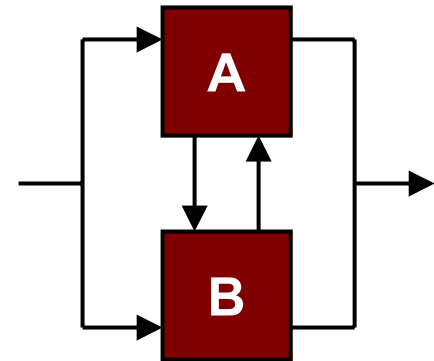
Tres posibilidades de secuencias para dos tareas



**Dependientes
(En serie)**

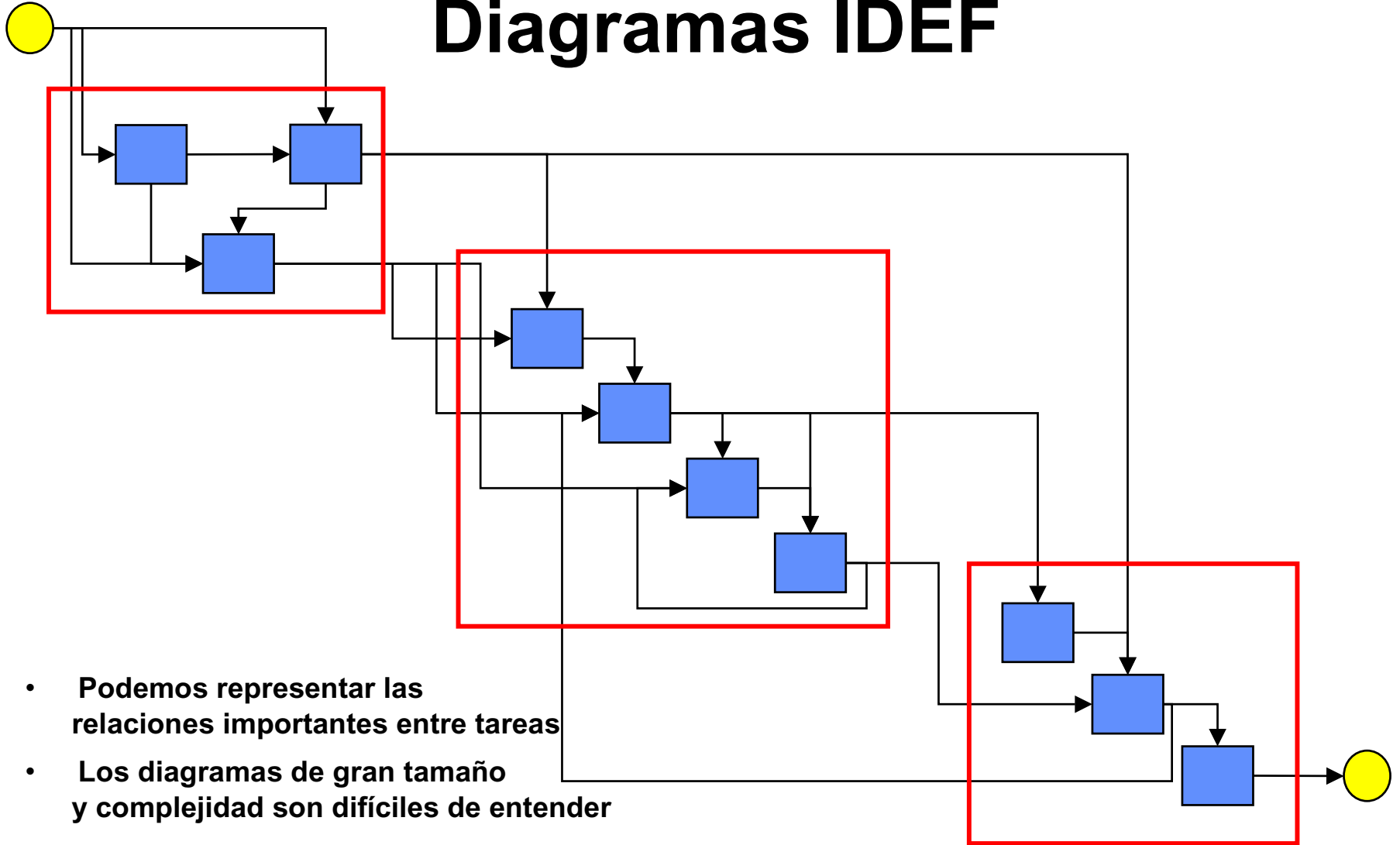


**Independientes
(Paralelas)**



**Interdependientes
(Acopladas)**

Diagramas IDEF



- Podemos representar las relaciones importantes entre tareas
- Los diagramas de gran tamaño y complejidad son difíciles de entender

Matriz de la estructura de diseño

Un modelo de intercambio de información

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	•		X									
B		•										
C		X	•									
D				•	X	X						X
E					•	X		X			X	
F		X				•			X			X
G		X					•				X	
H	X			X				•	X		X	
I			X			X			•	X		
J		X	X							•	X	X
K		X	X								•	
L	X								X	X	X	•

Interpretación:

