

## Curso de Extensión sobre Pensamiento Sistémico Abierto (León, 15 a 17 de mayo de 2013)

### Sesión final: Los retos de la organización social en la confrontación de sus problemas

# ¿Cómo organizarse en un mundo incierto?

## How to get organized in an uncertain world?

Julian Marcelo (Universidad Politécnica de Valencia, jmarcelo@omp.upv.es);

M. Fernández-Diego (Universidad Politécnica de Valencia, maferdi@omp.upv.es)

**Resumen:** La Teoría de los Sistemas Abiertos dinámicos proporciona la base de la organización, gestión y gobernanza de todo Proyecto S, a partir de los riesgos críticos de 'no éxito' en el cumplimiento de los objetivos propuestos para S. El estándar ISO 21500:2012 facilita la Gestión de dichos Riesgos. Sus estándares complementarios ISO 31000 e ISO/IEC 31010 proponen, para la estimación de los Riesgos, una amplia panoplia de técnicas, que pueden seleccionarse con ayuda de las magnitudes relativas de la complejidad X de S y la incertidumbre Y procedente del Entorno E de S. La determinación temprana de la matriz {X,Y} no sólo facilita la elección de dichas técnicas. También facilita las mejores vías de organización, comunicación, información, decisión y dirección de S. E incluso la posibilidad de gobernar S por los propios riesgos creados por las perturbaciones procedentes de las incertidumbres del Entorno-mundo de S, durante el desarrollo de S.

**Abstract:** The [Dynamic Open] Systems Theory provides the basis for the organization, management and governance of any Project S, giving the critical 'no success' risks in achieving the objectives set for S. The ISO 21500:2012 standard facilitates the management of such risks. Its complementary standards ISO 31000 and ISO/IEC 31010 offer a breadth of risk estimation techniques, which can be selected using the relative magnitudes of the complexXity X in S and the uncertaintyY Y coming from the Environment E of S. Early determining the matrix {X, Y} not only facilitates the choice of these techniques; it also offers the best way of organization, communication, information, decision, and management inside S. And even the possibility of governing S by its affecting risks, created by disturbances coming from the uncertain environment-world of S, during its own development.

## Aplicando la mayéutica, técnica socrático-platónica de búsqueda de conocimiento

“¿Cómo organizarse en un mundo incierto?” Una pregunta aparentemente tan modesta plantea problemas complicados y carentes de respuestas sencillas. Esta aportación intenta contestarla en el espíritu del método socrático, recogido en los diálogos platónicos, de respuestas a preguntas sobre cuestiones cotidianas. Y lo hace aceptando nada menos que el desafío de cerrar un curso académico de 'pensamiento sistémico abierto'.

### 1. Sistema, Organización, Proyecto

*“De uno u otro modo estamos forzados a vérnoslas con complejidades, con ‘totalidades’ o ‘sistemas’, en todos los campos del conocimiento. Esto implica una reorientación del pensamiento científico... El problema de los sistemas es esencialmente el de las limitaciones de los procedimientos analíticos en la ciencia, cuya aplicación depende de dos condiciones: 1) que no existan interacciones entre ‘partes’; 2) o que sean tan débiles que puedan dejarse a un lado en ciertas investigaciones. La 2ª condición es que las relaciones que describan el comportamiento de las ‘partes’ sean lineales; sólo entonces queda satisfecha la condición de aditividad... Semejantes condiciones no las cumplen las entidades llamadas sistemas, que consisten en partes ‘en interacción’. El prototipo de su descripción es un conjunto de ecuaciones diferenciales simultáneas que son no lineales en el caso general. Puede circunscribirse un **sistema o ‘complejidad organizada’** merced a la existencia de ‘interacciones fuertes’ o interacciones ‘no triviales’, es decir, no lineales (...) Hoy el problema fundamental es el de la ‘**complejidad organizada**’. Conceptos como los de **organización**, **totalidad**, **directividad**, **teleología** y **diferenciación**, son ajenos a la física habitual. Sin embargo, asoman a cada paso en las ciencias biológicas, del comportamiento y sociales. Son indispensables para vérselas con organismos vivientes o grupos sociales. Así, un problema fundamental planteado a la ciencia moderna es el de una **teoría general de la organización**: La teoría general de los sistemas puede en*

principio dar definiciones exactas de semejantes conceptos y someterlos a análisis cuantitativo en casos apropiados.”

En esta cita clásica de Bertalanffy,<sup>1</sup> se han subrayado ciertos conceptos, con objeto de introducir el problema teórico-práctico que titula esta aportación. En lo teórico, no se pretende exponer aquí una **teoría general de la organización**.<sup>2</sup> Pero se aportarán enfoques que clarifiquen el modelo de una ‘Organización’ como **‘complejidad organizada’** o **sistema abierto a su Entorno** (y **dinámico** en el tiempo). Por lo tanto, aceptando los avances desarrollados en medio siglo en las ciencias, técnicas y filosofías sistémicas y organizacionales (avances que han tratado ponencias precedentes), esta aportación utilizará ingeniería organizativa y teoría de la organización para centrarse en el nivel sociológico de los ‘grupos’ económico-políticos que constituyen un ‘mundo’ (con alguna incursión en el nivel psicológico de la ‘familia-persona’).<sup>3</sup>

Se trata pues de modelizar como Sistema S la **‘complejidad organizada’** de algún ‘grupo económico-político’ GEP. O sea: tanto las interacciones (internas) entre los elementos del ‘grupo’ S; como los inputs y outputs (acciones externas) de S, **abierto** a su Entorno E, que sería ese ‘Mundo’ relacionado con S de forma ‘incierto’ para S (lo que no significa ‘aleatoria’, sino ‘indeterminable’ por las formas operativas deterministas).<sup>4</sup> La visión conjunta de E y S (el ‘universo’ de S) es un Ecosistema ES de nivel jerárquicamente superior al de S y E. ES suele considerarse, de cara a E y S, como un sistema cerrado en el que operan retroacciones y retroalimentaciones de autogobierno cibernético, organizativo y global.

S es dinámico, con lo que variarán en función del transcurso del tiempo **t** las relaciones de sus elementos, tanto las internas a S como las externas con E (e incluso puede que la propia frontera de S al incluir- excluir elementos). El proceso que pueda seguir un S ‘social’ marca un ‘proyecto’ intencional PS (con un objetivo más o menos ‘vago’) representable como secuencia (film) de ‘estados’ (fotos). Las perturbaciones-incidencias producidas por las acciones internas de S o externas con E producen los cambios de estado del proyecto y suelen generar cierto ‘riesgo’ (o sea, ‘no éxito’) de alcanzar el objetivo.<sup>5</sup> (fig.1).

