

QUATIC 2001

de la **Gestión de los Riesgos en los Proyectos**
a la **Gestión de los Proyectos por sus Riesgos**

$(GR \subset GP) \wedge (GP \subset GR)$

Julián Marcelo
jmarcelo@ati.es

Proyectos y sus Riesgos

- ◆ **Conceptos básicos sobre Proyectos y Riesgos**
- ◆ **Generación Primera 'casuística', G1**
- ◆ **Generación Segunda 'taxonómica', G2**
- ◆ **Transición a la Generación Tercera 'causal', G3**
- ◆ **Primeros pasos de la Generación Tercera G3**

Conceptos básicos sobre Proyectos y Riesgos

- **Riesgos en los proyectos informáticos**
- **Modelos, Sistemas y Proyectos**
- **Planificación y Gestión de Sistemas y proyectos**
- **Riesgo en sistemas, proyectos y negocios**
- **Tres Generaciones**

Riesgos en los proyectos informáticos

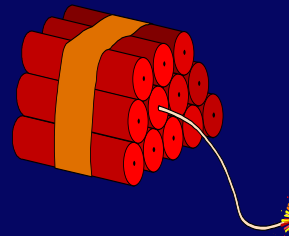
Los estudios e informes convergen: muestran aún ahora

La 'Vulnerabilidad' de los proyectos (frecuencia de problemas)

- **Sobre 8.380 proyectos americanos (según Standish Group)**
 - el 31% se abandona y el 53% está fuera de presupuesto o de plazo
- **También el 80% de los Proyectos británicos (según Ovum)**
 - se abandona, o está fuera de presupuesto o de plazo

Los 'Impactos' en los proyectos (consecuencia de problemas)

- **Los costes de ejecución desbordan los previstos**
- **Los tiempos de ejecución desbordan los previstos**
- **Los Sistemas resultantes**
 - no dan los beneficios anticipados (dificultad de ejecución)
 - tiene menos prestaciones que las estimadas
 - son incompatibles con la arquitectura adquirida



Riesgos en los proyectos informáticos

10 factores de riesgo críticos en proyectos informáticos

1. Riesgos en los recursos

- Insuficiencias de personal
- Plazos y Presupuestos irreales

2. Riesgos en las subcontratas

- Insuficiencias en suministros externos de componentes
- Insuficiencias en realizaciones externas de tareas

3. Riesgos en los requerimientos

- Desarrollo de funciones equivocadas
- Desarrollo de interfaz de usuario equivocada
- Especificaciones excesivas
- Continuos cambios de requerimientos

4. Riesgos en el diseño

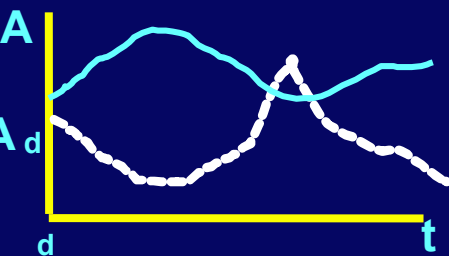
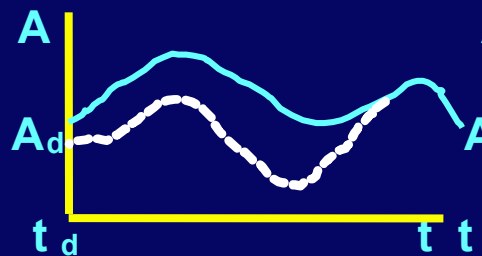
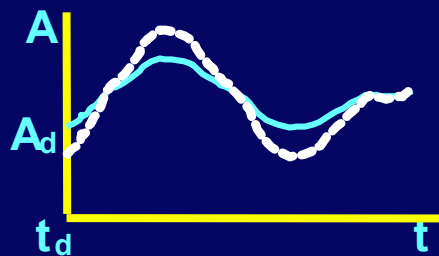
- Insuficiencias de rendimiento del sistema al funcionar realmente
- Optimismo sobre las capacidades de las tecnologías informáticas

(Fuente: Boehm 89)

Modelos, Sistemas y Proyectos

- Un proyecto es un sistema dinámico
- En un Proyecto de desarrollo 'informático'
 - * Estado inicial del Sistema de Información (S.I.)
 - * Estado final (planeado) del Sistema Informático y del S.I.
 - * Desarrollo del proyecto informático
 - * Estado final (alcanzado) del Sistema Informático y del S.I.
- La visión dinámica del sistema 'proyecto' prioriza las 'trayectorias' $A(t)$ de cada atributo básico A (por ejemplo el riesgo) de sus componentes. El conjunto da una visión global del *comportamiento* del sistema. Para cada A , se parte de su valor A_d en $t = t_d$ ('hito' de decisión') y se analizan las 'trayectorias terminales' o 'atractores' (arrancando de valores A_d próximos o 'perturbaciones'). Tres tipos de atractor:

- 'puntual',
- 'periódico'
- 'extraño'



Planificación y Gestión de Sistemas y proyectos

Escenario

- El ritmo acelerado de cambios y las situaciones imprevistas impactan en proyectos ya iniciados o planeados.
- Los actores toman decisiones difusas, con poca información, sin tiempo de ensayo ni margen para rectificar, con impactos irreversibles por su multidimensión y globalidad.
- Se requiere anticipación que prevea una gestión flexible en tiempo real de los proyectos.

La planificación es el proceso de información que:

- anticipa las decisiones de lanzamiento de proyectos
- prepara el desarrollo de las acciones que los materializan.

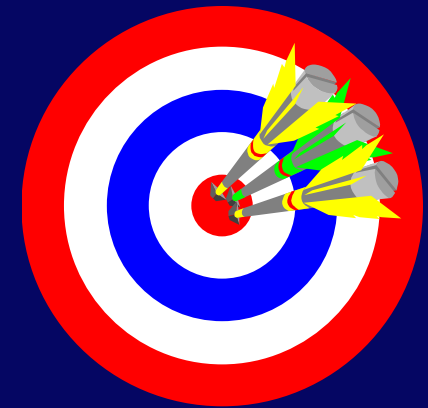
La planificación, en los Sistemas de Información y Comunicaciones:

- En *sentido amplio*, enlaza y da coherencia entre objetivos de la organización y resultados planificados;
- En *sentido estricto*, permite obtener información preparatoria del lanzamiento de los proyectos.

Riesgo en sistemas, proyectos y negocios

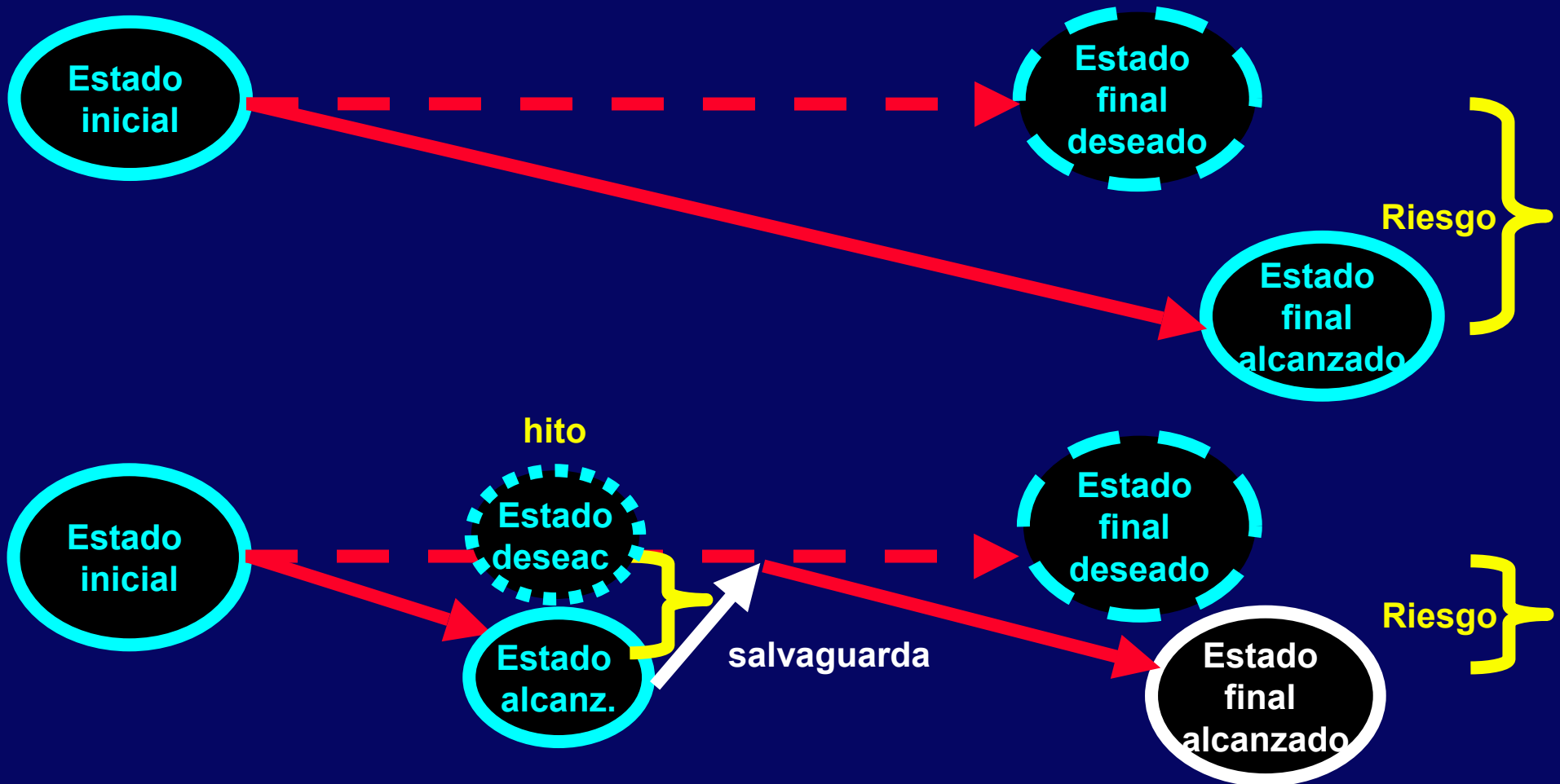
Tres tipos de riesgos, según sus 'dianas'