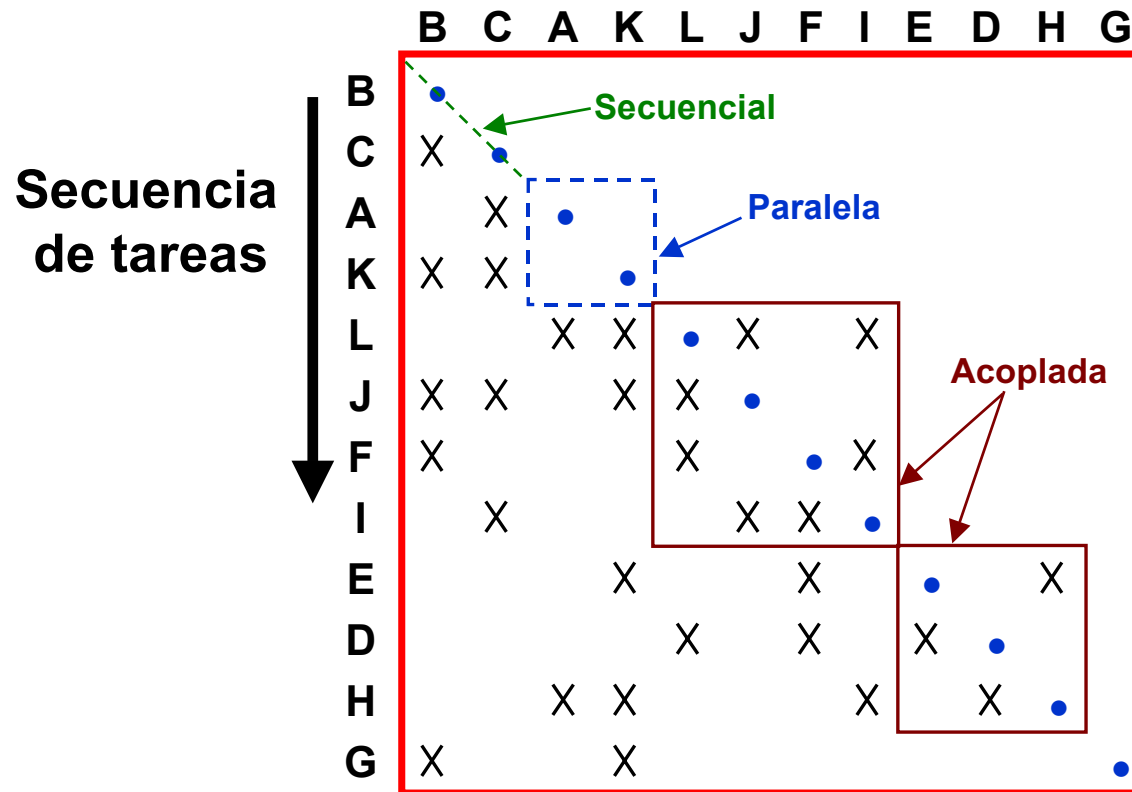
- La tarea D requiere información de las tareas E, F y L.
- La tarea B transfiere información a las tareas C, F, G, J, y K.

Nota:

- Los flujos de información son más fáciles de captar que los de trabajo.
- Las entradas de datos son más fáciles de captar que las salidas.

Matriz de la estructura de diseño

(Por partes, o por secuencias)



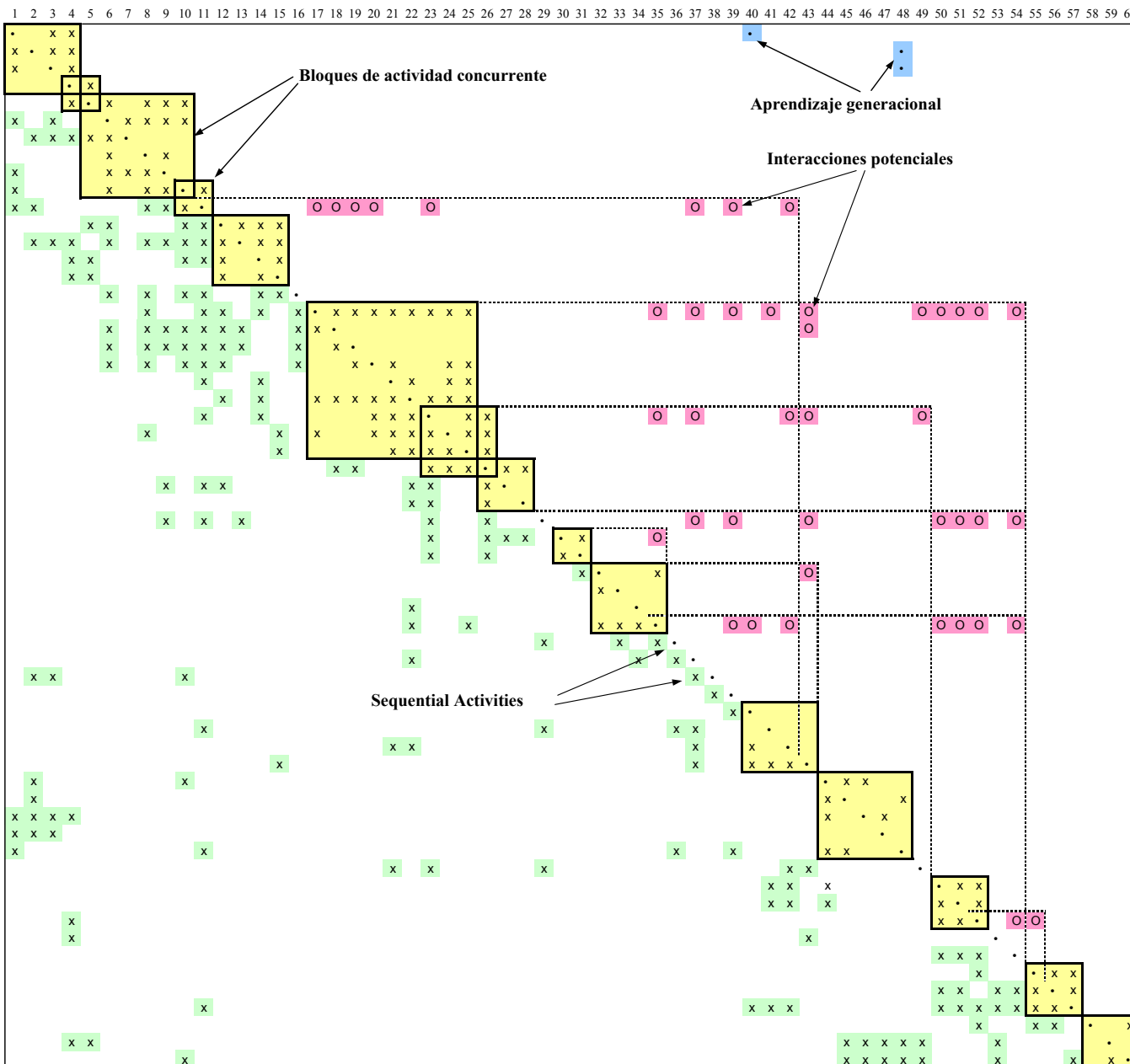
Nota:

Las tareas acopladas se pueden identificar específicamente.