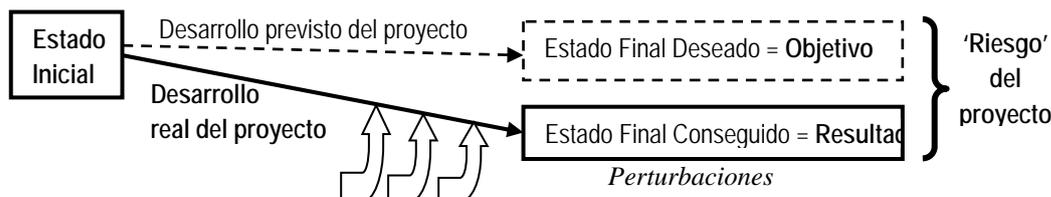


Figura 1. El sistema dinámico ‘S’ visto como acción de cambio entre estados del proyecto ‘S’ (fuente propia)

## 2. Organización, gobernación, dirección y gestión de proyectos

La organización de proyectos es una práctica habitual en los sectores productivos. Esa ingeniería organizativa se ha generalizado como norma internacional IS 21500 (2012), con ‘Directrices para dirección y gestión de proyectos’.<sup>6</sup> La 21500 define como **proceso** “el conjunto de acciones y actividades interrelacionadas que se realizan para lograr un conjunto predefinido de productos, resultados o servicios”; y distingue 3 Procesos interrelacionables: el **Proceso de Dirección**, realizado por un Director (quién se proponga o responsabilice de alcanzar el objetivo); el **Proceso de Producción**, realizado por el Equipo implicado en el Proyecto (en este caso el ‘Grupo’); y el **Proceso de Apoyo** a los de Dirección y Producción (realizados por terceros, con implicación del Director). La Norma trata pues el **Proceso de Dirección del Proyecto**, con 5 Etapas (fig.2):<sup>7</sup>



Figura 2. Las 5 Etapas de los Procesos de Dirección de un proyecto recogidas por ISO 21500 (fuente propia)

- en la **Etapa de Inicio**, el Director define los objetivos y alcance deseados en tiempo ‘temprano’ (con poca información) y recibe autorización para emplear recursos en su **lanzamiento** y desarrollo.
- en la **Etapa de Planificación**, el Director refina los objetivos y alcance deseados, organizando con un **plan de gestión** la base para medir las acciones y los recursos requeridos para lograrlas.
- en la **Etapa de Ejecución**, el propio Director se reserva ciertas actividades delicadas, como la integración de personas y otros recursos necesarios para producir el proyecto.

- en la **Etapa de Control**, el Director mide y supervisa reiterativamente el avance de la Producción de resultados realizada por el Equipo del proyecto, identificando las **variaciones** respecto a su plan de gestión y tomando **decisiones correctivas** autorizadas o pidiendo las que requieren autorización superior.
- en la **Etapa de Cierre**, el Director discute la **aceptabilidad** del resultado y formaliza ordenadamente el acabado del propio proyecto y la experiencia que permita mejorar proyectos sucesivos.

El desarrollo por Etapas (que la norma 21500 llama ‘grupos de procesos’), está formado por 39 Actividades (que la norma 21500 llama ‘procesos’), agrupadas por su contenido en 9 Grupos de Materias: *Integración (I)*; *Partes Interesadas (P)*; *Alcance (A)*; *Recursos o Medios (M)*; *Tiempo (T)*; *Coste (K)*; *Calidad (Q)*; *Suministros-adquisiciones (S)*; *Comunicación (C)*; *Riesgo (R)* (véase el cuadro completo en el Anexo A).

### 3. Planificando el Riesgo en los sistemas-proyectos

La norma ISO 21500 plantea dos actividades ‘preventivas’ para Identificar los Riesgos y para Evaluarlos en la Etapa de Planificación (fig.3). Se tratarán más adelante otras dos actividades ‘curativas’: para Tratar los Riesgos (en la Etapa de Ejecución) y para controlarlos (en la Etapa de Control).

La actividad R1 para **Identificar los riesgos** documenta de forma preventiva los eventos (o ‘amenazas’) que podrían tener impacto negativo sobre los objetivos del proyecto. En esta identificación de riesgos deben participar las distintas partes implicadas en el proyecto (no sólo su gestor) para que adquieran cierto sentido responsable sobre las amenazas y las medidas reductoras a tomar. El Resultado es un *Registro de Riesgos*.

La Actividad R2 para **Evaluar los Riesgos** utiliza métodos para estimar, para cada riesgo identificado, su probabilidad de ocurrencia (su ‘vulnerabilidad’) y su consecuencia potencial (su ‘impacto’). La combinación de ambos aspectos permitirá la priorización de riesgos, con ayuda de otras restricciones del proyecto en materia de coste, cronograma, alcance, calidad o tolerancia psicológica al riesgo de los afectados. **El Resultado es un Registro de Riesgos evaluados.**<sup>8</sup>

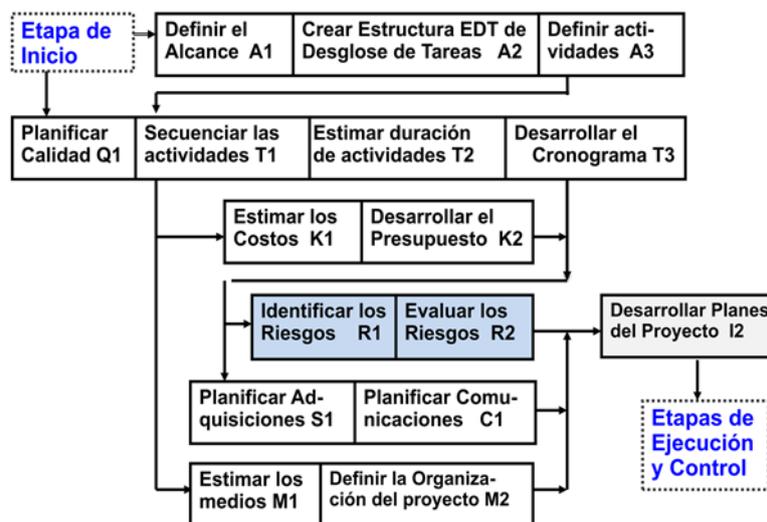


Figura 3. Actividades de la Etapa de Planificación en ISO 21500, adelantando las 2 de Riesgo (fuente propia).

### 4. Cómo Identificar, Evaluar, Tratar y Controlar los riesgos de un sistema-proyecto

Para cumplimentar las 4 Actividades sobre riesgos, la norma ISO 31000 (2009) sobre ‘Gestión de Riesgos’ ayuda con orientaciones generalizadas, válidas para Sistemas y Proyectos. Su complementaria ISO/IEC 31010 (2009) para ‘Estimación de Riesgos’ analiza además una panoplia de 31 métodos-herramientas, sean genéricas o usadas por los sectores que acostumbran a tratar el riesgo (químico, nuclear, medioambiental, industrial, alimentario, etc.). La norma 31010 aconseja aplicar una u otra herramienta en las actividades de Identificar riesgos y Evaluarlos (desglosando su probabilidad, consecuencias, componentes y nivel, como muestra el Anexo B que expone cómo se trabaja con un método genérico recogido en la norma).

La norma 31010 empieza por ayudar a elegir la o las herramientas coherentes con la magnitud -baja, alta-de 3 factores que “*influyen en la selección de un enfoque de evaluación de riesgos: naturaleza y grado de la incertidumbre de la información disponible; complejidad de la aplicación; y disponibilidad de recursos*”.

Este tercer factor ni es discutible (pues un proyecto ni debería emprenderse sin recursos suficientes). Incluye “*los recursos y capacidades que puedan afectar a la elección de las técnicas de evaluación de riesgo: la*

capacidad, habilidades y experiencia del equipo de evaluación de riesgos; las restricciones de tiempo y otros recursos dentro de la organización; el presupuesto disponible si se requieren recursos externos”.

En cuanto al factor más influyente, “la naturaleza y el grado de **incertidumbre** exige una comprensión de la calidad, cantidad e integridad de la información disponible sobre el riesgo en cuestión. Esto incluye el grado en que se dispone de información suficiente sobre los riesgos, sus fuentes, causas y consecuencias para el logro de los objetivos. La incertidumbre puede derivarse de una calidad deficiente de los datos o de la falta de datos esenciales fiables. Por ej. puede cambiar los métodos de recogida de datos o la forma en que los utilizan las organizaciones; o la organización puede no tener ningún método de recogida de datos sobre los riesgos identificados. La incertidumbre también puede ser inherente en el contexto interno y externo de la organización. Los datos disponibles no siempre proporcionan una base fiable para la predicción del futuro. Los datos históricos pueden no estar disponibles o las diferentes partes interesadas pueden tener diferentes interpretaciones de ellos en ciertos tipos de riesgos. La evaluación del riesgo necesita entender el tipo y naturaleza de la incertidumbre, así como apreciar las implicaciones de los resultados de la evaluación de riesgos para la fiabilidad. Estos siempre deben ser comunicados a quienes toman las decisiones”.