- **el riesgo en el negocio**
(de un mercado de valores, por ejemplo)
Sus modelos enriquecen los métodos de análisis
- **el riesgo en el sistema**
(de información, por ejemplo)
El método MAGERIT trata Riesgos de Sistemas
- **el riesgo en el proyecto**
(de construir el sistema de información, por ejemplo)
El modelo MAGERIT ayuda a tratar Riesgos de Proyectos



Riesgo en sistemas, proyectos y negocios

Riesgo = 'distancia' de estados finales (deseado, alcanzado)



Tres Generaciones

Tres generaciones de modelos de riesgos en proyectos

- **Primera Generación G1 (primeros 80)**

Basada en listas 'casuísticas' de riesgos especiales para proyectos

- **Segunda Generación G2 (primeros 90)**

Basada en modelos de procesos y eventos.

Arranca de Boehm 89 y sigue con SEI-CMM 94-96, Hall 98

- **Tercera Generación G3 (emergente)**

Arranca con Eurométodo 96, MAGERIT 97, ISPL 98

Influida por otros modelos 'causales' (proyectuales, 'ecológicos')



Generación Primera 'casuística', G1

- **Riesgos tecnológicos**
- **Listas de comprobación de riesgos**

Riesgos tecnológicos

Definiciones básicas:

- **Fiabilidad de un sistema:** probabilidad F de que funcione en tiempo y condiciones
- **Disponibilidad:** fiabilidad potencial instantánea.
- **Tasa de fallos $\lambda(t)$:** probabilidad potencial de su ocurrencia durante dt si el sistema funciona en el instante t ; equivale a $\lambda(t) = - (dF(t)/dt)/F(t)$; o bien a $F(t) = \exp(-\lambda t)$.

Historia:

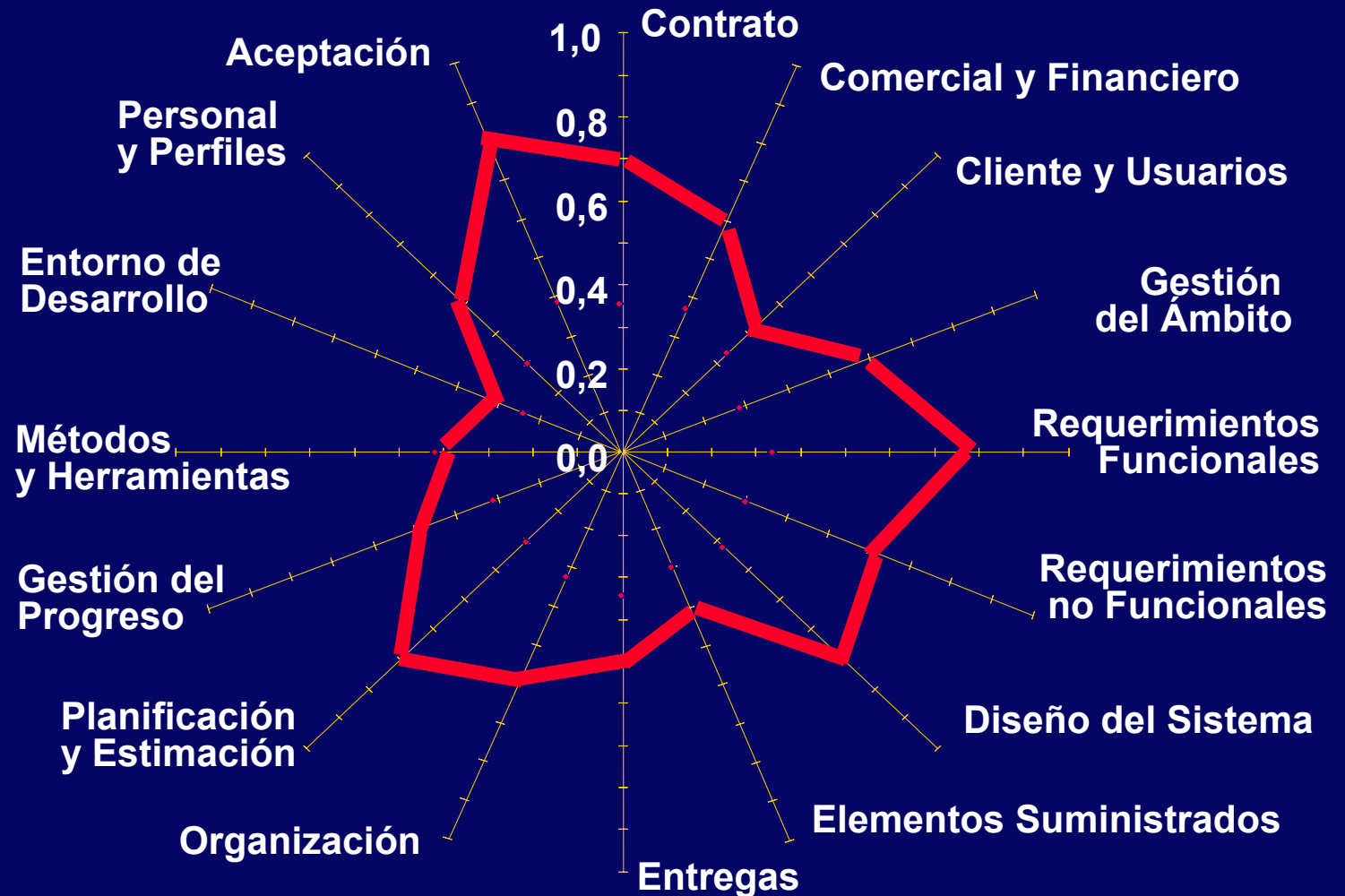
40s. La teoría de la fiabilidad, arranque de la Teoría del Riesgo en Sistemas complejos con el **Teorema de Lusser: la probabilidad de éxito (no fallo) de una cadena de componentes es el producto de las probabilidades de éxito de sus elementos** (la fiabilidad del conjunto es inferior a la de cada elemento separado; “la cadena se rompe siempre por su eslabón más débil”).

60s. Análisis de riesgos cuantitativo (procesos markovianos) para describir el comportamiento de sistemas complejos con fallos ensayables y sin intervención manual (aleatoria); **o cualitativo como los árboles de fallos** para sistemas híbridos con la incertidumbre de la intervención humana y la imposibilidad de probar los impactos salvo por simulación. Se define el “**riesgo como una entidad con dos dimensiones: probabilidad y consecuencia(s)**” o sea vulnerabilidad e impacto.

70s. Método general de Rasmussen. 6 etapas: Definición del proyecto de seguridad y su sistema objetivo; Análisis funcional de éste; Identificación de riesgos; Modelización del sistema; Evaluación de consecuencias; Síntesis y decisiones final.

Listas de comprobación de riesgos

Modelo G1
de Análisis
de riesgos
de Sema:
partiendo
de una
lista de
unas 200
preguntas,
16 factores
de riesgo
tratan:



Generación Segunda 'taxonómica', G2

- **Modelo de Boehm**
- **Modelo de Hall y su relación con el de madurez de SEI-CMM**
- **Modelo de Riesgos del SEI**
- **Modelo SPR de mejora de capacidad en la gestión del riesgo**

Modelo de Boehm (análisis de riesgos G2)

Riesgos

Técnicas

1. Riesgos en los recursos generales

Insuficiencias de personal

A B

Plazos y presupuestos irreales

- - C D E G

2. Riesgos en las subcontratas

Insuficiencia en suministro externos de componentes

- - - - - - - - J K

Insuficiencia en realizaciones externas de tareas

- B - D - - - - - J

3. Riesgos en los requerimientos

Desarrollo de Funciones equivocadas

- - - - - F - H

Desarrollo de Interfaz de usuario equivocada

- - - - - F - H

Especificaciones excesivas

- - - D - F G H

Continuo cambio de requerimientos

- - - - E - - - I

4. Riesgos en el diseño

Insuficiencia de rendimiento en funcionamiento real

- - - - - - - - - K

Forzamiento/optimismo sobre capacidades informáticas

- - - - - H - J K L

Modelo de Boehm (análisis de riesgos G2)

Técnicas (medidas, salvaguardas)

- A) Contratar las personas clave** proactivamente
- B) Construir equipos** proactivamente (desarrollar valores compartidos, ...)
- C) Estimar los plazos y presupuestos** 'reactivamente' (con fondo para riesgos)
- D) Diseñar 'forfait'** proactivamente: usar el presupuesto/plazo fijo para priorizar los requerimientos; diseñar con arquitectura que permita retrasar lo no obligatorio; modular la funcionalidad entregada para adecuarla al presupuesto/plazo disponible.
- E) Desarrollar incrementalmente** las funcionalidades (requerimientos prioritarios...)
- F) Desarrollar por prototipos** (o sea, subconjuntos para 'comprar' información)
- G) Reducir requerimientos** usando las priorizaciones desarrolladas para D, E), F).
- H) Analizar la misión:** análisis organizacional, coste-beneficio, ingeniería del usuario
- I) Encapsular la información** para reducir requisitos volátiles y reutilizar software
- J) Comprobar los referentes y auditar** por expertos externos antes de decidir
- K) Ingenierizar rendimientos** con técnicas para simular, modelar, prototipar, afinar
- L) Analizar las capacidades de las tecnologías informáticas** para resolver FCE.