La apariencia de la matriz se puede manipular para resaltar determinadas características del flujo del proceso.

Ejemplo de desarrollo de semiconductor

- 1 Set customer target
- 2 Estimate sales volumes
- 3 Establish pricing direction
- 4 Schedule project timeline
- 5 Development methods
- 6 Macro targets/constraints
- 7 Financial analysis
- 8 Develop program map
- 9 Create initial QFD matrix
- 10 Set technical requirements
- 11 Write customer specification
- 12 High-level modeling
- 13 Write target specification
- 14 Develop test plan
- 15 Develop validation plan
- 16 Build base prototype
- 17 Functional modeling
- 18 Develop product modules
- 19 Lay out integration
- 20 Integration modeling
- 21 Random testing
- 22 Develop test parameters
- 23 Finalize schematics
- 24 Validation simulation
- 25 Reliability modeling
- 26 Complete product layout
- 27 Continuity verification
- 28 Design rule check
- 29 Design package
- 30 Generate masks
- 31 Verify masks in fab
- 32 Run wafers
- 33 Sort wafers
- 34 Create test programs
- 35 Debug products
- 36 Package products
- 37 Functionality testing
- 38 Send samples to customers
- 39 Feedback from customers
- 40 Verify sample functionality
- 41 Approve packaged products
- 42 Environmental validation
- 43 Complete product validation
- 44 Develop tech. publications
- 45 Develop service courses
- 46 Determine marketing name
- 47 Licensing strategy
- 48 Create demonstration
- 49 Confirm quality goals
- 50 Life testing
- 51 Infant mortality testing
- 52 Mfg. process stabilization
- 53 Develop field support plan
- 54 Thermal testing
- 55 Confirm process standards
- 56 Confirm package standards
- 57 Final certification
- 58 Volume production
- 59 Prepare distribution network
- 60 Deliver product to customers



x = Information Flows [Yellow Box] = Planned Iterations o = Unplanned Iterations • = Generational Learning

Creación de un modelo de matriz de estructura de diseño basado en tareas

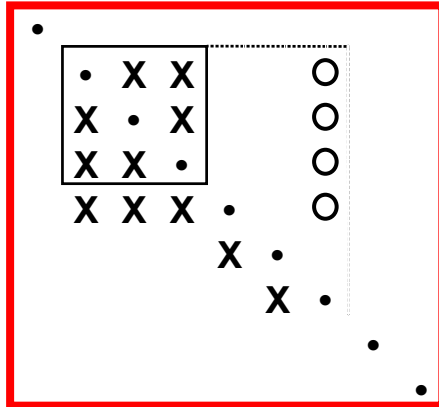
1. Seleccione el proceso o subproceso que vaya a modelar.
2. Identifique las tareas del proceso, a la persona responsable de cada una y a los resultados creados para cada una.
3. Diseñe la matriz cuadrada que comprenda las tareas en su orden de ejecución nominal.
4. Consulte a los expertos en el proceso acerca de los datos introducidos para cada tarea.
5. Señale con marcas los datos introducidos para cada tarea.
6. Opcional: analice el modelo de MED disponiendo de nuevo las tareas por secuencias y proponiendo un nuevo proceso.
7. Enmarque con casillas de trazo continuo las tareas acopladas que representen las iteraciones planificadas.
8. Enmarque con casillas sombreadas los grupos de tareas paralelas (no acopladas).
9. Resalte las iteraciones no planificadas.

Iteración de diseño

- **El desarrollo del producto es fundamentalmente iterativo; si bien las iteraciones se hallan ocultas.**
- **La iteración consiste en la repetición de tareas a causa de la disponibilidad de nueva información.**
 - cambios en los datos de entrada (en sentido ascendente)
 - actualización de presunciones compartidas (concurrentes)
 - detección de errores (en sentido descendente)
- **Las actividades de ingeniería se repiten para mejorar la calidad del producto y/o reducir costes.**
- **Comprender las iteraciones y acelerarlas requiere:**
 - visibilidad de los flujos de datos iterativos
 - comprensión del acoplamiento del proceso inherente

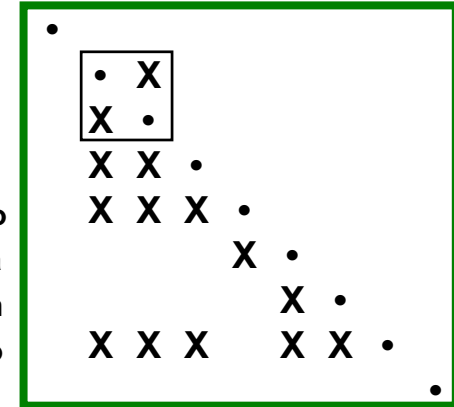
Desarrollo de clúster de instrumentos

Delco



Diseño del envoltorio
Diseño del cableado
Detalles de iluminación
Utillaje
Prototipo en material duro
Prueba

Proveedor



Diseño del envoltorio
Detalles de iluminación
Diseño del cableado
Prototipo en material blando
Prueba
Revisión
Utillaje en material duro

Proceso de diseño más lento

Varias iteraciones planificadas
Generalmente una iteración no planificada

Proceso de diseño más rápido

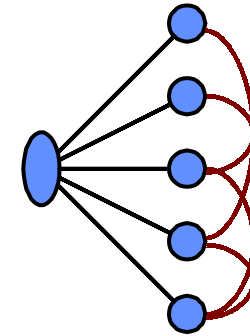
Menos iteraciones planificadas
Ciclo de revisión planificado
Sin iteraciones no planificadas

Repaso: iteración

- **El desarrollo es iterativo por definición.**
- **Es esencial comprender el concepto de acoplamiento.**
- **No todo lo relacionado con la ingeniería concurrente tiene que ser necesariamente concurrente.**
- **La iteración permite una mejora de la calidad.**
- **La iteración puede acelerarse mediante:**
 - los recursos informáticos (iteraciones más rápidas)
 - técnicas de coordinación (iteraciones más rápidas)
 - acoplamiento reducido (menor número de iteraciones)
- **Existen dos tipos básicos de iteración**
 - iteraciones planificadas (acertar a la primera)
 - iteraciones no planificadas (arreglar lo que no es acertado)

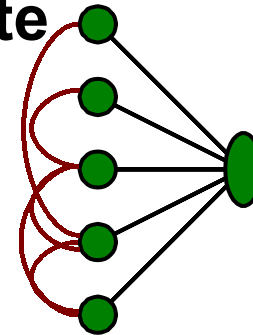
Descomposición, arquitectura e integración

La descomposición es el proceso de dividir un sistema complejo en subsistemas y/o componentes.