Respecto a la **Complejidad**, según la 31010, “los riesgos pueden ser complejos en sí mismos, como en sistemas complejos que necesitan evaluar sus riesgos de todo el sistema mejor que tratar cada componente por separado, haciendo caso omiso de las interacciones. En otros casos, el tratamiento de un solo riesgo puede tener implicaciones generales e impactar en otras actividades. Hay que entender los impactos y dependencias consecuentes de riesgo para asegurar que la gestión de un riesgo no genere una situación intolerable en otro lugar. Comprender la complejidad de un riesgo único o de una cartera de riesgos de la organización es fundamental para la selección del método o técnica adecuados para evaluación de riesgos.”

## 5. Midiendo la complejidad X y la incertidumbre Y del sistema-proyecto S

El control del riesgo R (de desvío del proyecto S respecto al objetivo deseado) pasa por tanto por asegurar el cumplimiento de una fase preventiva al desarrollo de S que incluye 3 grandes procesos organizacionales: 1) ejecutar adecuadamente las actividades de Planificación, p.ej. las de la norma 21500; 2) analizar los niveles X de complejidad e Y de incertidumbre de S reseñados en la norma 31010, para preparar la/s herramienta/s de análisis y gestión de riesgo adecuadas; y 3) contar con los recursos suficientes (tanto para ejecutar las actividades planificadas como para reducir los riesgos previsibles).

Para medir *grosso modo* los niveles de X e Y, se encuentran referencias en los clásicos de la Teoría General de Sistemas, que ya intuían la forma de globalizar y factorizar el riesgo de un sistema-proyecto midiendo intercambios de información, o sea entropías y neguentropías. “Uno de los aspectos clave de la TGS son las cantidades de información que están implicadas... La idea básica del método es que, con un sistema de  $n$  variables  $X$ , la entropía de cada una  $H(X_i)$  puede medirse directamente en esa variable sin referirse a las demás... Cuando el experimentador trata bien de estudiar un sistema o bien de controlarlo, ¿en cuánto se incrementarán las cantidades de información si se cambia un sistema que no tenga interacción entre su partes por otro que tenga interacción global entre ellas?”.<sup>9</sup>

Siguiendo a von Bertalanffy, “Desde el punto de vista de la termodinámica, los sistemas abiertos consiguen mantenerse en un estado de alta improbabilidad estadística en orden y organización. De acuerdo con su segundo principio, la tendencia general de los procesos físicos apunta a la entropía creciente, es decir, a estados de creciente probabilidad y orden decreciente. Los sistemas vivos se mantienen en un estado de alto orden e improbabilidad; o incluso evolucionan hacia diferenciación y organización crecientes, como ocurre en el desarrollo y la evolución organísmicos. La razón aparece en la función entrópica expandida de Prigogine. En un sistema cerrado la entropía siempre aumenta, de acuerdo con la ecuación de Clausius [sobre cambio de entropía del sistema S]  $dH(S) \geq 0$ . En contraste, en un sistema abierto el cambio total en la entropía puede escribirse según Prigogine:  $dH(S) = dH_e(S) + dH_i(S)$ ; donde  $dH_e(S)$  denota el cambio de entropía por importación y  $dH_i(S)$  la producción de entropía debida a procesos irreversibles en el sistema, tales como reacciones químicas, difusión, transporte de calor, etc. El término  $dH_i(S)$  es siempre positivo, de acuerdo con el segundo principio. El transporte-entrópico  $dH_e(S)$  puede ser positivo y negativo, y el segundo caso se da, por ejemplo, por importación de materia portadora potencial de energía libre o «entropía negativa». Tal es la base de la propensión neguentrópica de los sistemas organísmicos, y de la afirmación de Schrödinger: el organismo se alimenta de entropía negativa”.<sup>10</sup>

Por otra parte,  $dH_i(S)$  permite medir a complejidad X de S; y  $dH_e(S)$  la incertidumbre Y de las relaciones de S con su entorno E. Tras referirse a la **entropía termodinámica**, el biomatemático Wagensberg estima que

"la información o **entropía de Shannon** representa, en cierta medida, un grado de complejidad del sistema. Las dos entropías hablan de una **complejidad posicional** o arquitectural que conviene más a la estructura de un cristal que a la de una célula viva. En realidad son bastante opacas al orden típicamente vivo, al orden funcional. Las estructuras vivas también tienen sus aspectos complejos susceptibles de ser descritos por tales entropías; precisamente los aspectos adaptativos, las **evoluciones** sin sorpresas ni innovaciones. La entropía de Shannon tiene un significado muy atractivo para los ecólogos. Ramón Margalef inauguró una nueva etapa de la ecología teórica con la introducción de la entropía de Shannon para medir la **diversidad** de los ecosistemas... Elegir un sistema significa definir la frontera que lo separa de su entorno. Se trata de una superficie real o ficticia, pero permeable en principio al paso de la información en sus dos sentidos: del sistema S al entorno E y de E a S. Consideremos primero el sistema como fuente donde se origina un mensaje destinado al entorno. La cantidad de información contenida en la fuente depende de su diversidad potencial de comportamiento... Es la **complejidad X del sistema**... Atendamos ahora al entorno como fuente de un mensaje destinado al sistema. La información original depende de la riqueza de comportamientos posibles de la fuente-entorno... Es la complejidad o mejor la **incertidumbre Y del entorno**".<sup>11</sup>

Esta ampliación del modelo de Shannon -que identificaba un tipo de incertidumbre y otro de entropía- a una nueva identificación entre la complejidad del sistema y otro tipo de entropía, permite demostrar (Anexo C)<sup>12</sup> que ambos megafactores {X,Y} bastan para explicar las interacciones relacionales dentro de todo sistema S y de éste con su entorno E (*a fortiori*, las interacciones dentro de un proyecto S y en relación a su entorno E).

## 6. Organización, comunicación, información, decisión y dirección

Volviendo a 'cómo organizarse en un mundo incierto', se sobreentiende el desarrollo de un proceso-proyecto (sistema dinámico) S en un mundo-entorno E amenazador, con objetivos, gasto de recursos para obtenerlos y transcurso de tiempo. Los términos 'cómo' y 'organizarse' significan iniciar y planificar bien el proyecto a emprender, así como 'gobernar' su desarrollo buscando reducir el 'riesgo' de no alcanzar el objetivo.

La norma 31010 propone apreciar la magnitud relativa –alta, baja- de los dos megafactores Complejidad X e Incertidumbre Y, para empezar a trabajar en la identificación y gestión de los riesgos de un proyecto S, en la gestión de éste y hasta en su gobernación con ayuda de las perturbaciones que los riesgos producen.