Modelo de Hall (análisis de riesgos G2)

- **Gestión del Riesgo: proceso con dos actividades principales:**
 - la Evaluación del riesgo
 - el Control del riesgo
- **Gestión del Riesgo: genera estrategia para decidir**
- **Gestión del Riesgo: basada en 9 teorías**
 - **Razona sobre la vulnerabilidad** -probabilidad de riesgo- usando las Teorías de probabilidad, de incertidumbre y la de portfolio:
 - **Razona sobre el impacto** -consecuencia del riesgo-, usando las Teorías de la utilidad, de juegos, del caos y/o la creatividad.
 - **Combina vulnerabilidad e impacto en el tiempo**, usando la Teoría de la decisión y el Teorema de Bayes para elecciones dinámicas.

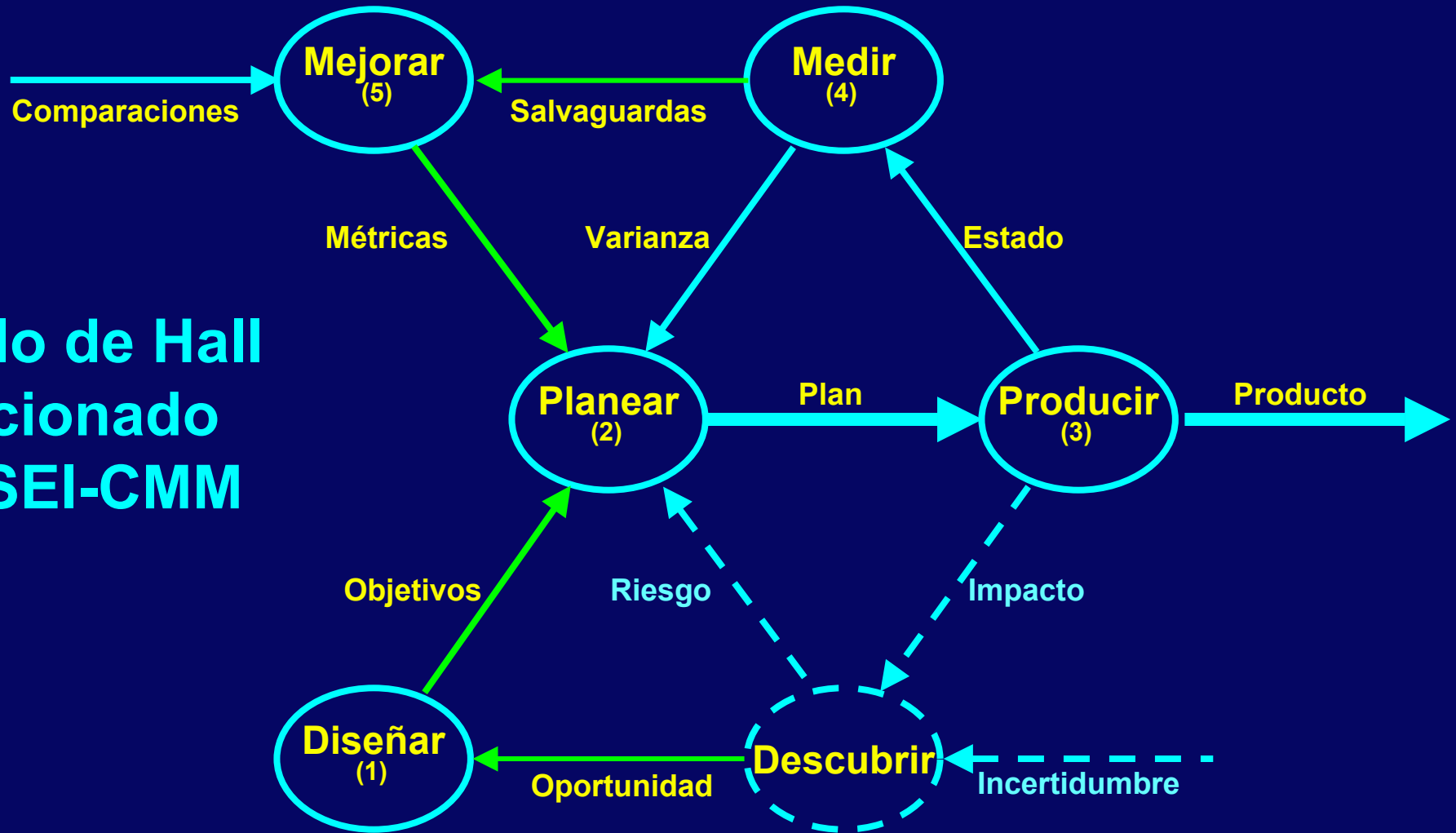
Modelo de Hall (análisis de riesgos G2)

El Modelo 6-D de las 6 disciplinas PPMDD soporta la mejora continua del proceso SEI (Humphrey) o modelo de madurez CMM:

- **Diseñar:** transformar ideas en objetivos, creando y difundiendo la visión organizacional (*CMM-SEI nivel 1*)
- **Planear:** confrontar los recursos disponibles y los requerimientos derivados de los objetivos del proyecto (*CMM-SEI nivel 2*)
- **Producir:** implementar el plan para lograr el producto (*CMM nivel 3*)
- **Medir:** comparar los resultados esperados y los realiza (*CMM nivel 4*)
- **Mejorar:** aprender de experiencias como cambiar el plan (*CMM nivel 5*)
- **Descubrir:** concienciar sobre el futuro, razona sobre posibilidades con resultados inciertos buenos (oportunidades) o malos (riesgos).

Modelo de Hall (análisis de riesgos G2)

Modelo de Hall
relacionado
con SEI-CMM



Modelo de Hall (análisis de riesgos G2)

Ciertas organizaciones de software tienen un concepto del riesgo en **sentido revolucionario de oportunidad** y soportan

- la **mejora continua** (modelo basado en la conciencia del **pasado**)
- la **reingeniería** (modelo basado en la conciencia de **futuro**).

Es falaz elegir entre ambos modelos. Sólo la coexistencia de la conciencia de pasado y futuro con el ciclo completo PPMDD optimiza productos existentes y capitaliza nuevas oportunidades.

El modelo 6-D forma 4 ciclos de ‘conciencia’:

- ciclo PPM: **lo conocido** **lógica**
- ciclo MMP: **lo pasado** **memoria**
- ciclo PPD: **lo desconocido** **imaginación**
- ciclo DDP: **lo futuro** **emoción**

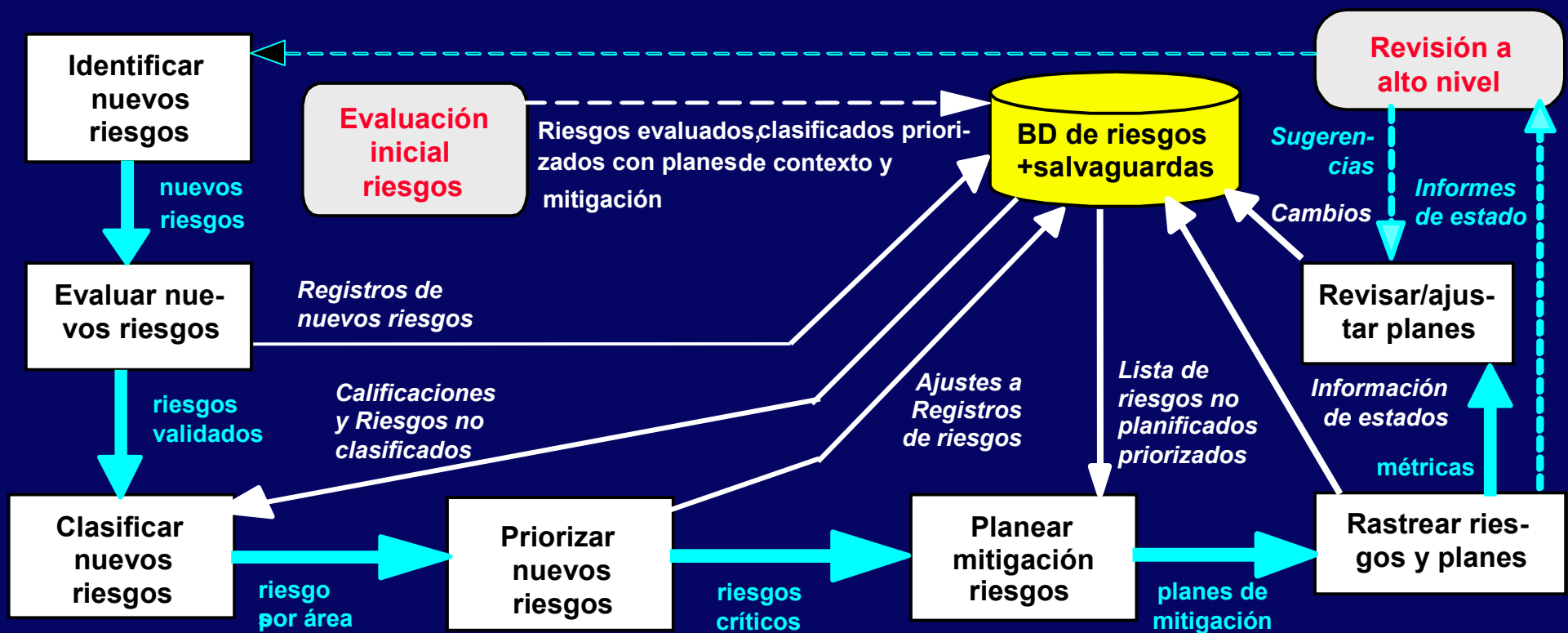
Modelo G2 de análisis de riesgos Hall



Modelo de Riesgos del SEI

El complejo Modelo de Riesgos del SEI se articula en dos grandes bloques:

- La **Adquisición de software** (CMM)
- La **Gestión o Paradigma de Riesgos del Software** con 4 elementos: Gestión Continua CRM y Conjunta TRM, Evaluación SRE y Métrica de Riesgos



Modelo SPR de mejora de capacidad (C.Jones)

Según C.Jones, *"un proyecto es un 'éxito' si no da sorpresas"*; es un:

• **'éxito' absoluto** si: 1) funciona técnicamente bien; 2) se ha desarrollado rápidamente; 3) añade valor al negocio.

• **'fracaso' absoluto** si: 1) se cancela; 2) se entrega sin funcionar o con defectos que lo inutilicen; 3) lleve a litigios graves por incumplimiento.

• **'éxito' relativo** si cumple: 1) su plazo y coste por bajo de sus proyectos concurrentes y/o $<115\%$ de lo previsto, 2) a satisfacción del cliente.

• **'fracaso' relativo** si: 1) incumple objetivos de plazo y coste en $>150\%$; 2) su mala calidad impide que el cliente lo use 6 meses tras la entrega.

Un proyecto pasará de 'fracaso' a 'éxito' relativos siguiendo 3 reglas:

- Más vale prevenir que curar
- Un problema descubierto temprano facilita su recuperación
- Un problema se cura rara vez si se deja sin tratar.

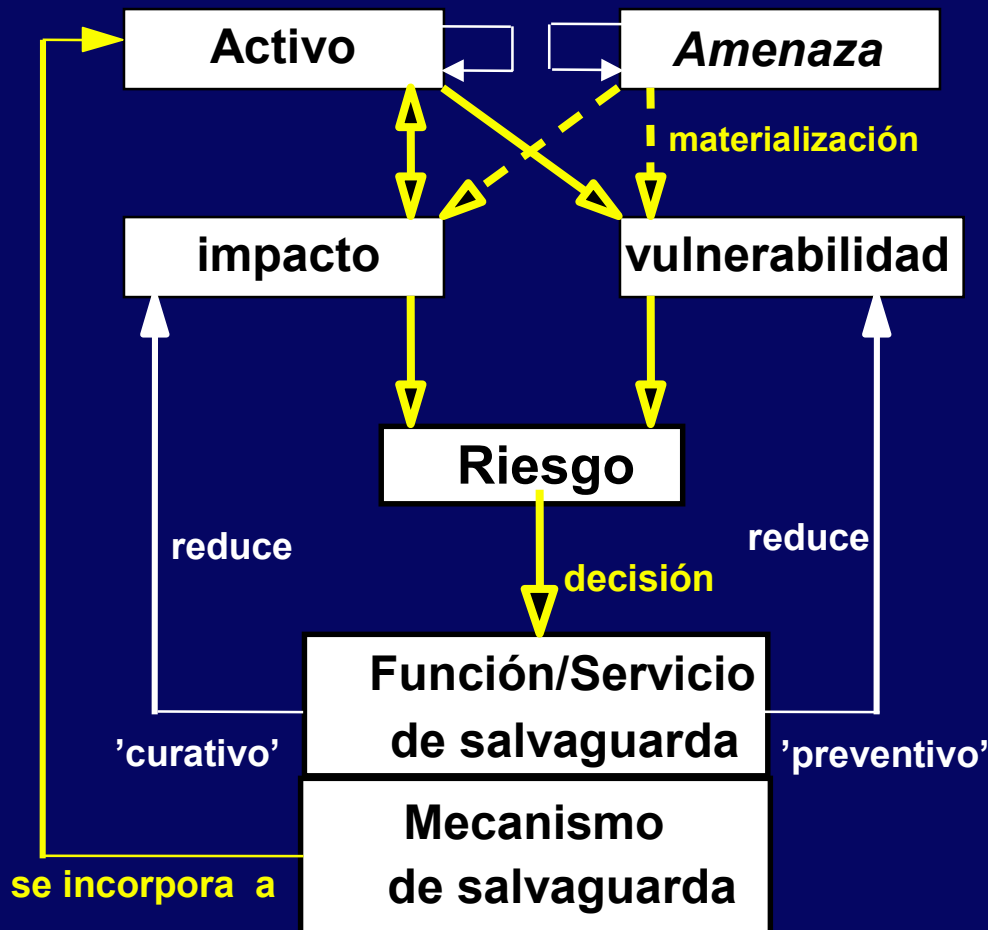
Jones acaba en un **modelo de maduración de capacidad** con 6 etapas que centran: 1) la gestión de los proyectos; 2) el personal técnico y métodos de eficacia probada; 3) la introducción de nuevas tecnologías y herramientas; 4) la infraestructura; 5) la reusabilidad, 6) liderazgo de la industria.

Transición a la Generación Tercera 'causal', G3

- **Modelo MAGERIT de Gestión de Riesgos en Sistemas adaptado a Proyectos**
- **Modelo de eventos de MAGERIT-Proyectos**
- **Modelo McFarlan**

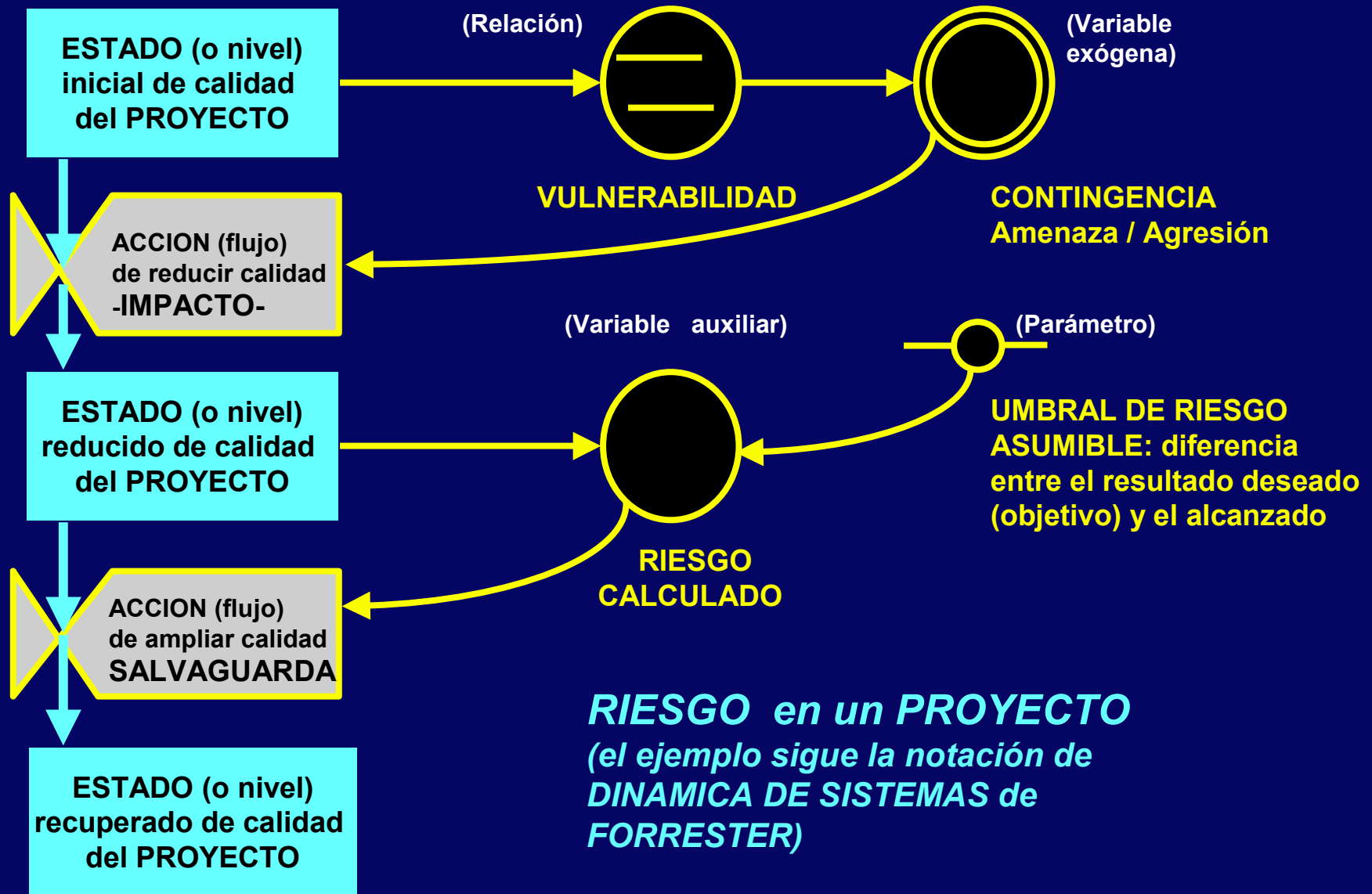
Modelo MAGERIT de Análisis de Riesgos en Sistemas