La arquitectura del sistema es el conjunto de interacciones resultante entre los componentes.

La integración es el proceso de combinar los subsistemas para obtener una solución global.



Las necesidades de integración del sistema vienen dadas por la descomposición elegida y por la arquitectura resultante de ella.

Para planificar la integración es preciso diseñar la estructura de las interacciones.

Aplicación empresarial de la MED: desarrollo de un motor

- Lugar: dpto. de trenes de potencia de General Motors
- Producto: motor "de nueva generación"
- Estructura: 22 equipos de desarrollo (PDT) trabajando a la vez

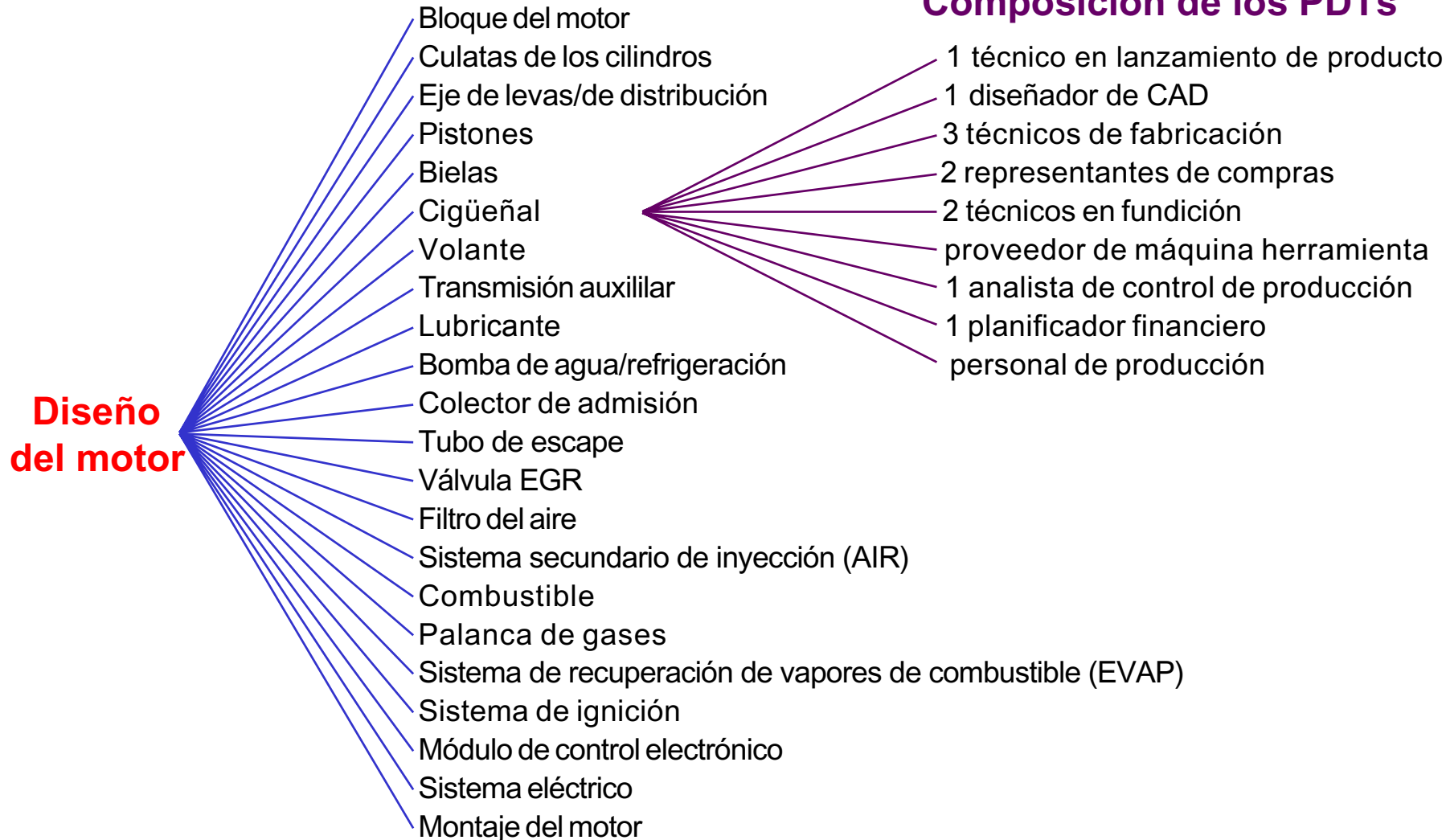


GM

Descomposición del motor: proyecto de desarrollo

22 PDTs

Composición de los PDTs



Interacciones entre los equipos de desarrollo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
Bloque del motor A	A	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Culatas de los cilindros B	•	B	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Eje de levas/de distribución C	•	•	C	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Pistones D	•	•	•	D	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Bielas E	•	•	•	•	E	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Cigüeñal F	•	•	•	•	•	F	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Volante G	•	•	•	•	•	•	G	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Transmisión auxiliar H	•	•	•	•	•	•	•	H	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Lubricación I	•	•	•	•	•	•	•	•	I	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Bomba de agua/refrigeración J	•	•	•	•	•	•	•	•	•	J	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Colector de admisión K	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	K	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Tubo de escape L	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	L	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
E.G.R. M	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	M	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Filtro del aire N	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	N	•	•	•	•	•	•	•	•	•
A.I.R. O	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	O	•	•	•	•	•	•	•	•
Combustible P	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	P	•	•	•	•	•	•	•
Palanca de gases Q	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Q	•	•	•	•	•	•
EVAP R	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	R	•	•	•	•	•
Ignición S	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	S	•	•	•	•
E.C.M. T	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	T	•	•
Sistema eléctrico U	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	U
Montaje del motor V	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	V