Pero además X e Y permiten apreciar el peso de las interrelaciones en S y por tanto la idoneidad de realizar un análisis separador de componentes y de una síntesis recomponedora de la información en su conjunto, como apuntaban Bertalanffy y los sistemistas clásicos. La intuición de esa importancia de la matriz cualitativa {X,Y} tampoco es nueva: la escuela francesa de sistemistas encabezada por Mélése y Le Moigne viene utilizando la matriz {X,Y} como ayuda para clasificar la comunicación y los sistemas de información necesarios para soportar los distintos tipos de organizaciones, sistemas y proyectos: "*La complejidad X es función de la cantidad de elementos del sistema S y del número y variedad de sus relaciones; todo aumento de la complejidad de la estructura y del funcionamiento de S se traduce por un intercambio más intenso de información. La incertidumbre Y de E está ligada a la aceleración de la evolución del entorno E: cuanto mayor sea E, mayor será la cantidad de información a tratar*".<sup>13</sup> Y vuelve a aparecer la matriz {X,Y} cuando se tratan los Sistemas de Información como ayuda a la Decisión en las Organizaciones. El eje horizontal recoge la magnitud de la complejidad X, definida ahora como "*tasa del volumen de tratamientos respecto al de datos... El eje vertical corresponde a la intervención y el rol jugado por el decisor. Éste busca la resolución de un problema que a priori se desconoce*" (forma intuitiva de definir la incertidumbre Y).<sup>14</sup>

La matriz cualitativa {X,Y} establecería así en cada uno de sus 4 cuadrantes un tipo de **sistema estructurado de organización, comunicación, información, decisión y dirección**, según sean bajos o altos los valores de X y Y. Sistemas traducidos en formas de relación o comunicación interior entre componentes del sistema, que requieren distintos tipos de sistemas de información e informáticos.<sup>15</sup> (fig.4)

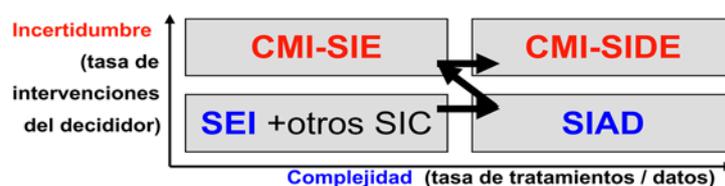


Figura 4. Estructuras de organización, información y dirección según la Matriz {X,Y} (fuente propia)

**1. Complejidad X baja, incertidumbre Y baja.** La **organización** suele tener la estructura jerárquica piramidal clásica y sus objetivos bien determinados. Sus **Sistemas Estratégicos de Información SEI** suelen ser los tradicionales (volúmenes altos de datos operacionales tratados a menudo por lotes), mientras que los

tipos de distintos datos sean más numerosos que los tipos de sus tratamientos (que suelen ser sencillos y repetitivos). Ejemplo: el tratamiento de las cuentas corrientes de un banco.

**2. Complejidad X alta, incertidumbre Y baja.** La creciente diferenciación que comporta la extensión de la **organización jerarquizada** requiere más niveles para controlarla y por tanto nuevas formas de comunicación integradora, sobre una base de información común para toda la organización. El **Sistema de Información** responde a una mayor heterogeneidad relativa de tratamientos frente a los volúmenes de datos implicados, por lo que suele incluir Sistemas de Información de Ayuda a las Decisiones **SIAD** y modelos algorítmicos, por ejemplo investigación operativa, sistemas expertos, etc. Ejemplo: la gestión de stocks de una empresa.

**3. Complejidad X baja, incertidumbre Y alta.** La **organización** suele fragmentarse en divisiones verticales poco interactuantes entre sí, para reducir riesgos horizontales y facilitar las readaptaciones. Lo que conlleva problemas de comunicación, a resolver con formas de acceso rápido a un sistema central. Tener un **SIE, Sistema de Información Estratégica** o para **Ejecutivos** que permita la gobernanza de la organización, implica que algún decisor humano ha de intervenir de forma continua para equilibrar la incertidumbre del sistema organizacional, usando sistemas informáticos de búsqueda de información para ayudar a tratarla. Ejemplo: el Cuadro de Mando Integrado CMI de una empresa.

**4. Complejidad X alta, incertidumbre Y alta.** La **organización** adopta un tipo de estructura 'matricial', con funciones 'horizontales' de soporte a las divisiones 'verticales'. Para responder en tiempo real a los cambios, las **decisiones** se apoyan en un sistema de comunicación que soporte selecciones rápidas de datos desde una base global de información (el 'depósito de datos' o 'data warehouse' de la organización). El **subsistema de información** subyacente combina los sistemas de tratamiento y búsqueda de información en los **SIDE, Sistemas de Información para la Decisión Estratégica**, que se articulan según dos tipos de programas informáticos: los 'motores de búsqueda' como los que recorren los nodos de las redes internacionales de tipo 'internet'; y los 'motores de conocimiento' que acceden por medio de redes de tipo 'internet' y/o 'intranet' al 'depósito de datos', donde buscan con cierta 'inteligencia' la información necesaria.<sup>16</sup>

## 7. Perturbaciones y Riesgos en los proyectos

Se debe insistir que las actividades planificadoras para Identificar y Evaluar los Riesgos del proyecto deben prever los recursos humanos, materiales y temporales necesarios para que estén disponibles en las sucesivas Etapas (Ejecución y Control) que desarrollan el proyecto y que permitan así la realización de las actividades reductoras de riesgos (Ejecutarlas y Controlarlas) siguiendo la norma ISO 21500. Así mismo deberá preverse un 'fondo' adicional de recursos para atender a otros riesgos sobrevenibles, pero no evaluables en la Etapa de Planificación.

La Actividad R3 para **Tratar los Riesgos del Proyecto** en la Etapa de Ejecución (paralela a la de Control) determina las acciones para reducir las amenazas a los objetivos del proyecto, según la prioridad de los riesgos y la disponibilidad de recursos). Las medidas de tratamiento deben ser congruentes con la magnitud del riesgo, realistas en el contexto del proyecto, acordadas con las partes implicadas y asignadas para su ejecución a las entidades adecuadas. Lógicamente se habrá elegido alguno de los métodos de estimación de riesgos que proporciona la norma ISO/IEC 31010 (por ejemplo la *matriz consecuencia-probabilidad* del riesgo resumida a título ilustrativo en el Anexo B). También se habrán seleccionado listas de riesgos y medidas reductoras experimentadas en el sector donde se desarrolla el proyecto (el sector político-administrativo en este caso). Los resultados son *Respuestas a los riesgos* y *Solicitudes de cambio*.

La Actividad R4 para **Controlar los Riesgos del Proyecto** identifica y analiza los riesgos según acaecen, las condiciones que los disparan y las medidas de respuesta planificadas (p.ej. los planes para contingencias) o requeridas para riesgos sobrevenidos o modificados en las Etapas paralelas de Ejecución y de Control. También se comprueban -y si cabe se revisan- la eficacia de las medidas; el seguimiento de políticas y procedimientos de gestión correctos; o la alineación de los recursos reservados para contingencias con los riesgos sobrevenidos. Las técnicas aplicables necesitan datos de rendimiento generados en la Construcción del proyecto y dan como resultados *acciones correctivas* y posibles *solicitudes de cambio* (incluso de cambio del plan de gestión del proyecto).

Si todo riesgo se genera por una perturbación más o menos severa (sea incidencia o contingencia) en el desarrollo del proyecto y que pueda desviarlo de su objetivo, puede volverse a aplicar la Teoría General de Sistemas y sus análisis consecuentes en materia de perturbaciones. "En determinadas condiciones, los sistemas abiertos se aproximan a un estado independiente del tiempo, el llamado estado uniforme... Si se alcanza un estado uniforme en un sistema abierto, es independiente de las condiciones iniciales, y determinado sólo por los parámetros del sistema... Se alcanza **equifinalmente** el mismo estado final a

partir de distintas condiciones iniciales y tras **perturbaciones** del proceso... En sistemas abiertos pueden darse fenómenos de exceso y de arranque en falso, en los que el sistema empieza por proceder en dirección opuesta a la que a fin de cuentas conducirá al estado uniforme".<sup>17</sup>

Si se toma el riesgo  $R$  como atributo relevante del proyecto, el análisis de su trayectoria en función del paso del tiempo  $t$ , permite en cada momento de decisión  $t_d$  ver cómo puede afectar una perturbación al desarrollo posterior de  $R$ , o sea al incumplimiento del proyecto. El análisis deja transcurrir cierto tiempo (de periodo transitorio) para alcanzar el estado 'estacionario', que suele verse como 3 tipos básicos de 'atractor' (fig.4):