Modelo de Entidades de MAGERIT -Método de Análisis y Gestión de Riesgos para Sistemas- adaptado a Proyectos



- **Activo:** Éxito del proyecto
- **Amenazas:** Factores de Riesgo
- **Vulnerabilidad:** probabilidad de que se materialice cada factor de riesgo
- **Impacto:** consecuencia de que se materialice cada factor de riesgo
- **Riesgo:** composición de Impactos en los activos y vulnerabilidades en sus amenazas
- **Salvaguardas:** medidas técnicas y/u organizativas para reducir el riesgo bajo un umbral aceptable

Modelo de eventos de MAGERIT-Proyectos



Modelo McFarlan G2 de gestión de riesgos

Tres factores de riesgo

1. **Experiencia en la tecnología aplicable (*factor subjetivo interno*):** la familiarización del equipo con el hardware, sistema operativo, gestores (DB, DC) y lenguajes comprende también la absorción de experiencia externa, p.ej. como formación
2. **Estructuración del proyecto (*factor subjetivo externo*):** Los objetivos iniciales del proyecto y sus resultados dependen de la claridad de los **requerimientos** trasladados por la organización 'cliente' al equipo de desarrollo.
3. **Tamaño del proyecto (*factor objetivo, no reducible*):** Importa sobre todo la **envergadura** del proyecto (en coste años-hombre) relativo al tamaño de los que el equipo desarrolla normalmente.

Modelo McFarlan G2 de gestión de riesgos

Tipos de proyectos, según factores y grado de riesgo

Inexperiencia tecnológica	0	0	0	0	1	1	1	1
Desestructuración	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.1	.1
Tamaño	..0	..1	..0	..1	..0	..1	..0	..1
Composición de factores	000	001	010	011	100	101	110	111
RIESGO	0	1	2	3	4	5	6	7

Métrica en los factores: 0 = bajo

1 = alto

Métrica en el riesgo:

0 = muy bajo

2 = muy bajo (y poco manejable)

4 = bajo-medio

6 = alto

1 = bajo

3 = bajo (y poco manejable)

5 = medio

7 = muy alto

Modelo McFarlan G2 de gestión de riesgos

Salvaguardas: herramientas/métodos de gestión del proyecto

- **Integración interna (en el equipo):** mecanismos de comunicación y control, jefatura experimentada, trabajo conjunto anterior, reuniones, actas, revisiones técnicas, participación en objetivos, asistencia externa
- **Integración externa (con los clientes-usuarios):** comunicación en varios niveles (dirección de proyecto y comité conjunto, reuniones, actas); autoformación, autoinstalación; participación en: los cambios, el equipo del proyecto, decisión de fechas clave, proceso de aprobación
- **Planificación formal:** estimación previa de secuencias-recursos (gant factibilidad, hitos, normas, aprobación, auditoría) + **Control formal de resultados:** mecanismos de estima del progreso y no conformidades; acciones correctoras a tiempo (informes, disciplinas de control de cambios, reuniones en los hitos, informes de desvíos al plan).

Modelo McFarlan G2 de gestión de riesgos

Salvaguardas de gestión para los factores subjetivos de riesgo

Combinación de los factores

Inexperiencia.tecnológica / Desestructuración

0/0 0/1 1/0 1/1

Salvaguardas

- Integración externa (con clientes):
- Integración interna (equipo):
- Planificación/Control:

0	1	0	1
0	0	1	1
0	0	1	1

Proyecto con:

inexperiencia/ desestructuración baja/ baja

0/0

⇒ permite: equipo no experimentado (0); planificación+control fácil (0)

inexperiencia/ desestructuración baja/ alta

0/1

⇒ exige: gestión agresiva para integrar usuario (1); planif+contr.fácil (0)

inexperiencia/ desestructuración alta/ baja

1/0

⇒ exige: liderazgo e integración en el equipo (1); planif+contr.difícil (1)

inexperiencia/ desestructuración alta/ alta

1/1

⇒ exige: liderazgo e integración en el equipo (1); colchón de recursos

Modelo McFarlan G2 de gestión de riesgos

Perfil de riesgos en la cartera de proyectos de una entidad

El riesgo global está en relación con la estrategia de negocio

- **En las entidades que usan las TI estratégicamente:**
(visión del riesgo visto como oportunidad)
 - cartera de riesgo bajo => poca ventaja competitiva
 - cartera de riesgo alto => disrupciones potenciales del negocio
- **En las entidades que usan las TI sólo de 'soporte' del negocio**
 - cartera de riesgo bajo => el equipo se desentrena y aburre
 - cartera de riesgo alto => crece el riesgo de inversión

La Cultura corporativa de la entidad influye en la visión del riesgo

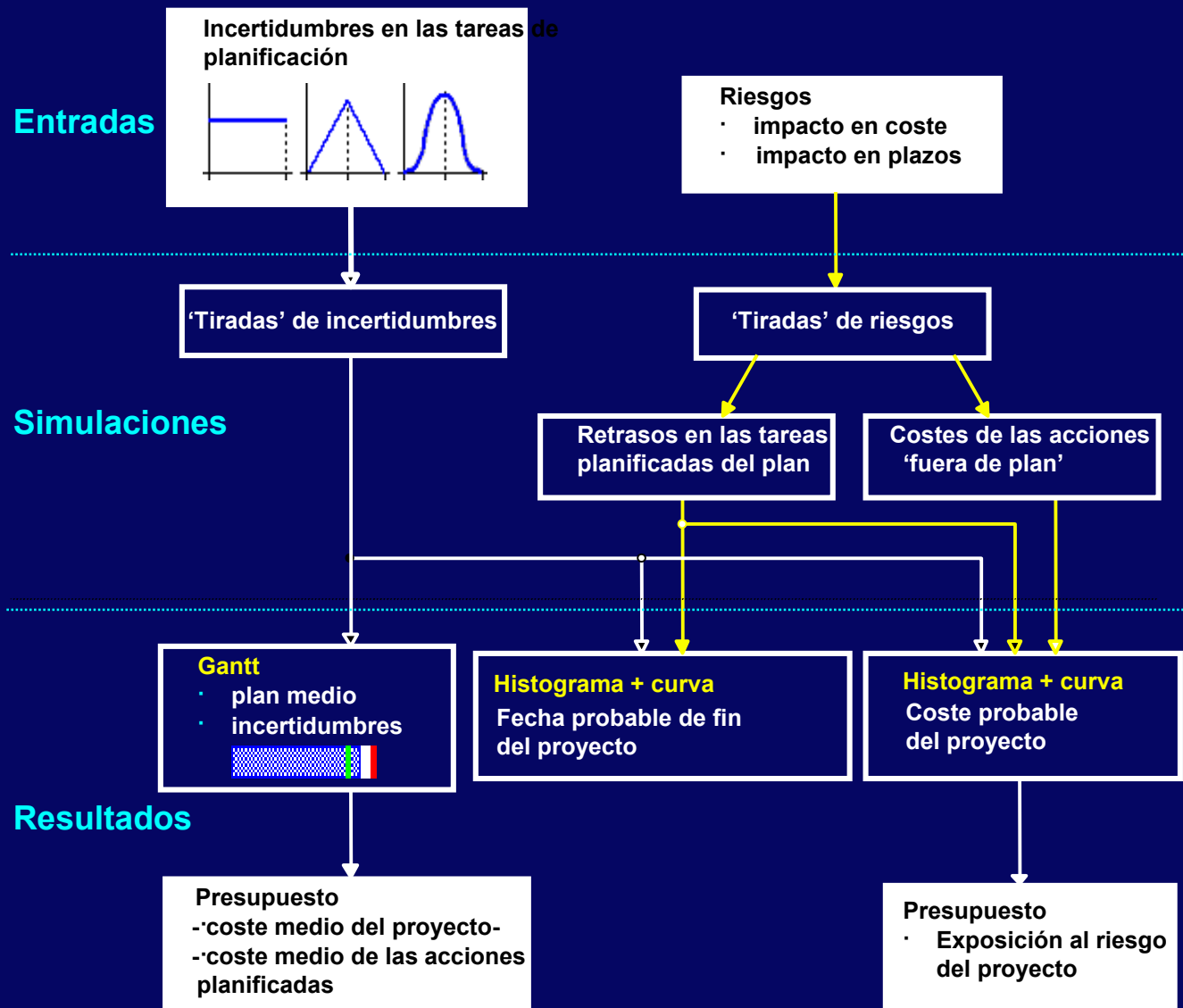
Primeros pasos de la Generación Tercera G3

- **Modelo RiskMan e iniciativa RiskDriver**
- **Modelo DriveSPI**
- **Modelo Eurométodo**
- **Modelo ISPL**
- **Modelo PRisk**