Frecuencia de las interacciones
 • Diaria • Semanal • Mensual

Distribución de tareas por equipos

Bloque principal

Bloque del motor	Pistones
Cigüeñal	Bielas
Volante	Lubricación

Arbol de levas

Culatas de los cilindros
Eje de levas/de distribución
Bomba de agua/Refrigeración

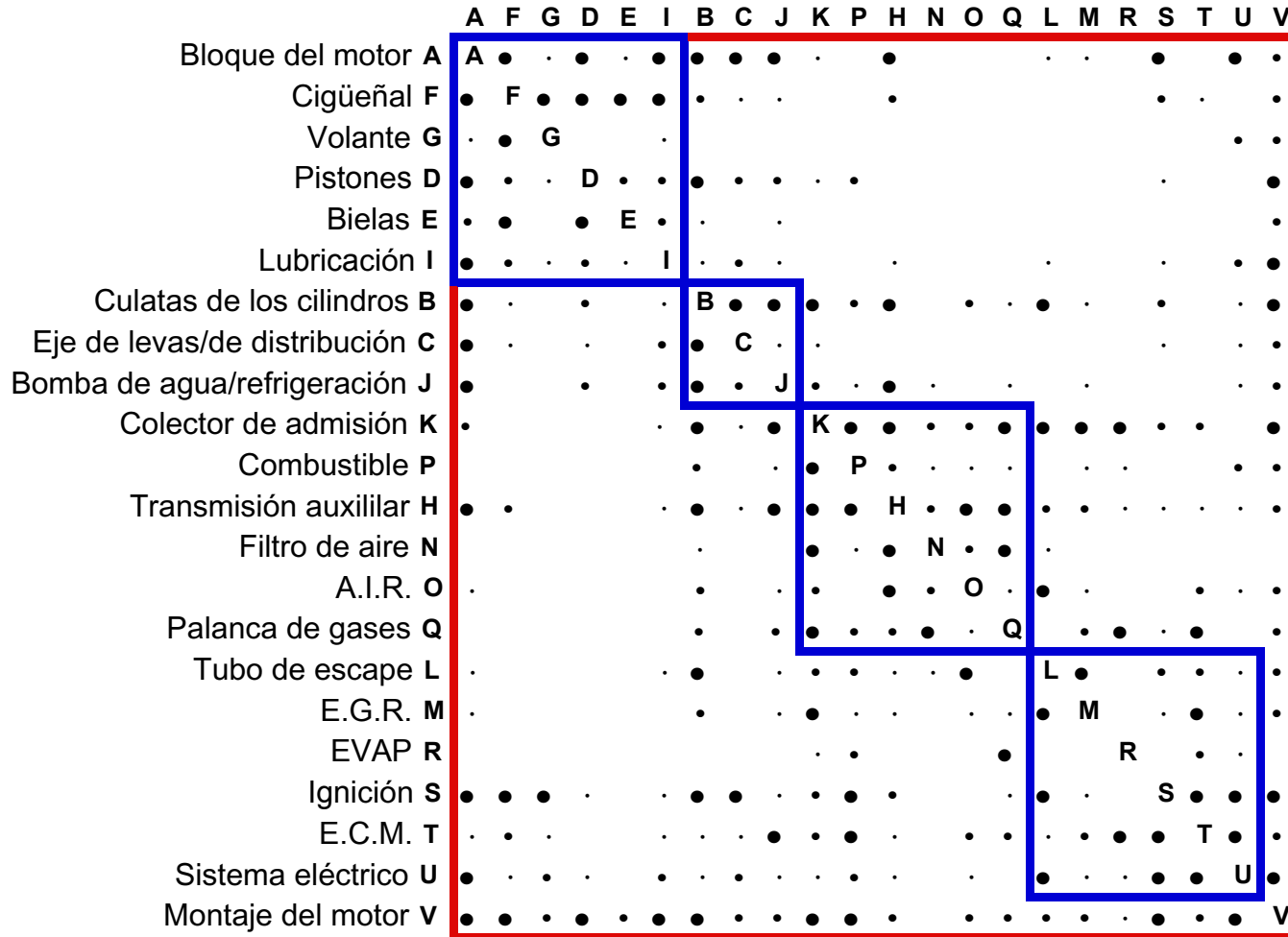
Inducción

Colector de admisión	Filtro del aire
Transmisión auxiliar	Palanca de gases
Combustible	A.I.R.