- **Atractor 'puntual'**: la trayectoria  $R(t)$  arranca de un valor  $R_d$  de la 'cuenca de atracción' de  $R$ . Tras esta perturbación-incidencia, que probablemente no requiera medidas, se sigue teniendo así un **proyecto gobernado** dónde  $R$  tiende hacia un estado final conseguido con un Riesgo residual  $R_d$  predecible (fig.1)
- **Atractor 'periódico'**: la trayectoria  $R(t)$  arranca de un valor  $R_d$  de la 'cuenca de atracción' de  $R$ . Tras esta amenaza -y si responde a medidas reductoras- la aplicación eficaz de éstas consolida que el **proyecto gobernable** mantendrá una expectativa suficiente de 'éxito' de cumplimiento de objetivos situada entre límites  $[R_{min}, R_{max}]$  de Riesgo residual (pese a la incertidumbre intrínseca de todo estado futuro).
- **Atractor 'extraño'**: la trayectoria  $R(t)$  es muy sensible al valor  $R_d$  situado fuera de la 'cuenca de atracción' de  $R$ . Tras esta amenaza, que no responderá a medidas reductoras (por falta de éstas o por imposibilidad), se tendrá un **proyecto ingobernable** que lleva a su 'fracaso' respecto a sus objetivos y a la decisión de su abandono y/o el arranque de otro proyecto).

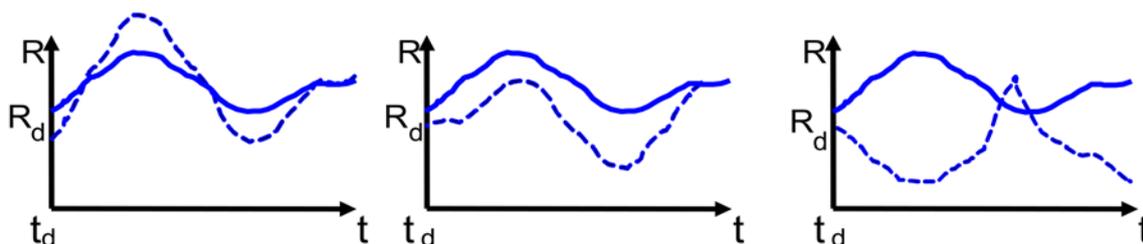


Figura 4. Gobernabilidad de los proyectos y 'atractores' para su riesgo  $R$  (fuente propia)

Cada sector utiliza métodos particulares de análisis y gestión de los riesgos de sus sistemas y proyectos con ayuda de listas específicas de amenazas y de medidas para reducirlas. Esta aportación se centra en las principales medidas reductoras de los riesgos referentes a los dos megafactores considerados en la matriz  $\{X,Y\}$ , cuyas magnitudes (baja, alta) han servido para decidir los métodos más adecuados (norma 31010) e incluso elementos de las estructuras organizacionales (sistemas de comunicación, información, decisión).

Como muestran p.ej. Eurométodo (el estándar europeo de dirección de procesos contractuales) e ISPL (su versión 2 para proyectos de Sistemas de Información), la instalación a lo largo de un proyecto de hitos intermedios de control (del riesgo de desviación) y de decisión (para aplicar medidas reductoras) se relaciona con las magnitudes de la matriz  $\{X,Y\}$ . Controles y decisiones que consumen recursos adicionales.

La **frecuencia** de dichos hitos, relacionada sobre todo con la magnitud de la **complejidad  $X$**  del proyecto, fragmenta de hecho éste en una serie de proyectos sucesivos más simples entre los estados de cada dos hitos. Cada subproyecto arranca de un estado y llega a un resultado-riesgo de desvío intermedio, dónde suele decidirse la aplicación de medidas potencialmente reductoras para conseguir, con el subproyecto siguiente, un riesgo menor; y así hasta llegar al estado final resultante con un desvío o Riesgo residual menor que si no se hubiera hecho dicha fragmentación del proyecto con los hitos (fig.1 y fig.5).

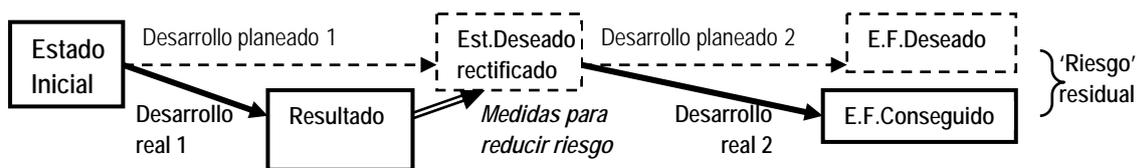


Figura 5. Gestión del proyecto con hitos de control para reducir el desvío- riesgo de incumplimiento (fuente propia)

La magnitud de la **incertidumbre  $Y$**  está más relacionada con la profundidad de las medidas reductoras y su efectividad. Los sucesivos subproyectos fragmentan con mucha más fuerza un proyecto inicial que carece de un objetivo claro, por lo que el primer subproyecto se fija un destino intermedio razonable, dónde toma medidas no sólo reductoras del desvío anterior, sino sobre todo reorientadoras hacia el presunto siguiente

destino intermedio; y así sucesivamente. En este caso, el mayor desconocimiento de unas amenazas menos planificables, junto a la mayor intensidad de los riesgos-desvíos y la más necesaria agilidad de las medidas reductoras (poco conseguible) apuntan a situaciones de **proyecto ingobernable** que suelen exigir volver a hitos anteriores, con el consiguiente consumo mucho mayor de recursos adicionales para la re-planificación.

## 8. Sistemas Organizativos adecuados a la magnitud de los riesgos

En general las magnitudes altas de X e Y pueden exigir incluso la modificación de estructuras organizativas para poder enfrentarse a situaciones más problemáticas. Para enfrentarse a la fragmentación ‘controlada’ de un proyecto a reconstruir incrementalmente por una síntesis de sus resultados intermedios hacia un resultado final aceptable, una **complejidad X alta** obliga a una mayor participación de partes implicadas; mientras que una **incertidumbre Y alta** lleva a una organización más flexible en la adopción de cambios en los objetivos y la experimentación evolutiva de prototipos de subproyecto más o menos desechables.

La conexión entre personas dirigentes –o líderes- y dirigidas –o lideradas- en las organizaciones determina una matriz {X,Y} de estructuras organizacionales que liga a una X (baja, alta) un tipo de estructura más **jerárquica** (con burocracia más concentrada) o más **participativa** (con energía o autoridad más distribuida); y que liga a una Y (baja, alta) una dirección más **impuesta** o más **auto-organizada** (fig.6)

### ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

1. Burocracia (mando y control)
2. Equipos impuestos (calidad...)
3. Liderazgo informal
4. Redes emergentes

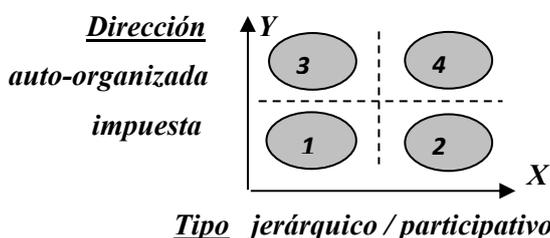


Figura 6. Estructura Organizacional según las magnitudes de la Complejidad X y la Incertidumbre Y (fuente propia)

1. La **burocracia de ‘mando y control’**, estructura tradicional de conexión entre líderes y miembros, sigue vigente en la mayoría de las organizaciones pese a las recomendaciones de los expertos en gerencia.
2. Los **equipos ‘impuestos’** han proliferado en el último cuarto del siglo XX, en general para el desarrollo de la calidad y la innovación (círculos de calidad, equipos de proyecto de reingeniería de procesos...).
3. El **liderazgo ‘informal’** funciona como una estructura complementaria y suele controlarse por la dirección burocrática; o bien es una estructura experimental en los niveles de bajo riesgo directivo de la organización. También viene siendo la forma espontánea de auto-organización que suele emerger durante una crisis, pero sigue conservando una estructura jerárquica o deriva hacia la regeneración de ésta.