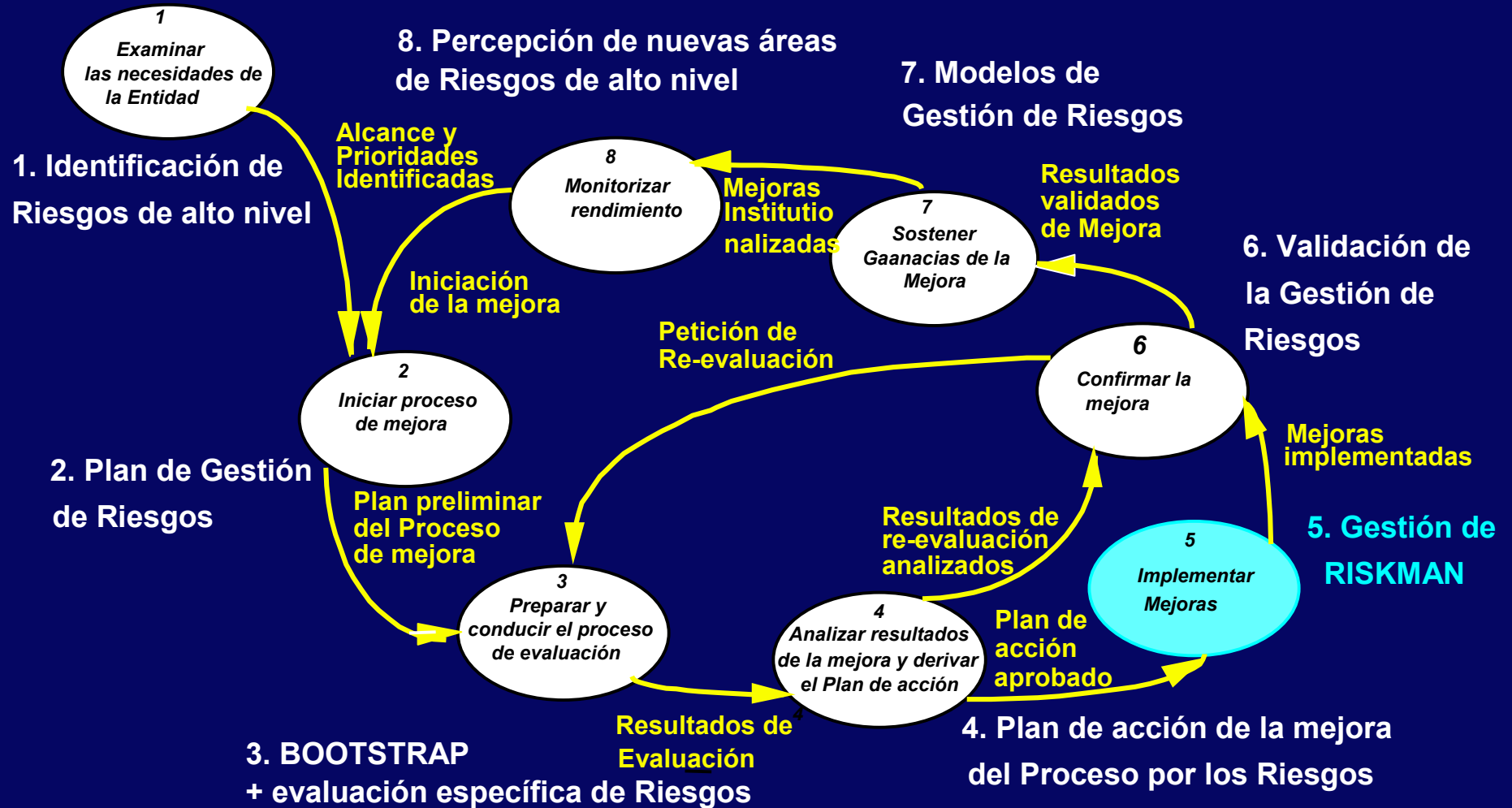
Modelo RiskMan e iniciativa RiskDriver

Modelo RiskMan (programa Eureka) +Iniciativa RiskDriver

Tras las Etapas de Identificación y Evaluación de los riesgos (con técnicas clásicas), se simulan varios planes para organizar la mejor generación inicial de medidas y el control mejor de los riesgos durante el desarrollo del proyecto.



Modelo DriveSPI



Modelo Eurométodo G3 de gestión de riesgos

Eurométodo clasifica 39 Factores de riesgo en 2 dimensiones:

- Dos Dominios: Dominio Objetivo; Dominio del Proyecto
- Dos 'megafactores' de riesgo Complejidad; Incertidumbre
- 39 Factores de riesgo:

	Factores de Complejidad	16	
	Factores de incertidumbre		23
- 24 del dominio objetivo:	Sistema de Información	5	12
	Subsistema Informático	5	2
- 15 del dominio de proyecto:	tareas	2	3
	estructura	2	3
	actores	1	1
	tecnología	1	2

• Heurística

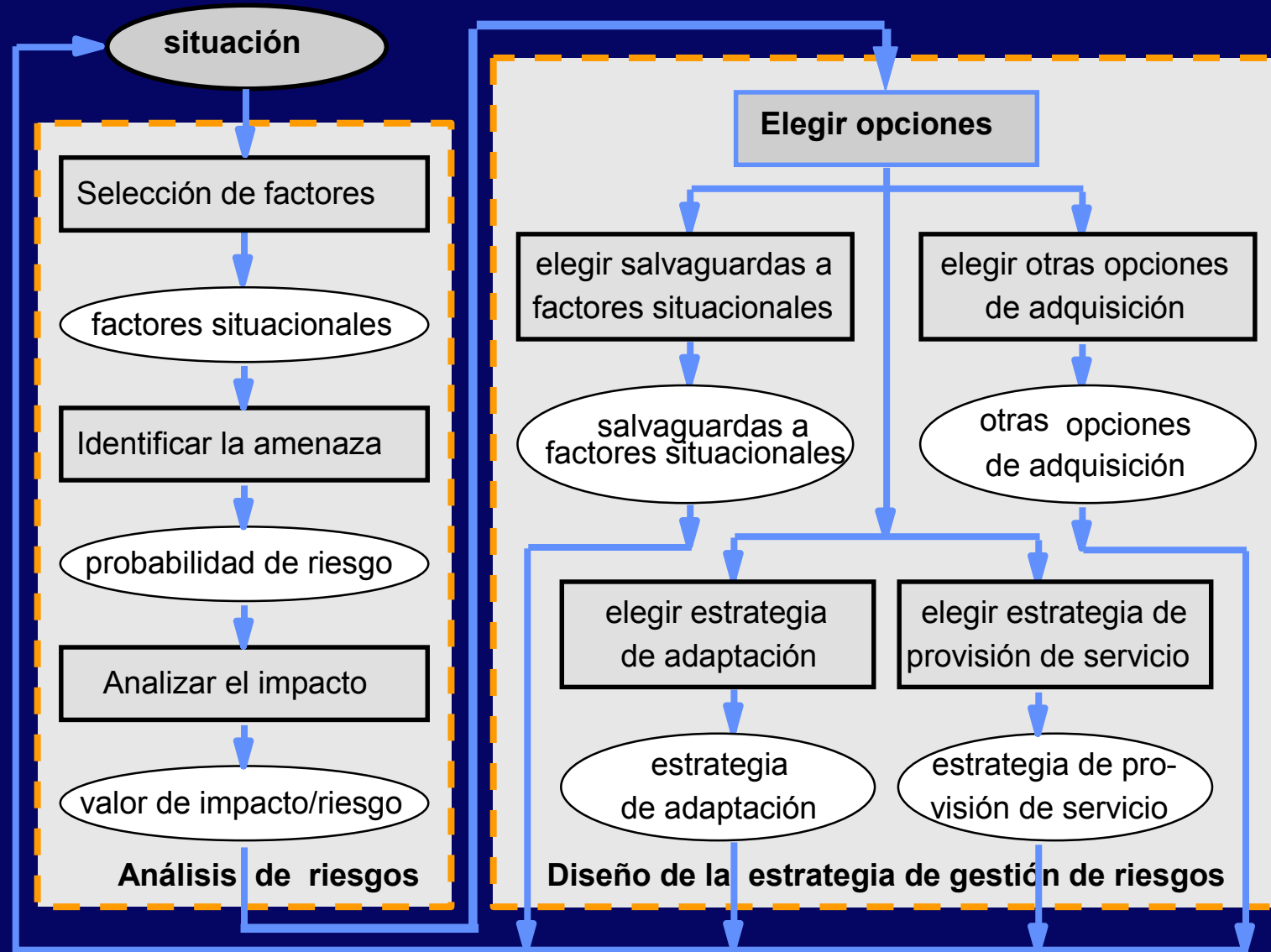


• Gestión de Riesgos: se compone de:

- **Análisis de riesgos;**
- **Planificación de la Gestión de Riesgos** (estrategia de desarrollo y propuesta de hitos de decisión);
- **Supervisión de riesgos** (mide si las salvaguardas tienen éxito)

Modelo Eurométodo G3 de gestión de riesgos

Submodelo Eurométodo de procesos



Modelo Eurométodo G3 de gestión de riesgos

4 bloques de Medidas de Salvaguarda

1 Medidas específicas para factores de **complejidad**:

- reducir la vulnerabilidad de cada factor (dominio Objetivo)

2 Medidas específicas para factores de **incertidumbre**:

- usar la tabla que relaciona los factores con 16 riesgos -a reducir-
- cambiar 6 factores incertidumbre individuales (5 + Sistema Informático)