Emisiones/Electricidad

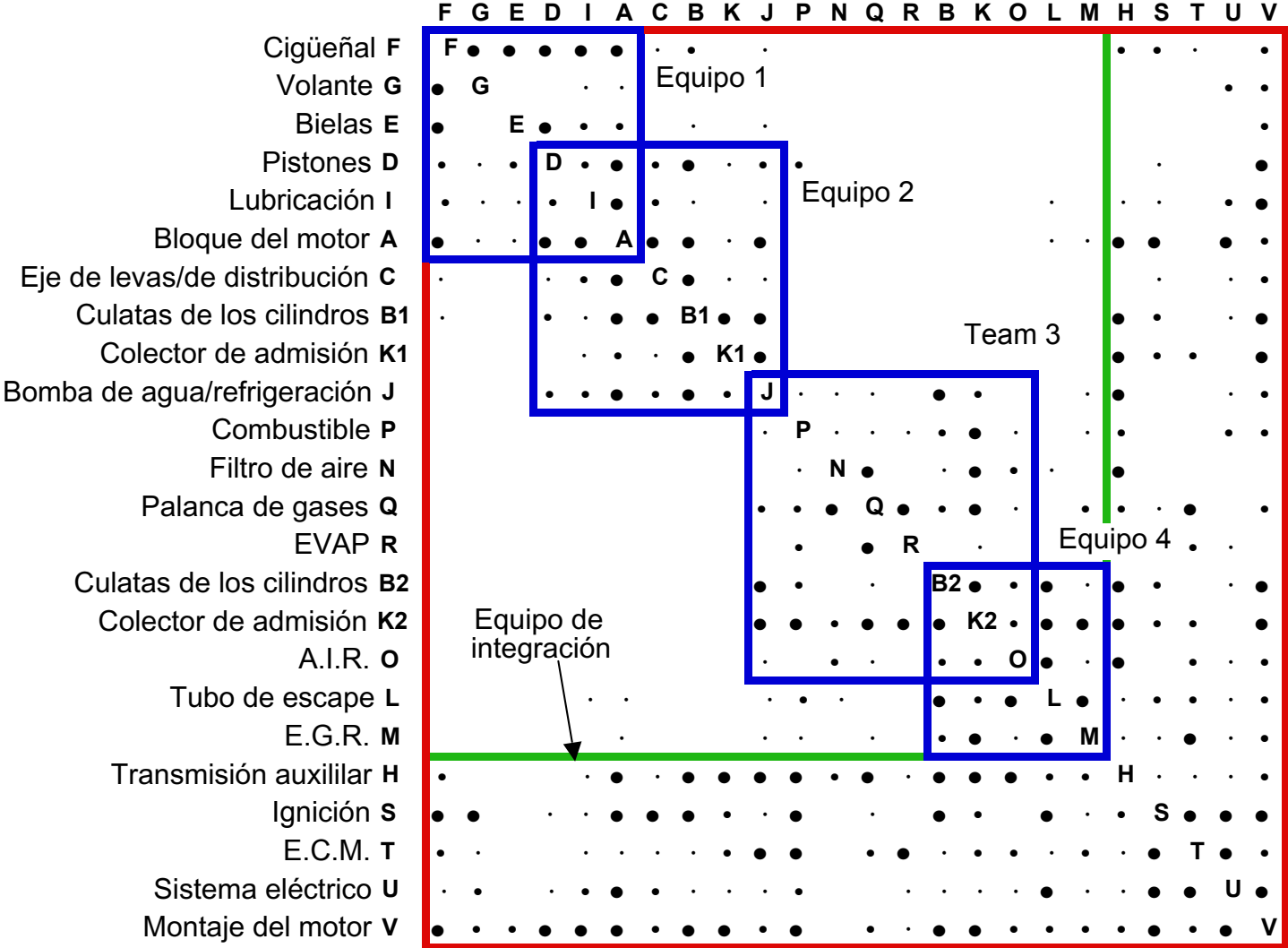
Tubo de escape	Sistema eléctrico
E.G.R.	Control electrónico
E.V.A.P.	Ignición