Las estructuras 2 y 3 tienen una estructura de autoridad distribuida, pero semi-impuesta, inducida o, como mucho, toleradas (incluso en el caso del liderazgo informal). No son estructuras emergentes, radicalmente alejadas de la vieja jerarquía del ‘mando y control’. Incluso pueden representar un mensaje contradictorio de la alta dirección. En todo caso la experiencia muestra que la motivación y la innovación tampoco se consiguen sin ciertas dosis de autoridad distribuida y autogenerada.

4. Las **‘redes emergentes’**, ni impuestas ni jerárquicas, nacen de procesos de auto-organización y tienen su energía y autoridad distribuidas. Pese a una historia tan antigua como la existencia de las organizaciones, se han estudiado poco, al creerse que amenazan explícitamente a la jerarquía tradicional de ‘mando y control’, que las califica como procesos “fuera de control”. La investigación de los Sistemas Complejos Adaptativos SCA y su auto-organización permite mejorar el conocimiento de las posibilidades adaptativas que ofrecen estas estructuras, así como entender la ‘emergencia’ de nuevas características (agentes, relaciones...) en tiempos de fusiones y asociaciones de entidades (empresariales o no) a riesgo compartido –*joint-ventures*–.

Para ciertos autores la teoría de la complejidad ha llegado justo a tiempo para adaptarse a los negocios e instituciones actuales. La *“aparición espontánea del Liderazgo Informal y de las Redes Emergentes contiene la capacidad de introducir esas estructuras y procesos innovadores en los sistemas para que sean más adaptables a los entornos cambiantes. [Conviene] explorar qué implica exactamente la emergencia en los sistemas complejos; y cómo los líderes no deben eliminar, sino aprender a ‘dirigir esas olas de emergencia’ hacia estructuras organizativas más innovadoras y adaptativas”*.<sup>18</sup>

## 9. Gobernando los proyectos por sus riesgos

El gobierno de un proyecto por sus riesgos (de desvío respecto al objetivo de ‘éxito’) puede apreciarse mejor con la metáfora de la conducción de un vehículo deportivo, donde éste representa al proyecto, la pista es el

entorno de su desarrollo y el conductor es su gestor. Al ejecutar la conducción se ponen en función unas u otras capacidades cerebrales, según las características de las reglas a las que hay que someter el vehículo (con una complejidad X alta) y las de la pista que constituye el entorno (con una incertidumbre Y baja o alta).

Por una parte, el análisis de capacidades cerebrales parte del **mapa organizacional-cerebral de Hall**, con su modelo de 6 ‘disciplinas’ que vincula las funciones organizadoras de proyectos a funciones intelectuales localizadas en zonas cerebrales (Anexo D).

Por otra parte, se realizan dos grandes tipos de competiciones de vehículos deportivos: las de **‘fórmula 1’** para máquinas complejas sobre pistas precisas, por circuitos especiales preparados y con riesgos ‘previsibles’ (aunque tengan fama como alguna ‘curva de la muerte’ en los circuitos de Le Mans, del Jarama o de Monza); o las de **‘rallies’** para máquinas menos delicadas sobre trayectos aproximativos por pistas de entornos poco o nada preparadas y erizadas por tanto de riesgos previsibles e imprevisibles (el Paris-Dakar es su paradigma).

La conducción de tipo **‘rally’**, orientada a un proyecto de **alta incertidumbre Y** (al transcurrir por pistas y entornos con amenazas importantes previsibles e imprevisibles), implica dos funciones gestoras: (fig.7)

- El copiloto hace un seguimiento preventivo del circuito y su entorno; va consultando un plan y transmite al piloto los riesgos conocidos de la pista (con amenazas previsibles) y que se han adquirido antes de la prueba (en el pasado). Para cumplimentar estas funciones de ‘memoria del pasado’ y ‘lógica de lo conocido’, el copiloto usa capacidades funcionales residentes en el hemisferio izquierdo del cerebro.
- El piloto atiende las indicaciones preventivas del copiloto (por amenazas previsibles) para incluirlas como ‘imaginación del futuro’ esperable en la pista y preparar las maniobras a más largo plazo (cambio de marchas y de velocidad). Está pendiente de lo ‘desconocido’ (amenazas imprevisibles) que pueda surgir durante la conducción (con freno y volante) usando capacidades del hemisferio derecho cerebral.

Esta correlación de las dos funciones del copiloto y el piloto de ‘rallies’ con los dos hemisferios cerebrales pueden resolverse en los proyectos (según sean su envergadura y los recursos disponibles) por un equipo de gestores o por un único gestor con aptitudes para diferenciar, combinar y realizar ambas funciones.

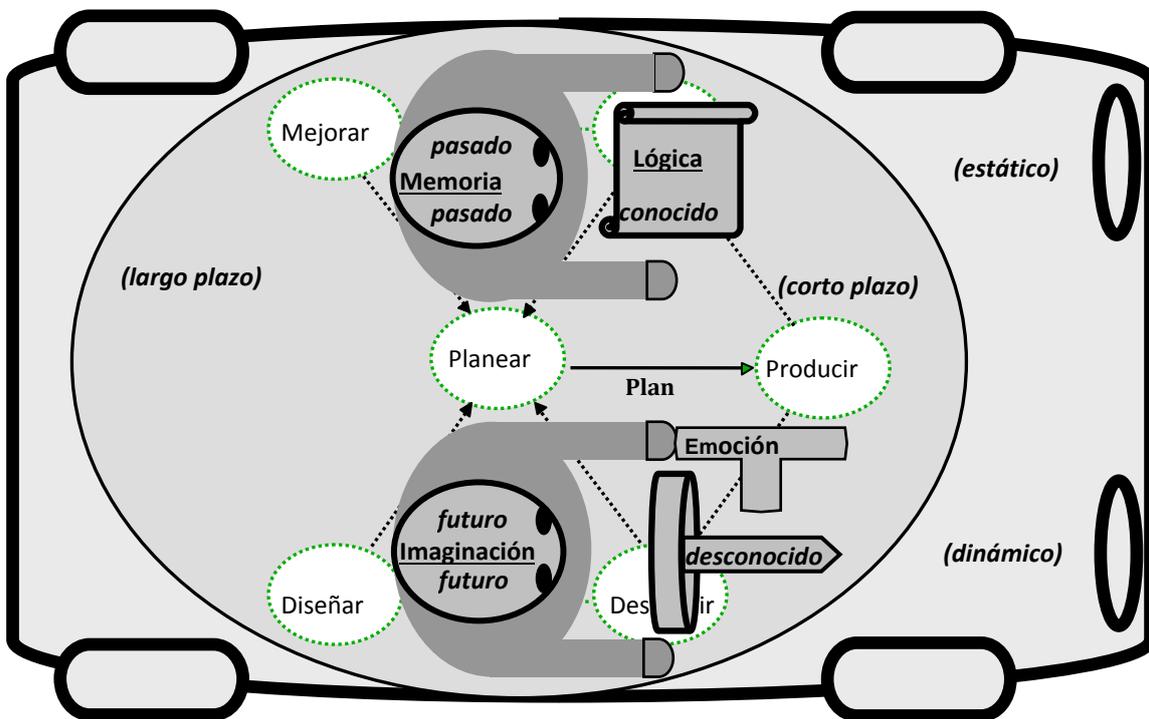


Figura 7. Visión de la cabina de un coche rally superpuesta a las zonas de funciones cerebrales de Hal (fuente propia)

La **baja incertidumbre Y** en la **‘Fórmula 1’** exige un único piloto-gestor para conducir el coche-proyecto, por alta que sea su **complejidad**, siempre que el ‘circuito’ presente **variaciones previsibles** curvas localizadas por fuertes que sean), ya que está aislado de cualquier incidencia del entorno por barreras infranqueables.