3 Medidas generales de **Control del proyecto**

- En cada **área de trabajo** (*desarrollo, calidad, configuración*), 3 **opciones** según *frecuencia, formalización, responsabilidad de cliente*

4 Medidas globales en enfoques-hitos-recursos del plan de entregas

- **En Construcción e Instalación según complejidad, incertidumbre y plazos rígidos**
 - **Opción de una vez**, sólo si incertidumbre baja y complejidad baja/moderada
 - **Opción incremental** si sube la complejidad y se reducen los plazos
 - **Opción evolutiva** para incertidumbre alta, plazos reducidos y muchos cambios
- **En Descripción del Sistema: combina modo de operación** (analítica/experimental) **con cooperación entre actores** (guiada-por-expertos/ participativa). **Es descripción**
 - **Analítica + guiada por los expertos** si hay complejidad alta en la información de los procesos (con plazos duros y actores heterogéneos)
 - **Experimental + participativa** si incertidumbre alta
 - **Experimental + guiada por los expertos** si la participativa no es factible

Modelo ISPL G3 de gestión de riesgos de los servicios

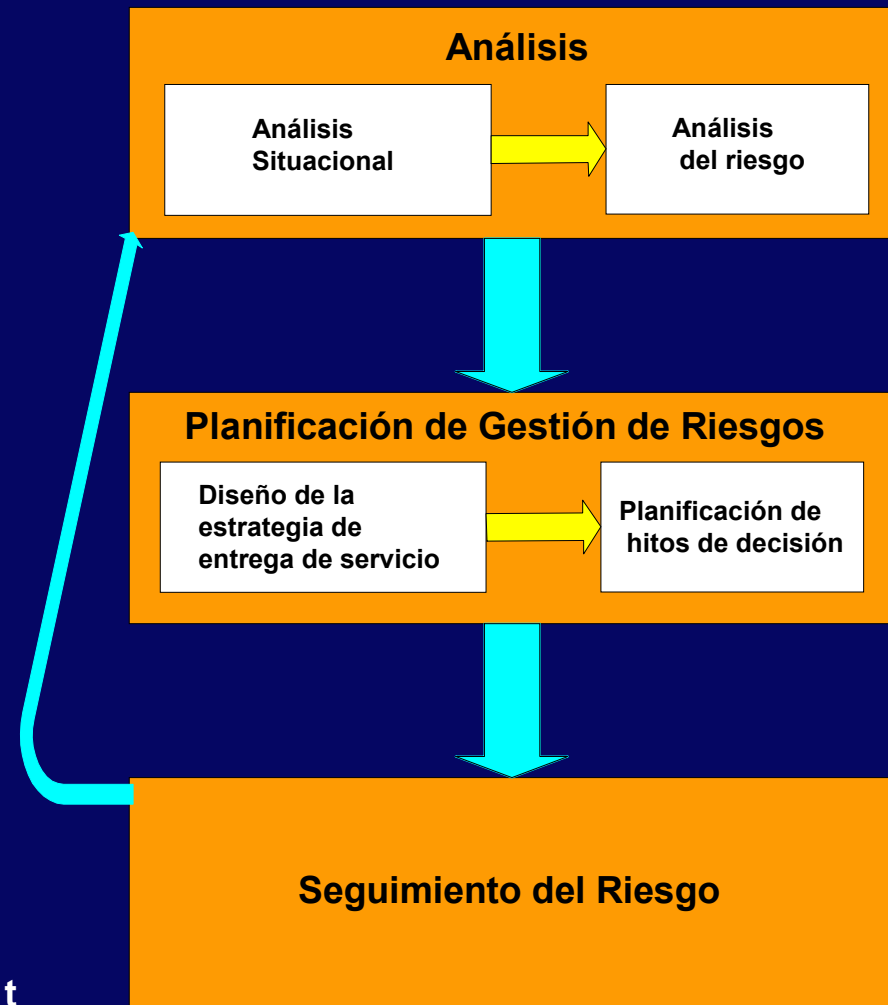
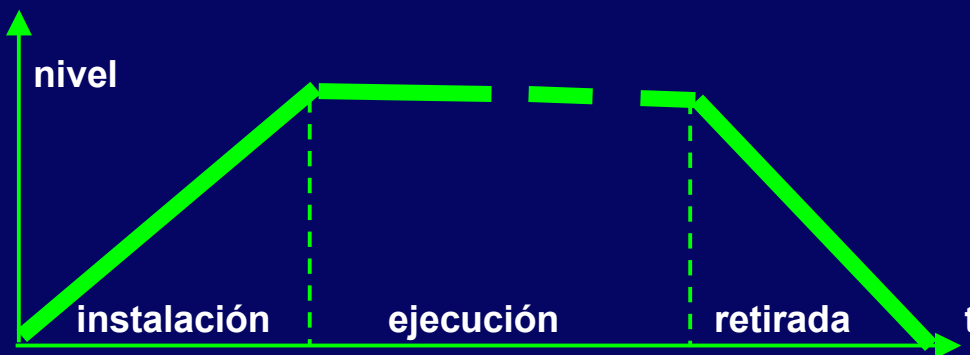
Submodelo ISPL de procesos

Tipos de Servicio:

- servicio continuado
- proyecto

Desarrollo de un Servicio:

- instalación del servicio (*proyecto*)
- ejecución del servicio (*s.continuado*)
- retirada del servicio (*proyecto*)



Modelo ISPL G3 de gestión de riesgos de los servicios

Submodelo ISPL de componentes

Entregables

1. Del Contrato

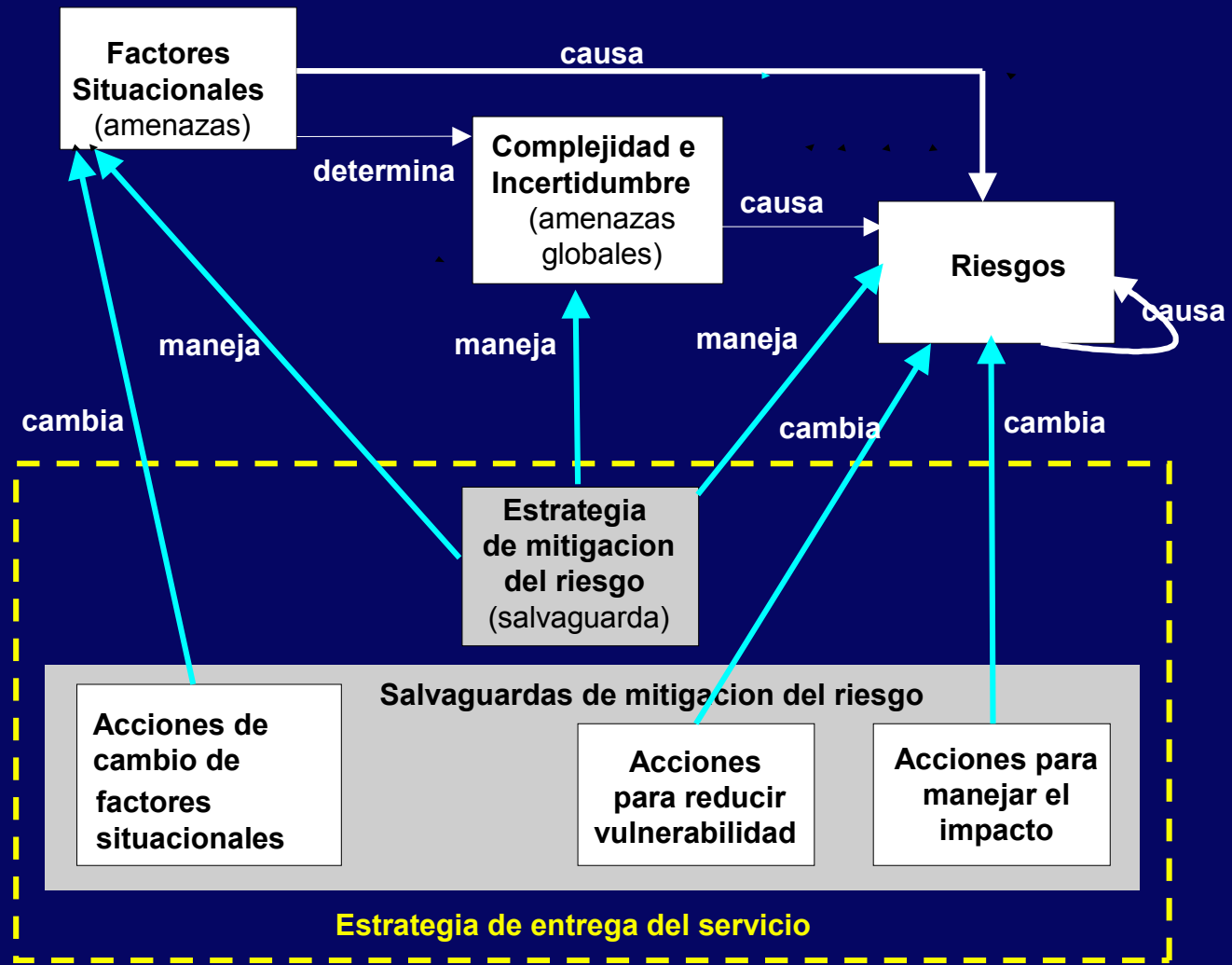
- de la licitación
- de los hitos de decisión

2. De Gestión del Servicio

- Plan
- Informe

3. Del Objeto del Servicio

- producto descriptivo
- producto operacional



Modelo PRisk de gestión del proyecto por sus riesgos

PRISK, modelo nuclear para gestión de proyectos por sus riesgos

- **Ampliado:** incluye fases de oferta y contrato, se orienta al servicio y se vincula a métodos de estimación (temprana, FPÂ, PFOO)
- **Bilateral:** recoge los intereses de las partes: cliente, proveedor, subcontratista
- **Completo:** con cálculo de riesgo para clasificar los críticos y con causalidad amenazas-medidas para incrustar en el plan las preventivas y revisar los hitos

PRISK actúa a lo largo de todo el proyecto, en sus Fases de:

- **Planificación** pro-activa (sus acciones de salvaguarda previenen los riesgos)
- **Seguimiento** re-activo (sus acciones de salvaguarda curan los riesgos)
- **Acabado**, recogiendo métricas y parámetros para proyectos sucesivos

En PRISK la aplicación de medidas se atiende al tipo de riesgo;

p.ej.:

- Si es '3 I' -**Intencional, Inteligente, Interno**- (~ factores de riesgo) el proveedor toma medidas de gestión en el marco del cliente y de la situación del proyecto.