Equipos actuales

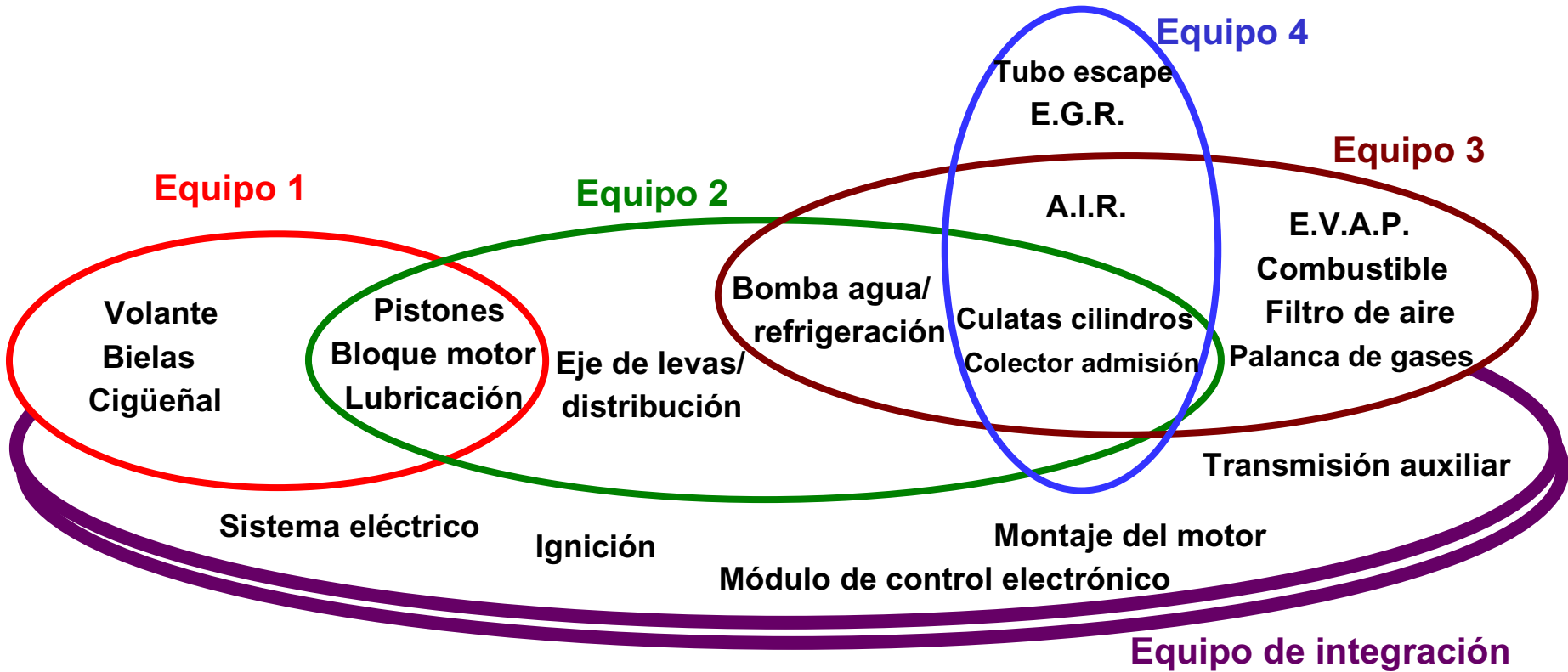


Frecuencia de las interacciones
 • Diaria • Semanal • Mensual

Equipos propuestos



Frecuencia de las interacciones
 • Diaria • Semanal • Mensual



Sistema de asignación de tareas a equipos de desarrollo

Repaso: integración

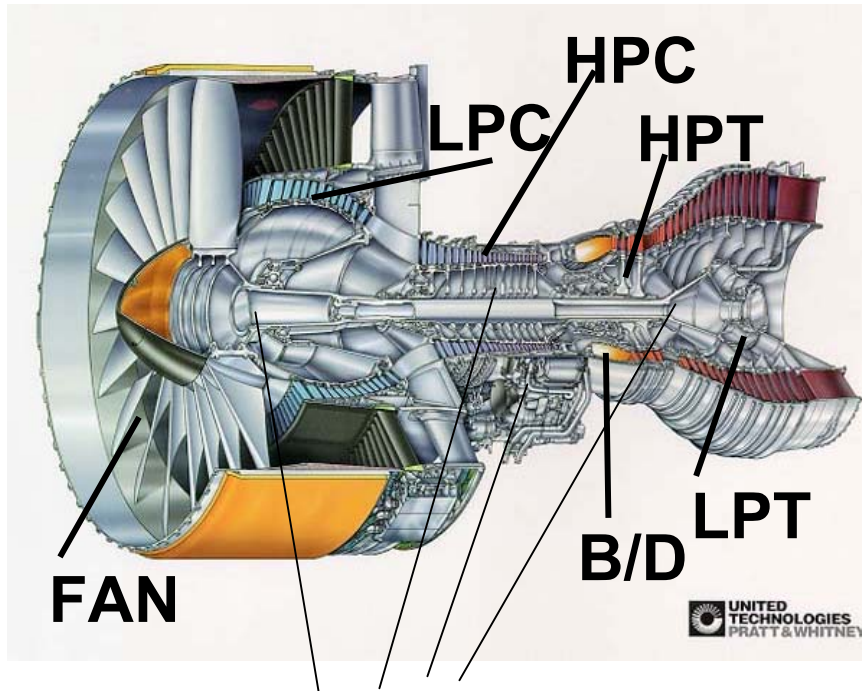
- **Los proyectos amplios de desarrollo exigen realizar actividades diversas de modo paralelo.**
- **Es preciso integrar los distintos subsistemas para obtener una solución en forma de sistema global.**
- **El análisis de la relación de dependencia de los datos permite conocer la estructura subyacente a la ingeniería de sistemas.**
- **Las organizaciones se pueden "diseñar" tomando como base esta estructura.**

Ejemplo de arquitectura de sistema: motor a reacción P&W 4098

- 9 sistemas
- 54 componentes
- 569 interfaces

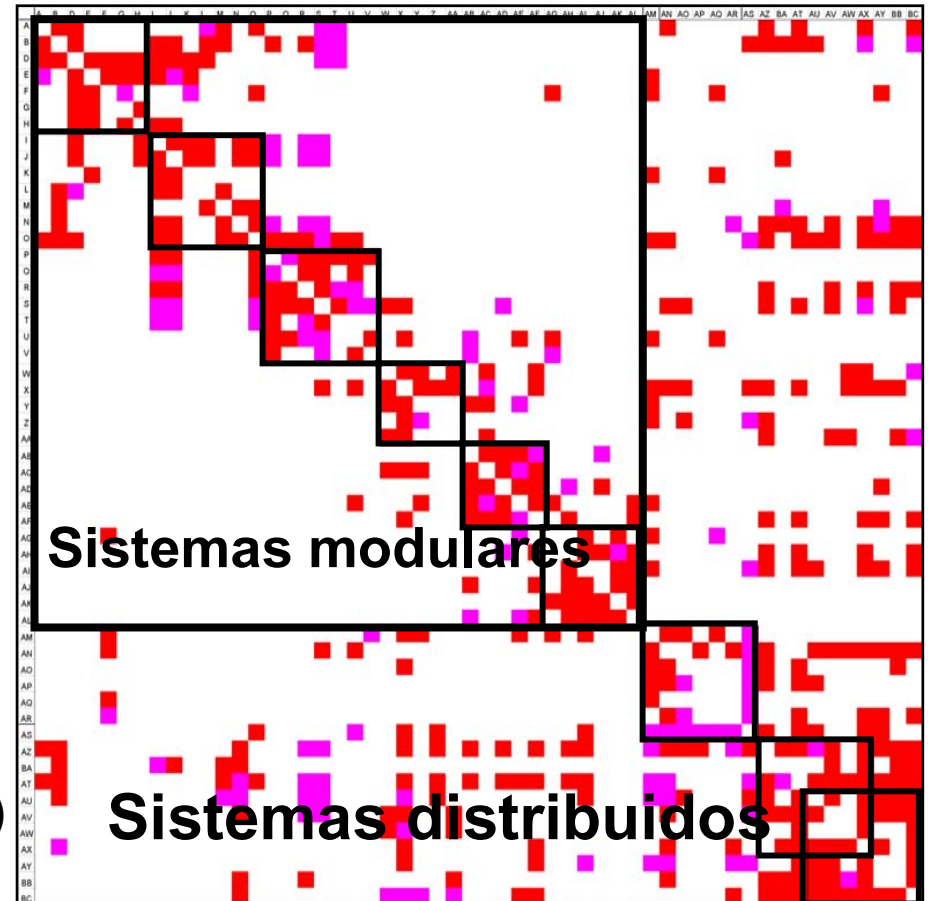
Interfaces de diseño:

- Espacial, estructural
- De energía, de materiales
- De datos, de controles



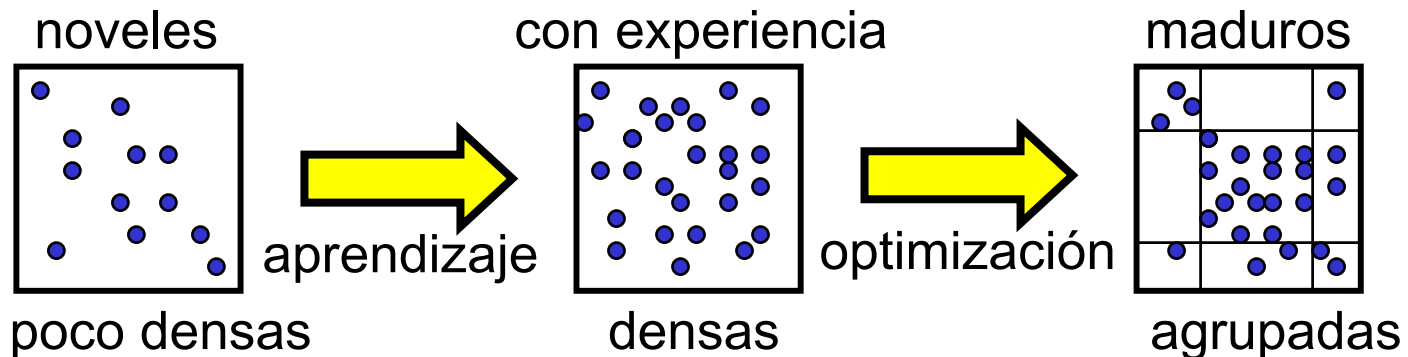
Componentes mecánicos

Componentes externos y controles (2)

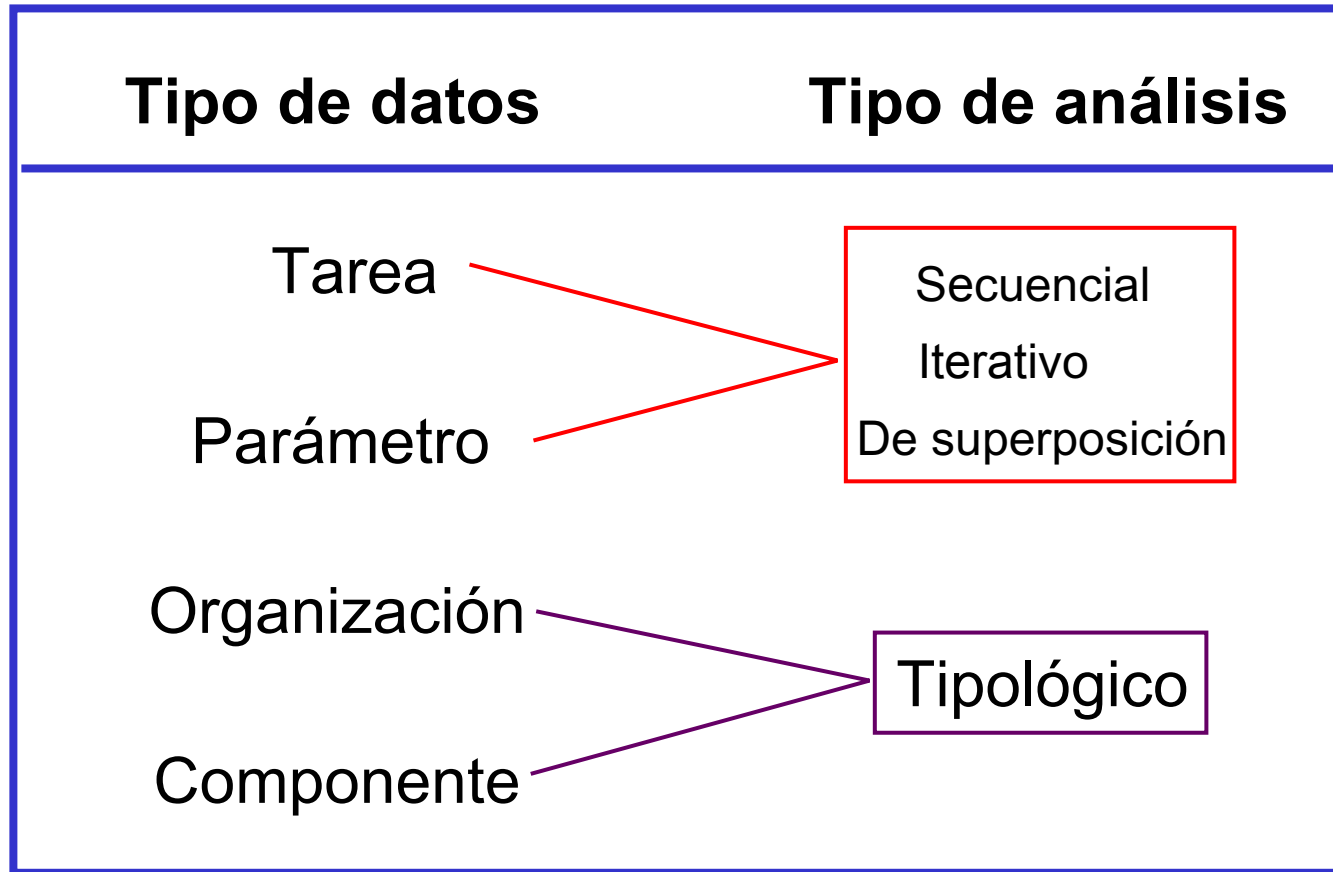


Repaso: arquitectura de producto / sistema

- Las descomposiciones del sistema jerárquico se hacen evidentes.
- Se aplican los principios de arquitectura del sistema.
- Existe discrepancia entre las interfaces conocidas y las interacciones desconocidas.
- Los elementos que se integran pueden ser tanto funcionales como físicos.
- **Hipótesis: densidad de las interacciones conocidas:**



Tipos de modelos y de análisis de la MED



Sitio web de la matriz de estructura de diseño del MIT

<http://web.mit.edu/dsm>

- Tutorial
- Publicaciones
- Ejemplos
- Software
- Contactos
- Eventos