El conductor utiliza todas las capacidades funcionales cerebrales, pero con distinta proporción a como las emplea el equipo de ‘rallies’: realiza funciones frontales o a corto plazo: sea para recordar de inmediato, con

el hemisferio izquierdo, la lógica de un ‘circuito’ que es ‘conocido’; sea para anticiparse, con el hemisferio derecho, a lo desconocido de la curva inmediata –algo inminente pero no realizado aún- y para adaptarse al circuito (la referencia prevista que estructura el proyecto). Puede así concentrarse más en los indicadores de funcionamiento de la máquina, con planes de contingencia para responder a eventos previsibles (averías, pinchazos, incendios, etc.) pero no ‘fechables’ y garantizar el éxito del proyecto (ojeando a sus adversarios).

En definitiva, los dos tipos de conducción entrañan dos grandes **estrategias de gestión del proyecto**: una **‘proactiva’ de planificación**; otra **‘reactiva’ de respuesta** (a alertas) y **aprendizaje** de experiencias previas. El modelo MacPRYX<sup>19</sup> recoge las dos estrategias (‘rally’, ‘fórmula’) de gobierno de proyectos, actuando por medio de 4 funciones canónicas en cualquier proyecto: selección, planificación, seguimiento, terminación.

- la Selección busca toda la información posible sobre el proyecto y su entorno, para establecer un objetivo externo al proyecto, asegurando tanto la viabilidad del objetivo (en claridad, alcance y recursos) como una estructura de desarrollo del proyecto que permita apoyarse en técnicas *GPO* (*gestión por objetivos*);
- la Planificación prepara en forma proactiva planes de contingencia y políticas de salvaguarda para prevenir los riesgos previsibles y responder a su materialización con los recursos necesarios (incluidos ‘colchones’);
- el Seguimiento de la Ejecución reacciona a las señales de alerta establecidas por las funciones anteriores, con las medidas reductoras previstas (políticas deducidas de los planes de contingencia para amenazas previsibles) y con los recursos genéricos, previstos (‘colchones’) o no que atienden eventos imprevisibles (incluida la flexibilidad que requiere la respuesta no previsible a los errores con recursos de aprendizaje);
- la Terminación recoge en forma de aprendizaje –previsible- las experiencias y métricas del proyecto para preparar la aplicación de nuevos parámetros a los proyectos sucesivos.

En la Fase de Ejecución se podrán reiterar las funciones anteriores (planificación, seguimiento, terminación provisional). Esta reiteración se realiza en forma de **módulos** para la complejidad X o de **prototipos** para la incertidumbre Y, en virtud de las necesidades constructivas del contenido del proyecto (figura 8):

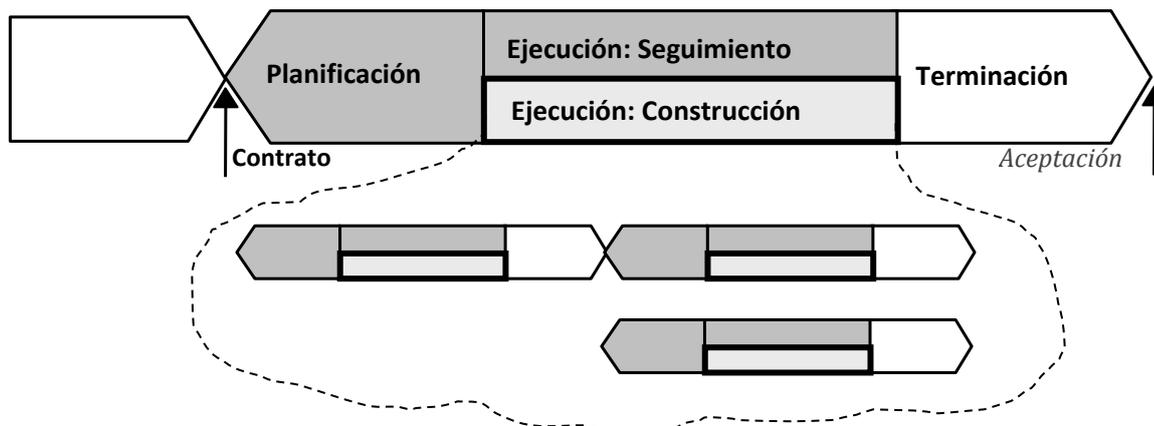


Figura 9. Descomposición de la Ejecución del proyecto en subproyectos (módulos o prototipos) (fuente propia)

### Conclusión: Gobernando proyectos en un mundo incierto

El desarrollo realista de los sistemas dinámicos abiertos a un mundo-entorno de alta incertidumbre Y requiere una gestión de proyectos de alta complejidad X. La gestión y los riesgos de ‘no éxito’ de éstos se ha estudiado en los sectores económico-productivos mucho más que en los sectores socio-políticos, pero éstos pueden usar los métodos y resultados de aquéllos con un notable aprovechamiento. Esta aportación recorre así una serie de procedimientos que pueden considerarse como canónicos. Se parte de una valoración **alta** de las magnitudes de X e Y, lo que lleva a elegir un método genérico de análisis y gestión de riesgos para esos proyectos de tipo **‘matriz consecuencia-probabilidad’**, particularizado con las listas de amenazas y medidas reductoras que aporta la experiencia consolidada, a comprobar con las partes implicadas. El valor alto de X e Y permite la selección de las **redes emergentes** como la estructura más adecuada (auto-organizada, poco jerarquizada, desconcentrada, participativa y flexible) incluso con indicaciones de apoyo de la gestión en sistemas de información para la decisión estratégica y en cuadros de mando integrales. Una conducción de tipo **‘rally’** debe tomar medidas ante las amenazas de desvío de los proyectos, pudiendo segmentarlos como ‘módulos’ manejables y/o como ‘prototipos’ para reemprender la marcha tras accidentes o desvíos serios.

**Anexo A: Cuadro de las 39 Actividades de ISO 21500 por Etapas (5) y Grupos de Materias (9)**

**Table 1 - Project management processes cross-referenced to process and subject groups**

Subject groups	Process groups				
	Initiating	Planning	Implementing	Controlling	Closing
<b>Integration</b>	4.3.2 Develop project charter	4.3.3 Develop project plans	4.3.4 Direct project work	4.3.5 Control project work 4.3.6 Control changes	4.3.7 Close project phase or project 4.3.8 Collect lessons learned
<b>Stakeholder</b>	4.3.9 Identify stakeholders		4.3.10 Manage stakeholders		
<b>Scope</b>		4.3.11 Define scope 4.3.12 Create work breakdown structure 4.3.13 Define activities		4.3.14 Control scope	
<b>Resource</b>	4.3.15 Establish project team	4.3.16 Estimate resources 4.3.17 Define project organization	4.3.18 Develop project team	4.3.19 Control resources 4.3.20 Manage project team	
<b>Time</b>		4.3.21 Sequence activities 4.3.22 Estimate activity durations 4.3.23 Develop schedule		4.3.24 Control schedule	
<b>Cost</b>		4.3.25 Estimate costs 4.3.26 Develop budget		4.3.27 Control costs	
<b>Risk</b>		4.3.28 Identify risks 4.3.29 Assess risks	4.3.30 Treat risks	4.3.31 Control risks	
<b>Quality</b>		4.3.32 Plan quality	4.3.33 Perform quality assurance	4.3.34 Perform quality control	
<b>Procurement</b>		4.3.35 Plan procurements	4.3.36 Select suppliers	4.3.37 Administer procurements	
<b>Communication</b>		4.3.38 Plan communications	4.3.39 Distribute information	4.3.40 Manage communications	

NOTE: This table does not represent activities to be done in a chronological order. The table's only purpose is to map subject groups and process groups.