La aplicación de PRISK hace en cada Riesgo un Control '3 R'

- **Residual**, llevado bajo un umbral definido, pero sin descuidar su control;
- **Repetido**, mientras haya causas fuera del control del Jefe de proyecto;
- **Registrado**, como traza y para aprendizaje del proyecto para los sucesivos.

Modelo PRisk de gestión del proyecto por sus riesgos

Interpretación de la Complejidad del Sistema S y la Incertidumbre del entorno E

La estructura del ecosistema ES se describe por el triplete $\langle S, E, M \rangle$ donde

$S = \{p(s_i)\}$ probabilidades de los estados s_i del sistema S;

$E = \{p(e_k)\}$ probabilidades de los estados e_k del entorno E;

$M = \{p(s_i, e_k)\}$ probabilidades de los estados del ecosistema ES

$$p(s_i, e_k) = p(s_i/e_k)p(e_k) = p(e_k/s_i)p(s_i) \geq 0$$

$p(s_i/e_k)$ = probabilidad de que S ocupe s_i compatible con que E ocupe e_k (dado).

Entropía de un conjunto de n probabilidades: $H[p(i)] = - \sum_n p(i) \log_2 p(i)$ en bits

Complejidad de S = entropía de su estructura (estados) que mide la 'alcanzabilidad'

de sus alternativas: $H[S] = - \sum_n p(s_i) \log_2 p(s_i)$

Incertidumbre de E = entropía de su estructura $H[E] = - \sum_m p(e_k) \log_2 p(e_k)$

La complejidad de S u la incertidumbre de E se relacionan en su frontera.

Entropía H del S para un estado e_j de E: $H[S/E=e_j] = - \sum_n p(s_i/e_j) \log_2 p(s_i/e_j)$

H media para los e_k : $H[S/E] = \sum_m p(e_k) H[S/E=e_k] = - \sum_{nm} p(s_i, e_k) p(e_k) \log_2 p(s_i/e_k)$

= diversidad de alternativas de S condicionadas por una incertidumbre dada de E.

$H[E/S]$ = diversidad simétrica de alternativas de E = $- \sum_{mn} p(e_k/s_i) p(s_i) \log_2 p(e_k/s_i)$.

Modelo PRisk de gestión del proyecto por sus riesgos

Visión dual del conjunto (Entorno.Sistema) y del megasistema ES (Ecosistema)

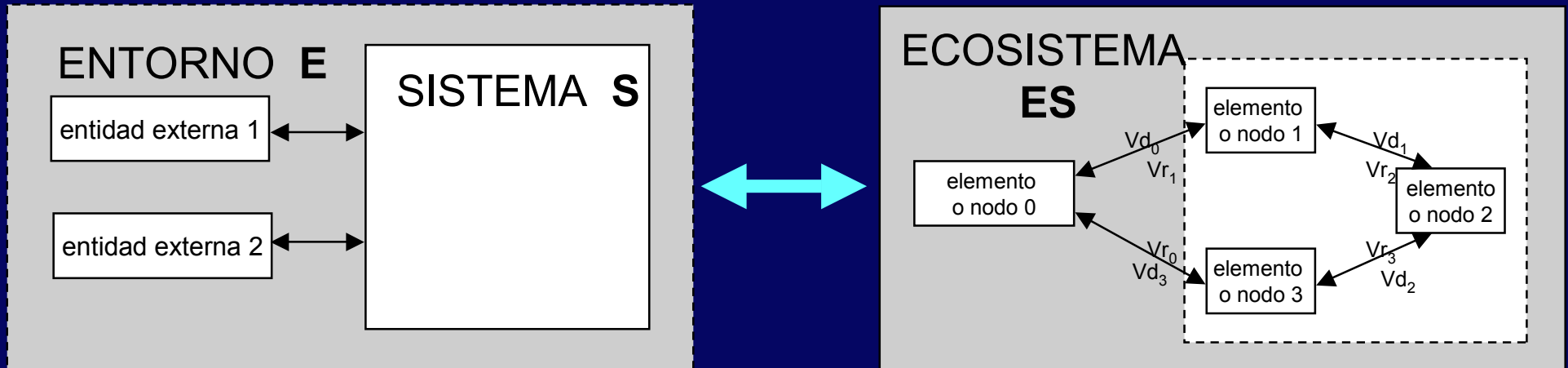
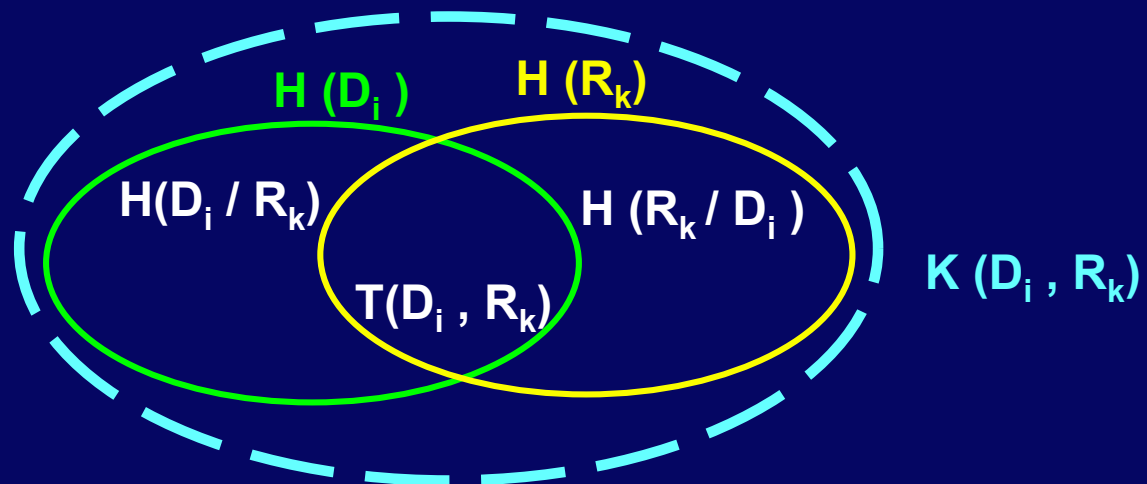


Diagrama de Venn
para relacionar
- las Entropías H ,
- la Transmisión T
- y la Conectividad K



Modelo PRisk de gestión del proyecto por sus riesgos

Evolución, adaptación y estrategia de 'supervivencia' (modelo ecobiológico)

- Todas las ecuaciones expresan sólo propiedades estadísticas de ES, S o E, independientes de la **megacomplejidad de ES (complejidad de S + incertidumbre de E)**
- La **interacción entre S y E** se transmite por un 'canal virtual' matriz de probabilidades condicionales $\{p(s_i/e_k)\}$: una 'actividad informacional' s_i se manifiesta en S siempre que E 'emite' la actividad e_k = capacidad de S para percibir que pasa en E y responder
- La **posibilidad de adaptación de S al E** es la estabilidad de las estructuras de S y E en un esquema M de modificación, dada por el E con mayor incertidumbre donde S sobreviviría indefinidamente (haciendo $\text{Max } H[E]$ con todos los posibles M:
 $T[E,S] = H[E] - H[E/S] = H[S] = H[S/E] = T[S,E]$ se convierte en $H[E] = \max\{T[E,S] + H[E/S]\}$
Este 'intervalo de seguridad' de la capacidad de S para soportar la incertidumbre de E mide la adaptabilidad de S. Se demuestra que la **maximización de $H[E,S]$** lleva a una estabilidad del ES así 'adaptado' con una 'micro-entropía' > la 'macro-entropía' $H[S]$.
- La **adaptación 'interna' de S** es la tendencia a predecir y conseguir su complejidad más probable, compatible con un E dado (asignando las probabilidades estructurales que hagan $\text{max } H[S]$ (**base de una teoría de la evolución de los sistemas complejos**).
Complejidad de S + su poder de anticipación sobre E = incertidumbre de E + impacto de S sobre E. Para que una catástrofe imprevisible (desviación de la incertidumbre de E) no haga peligrar la complejidad de S, S evoluciona buscando la independencia de E. Pero no se aísla: aumenta su poder de anticipación y/o reduce su impacto sobre E.

Modelo PRisk de gestión del proyecto por sus riesgos