**Anexo B: Ejemplo de método para el análisis y gestión de los riesgos de un proyecto**

La *'matriz consecuencia-probabilidad' del riesgo* es un método genérico y por tanto aplicable a distintas actividades de gestión del riesgo.<sup>20</sup> El modelo comprende un submodelo de 6 entidades articuladas según un submodelo de eventos (fig.6):<sup>21</sup> activos, amenazas, vulnerabilidades, impactos, riesgos, medidas reductoras.

- **Activos:** recursos del sistema o relacionados con él necesarios para que la organización funcione correctamente y alcance los objetivos propuestos. El activo global es aquí el éxito del proyecto y comprende varios niveles (para facilitar la visión de sus dependencias por encadenamiento o transmisión de riesgos).
- **Amenazas:** eventos que desencadenarían incidencias productoras de daños materiales o no en los activos.

- **Vulnerabilidad:** posibilidad de ocurrencia de una amenaza sobre un activo (a veces % de probabilidad).
- **Impacto:** consecuencia de la amenaza materializada sobre el activo (a veces % de degradación).
- **Riesgo:** resultado que combina de forma cualitativa (y a veces cuantitativa, lo que permite globalizar un riesgo total) los niveles de la vulnerabilidad y el impacto (dando más peso a éste). Esto permite una clasificación de riesgos (para atender antes los casos más dramáticos) y la comparación con un ‘umbral de riesgo’ de valor prefijado (para decidir si el riesgo es asumible).
- **Medida reductora:** acción que reduce el riesgo, gastando recursos técnico-organizativos que permiten valorar el beneficio-coste de su aplicación. La medida será ‘preventiva’ si reduce la vulnerabilidad antes de que actúe la amenaza y será ‘curativa’ si reduce el impacto después de que actúe la amenaza.

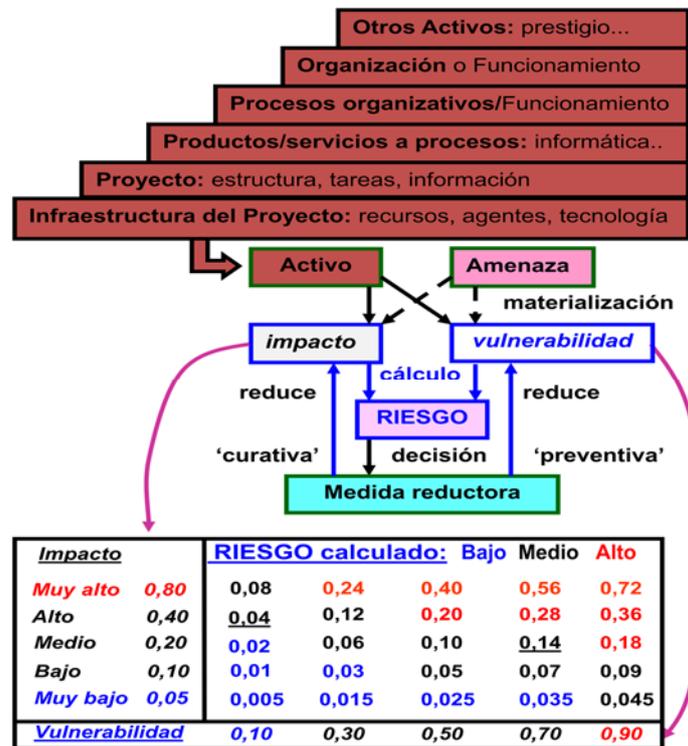


Figura 6. Método MAGERIP de Análisis y Gestión de los Riesgos en Sistemas-Proyectos (Fuente: propia)

**EJEMPLO SENCILLO: Análisis y Gestión del Riesgo de un proyecto (según el modelo de Webster)**

**ANÁLISIS: Amenazas (Factores de Riesgo)**

	Impacto	Vulnerabilidad
1. Pérdida de un miembro clave del equipo	Alto	Alta
2. Desarrollo de funciones equivocadas	Bajo	Alta
3. Miembros del equipo no disponibles	Alto	Baja
4. Cambio en las Especificaciones	Bajo	Alta
5. Nuevos requerimientos en el transcurso	Alto	Alta
6. Un miembro del equipo no colabora	Bajo	Baja
7. Recorte en el presupuesto	Alto	Baja

**ANÁLISIS: Medida de salvaguarda**

	si	Impacto y Vulnerabilidad
Aceptar el riesgo (no hacer nada)		Bajo * Baja
Prevenir (planificar salvaguardas preventivas)		Bajo * Alta
Controlar (medidas curativas en el seguimiento)		Alto * Baja
Duplicar (prevenir contingencia y aplicarla si es necesaria)		Alto * Alta

**GESTIÓN: MEDIDAS (contra amenazas)**

Impacto Alto	<b>Controlar</b> (amenazas 3 y 7)	<b>Duplicar</b> (amenazas 1 y 5)
Impacto Bajo	<b>Aceptar el riesgo</b> (amenaza 6)	<b>Prevenir</b> (amenazas 2 y 4)
	<i>Vulnerabilidad Baja</i>	<i>Vulnerabilidad Alta</i>

## Anexo C. Demostración de la suficiencia de los dos factores Complejidad e Incertidumbre

(copia del Anexo del artículo ‘Driving IS projects, from research to practice’).<sup>22</sup>

Risk - defined as a variable related with change - in any project (seen as a dynamic *system S* interfacing with its *environment E*) needs two and only two mega-factors, the complexity *X* of *S* and the uncertainty *Y* linked to relations between *S* and *E*. The proof will rely on two considerations:

1. The characterization of both factors *X* and *Y* by two shapes of the same entropic variable in the two complementary sets *S* and *E*, embraceable by only one global entropic variable in the union *ES* of both sets, gathering both factors as instances of a *mega-complexity Z*.
2. The exhaustive ecosystem *ES* of the ‘universe’ embraced by *S* and its *E*. That property is needed only for the boundary relations between *S* and *E*, where the ‘distance’ to the boundary would weaken, like in the gravitational models.

### C.1 Complexity, uncertainty, entropy and information

The proof starts from the Shannon axiom about the conceptual identification between uncertainty and some kind of entropy, in order to extend this axiom to a new analogy between the complexity of the system and another type of entropy. If  $p(i)$  in the Shannon formula measures the probability that an individual belongs to the species *i*, the System Entropy or ‘diversity’ *AI* (the amount of Average Information of *S*) provides a measurement of its complexity. We can define both concepts of *System Complexity X* and *Environment Uncertainty Y* based on two different kinds of the same entropy: 1) with *S* and *E* considered separately; 2) or together, based on a combined entropy of the *combined ecosystem ES of S and E*.

In order to coordinate these three entropies, the *Information Theory* can be applied to ecosystem *ES* in its part referred to the source, alternatively or jointly with *Systems Theory*, reconstructing all the Shannon arguments on this combination of Information and Systems Theories. The ‘ecomatic’ model starts therefore from a structure of three sets (*E, S, ES*) with the three types of **entropy** that measure the different amounts of structural information needed to describe the system *E*, its environment *S* and the relation between both (the accepted additivity of entropies and other dimensionally similar operands follows the traditional Boltzmann-Gibbs formulation of energy and entropy; a generalization of this formulation can be seen in C. Tsallis and E. Cured, ‘*Generalized statistical mechanics: Connections with thermodynamics*’, *Journal of Physics*, 1991).

The omission of any evolution parameter, like time *t*, does not imply that the situation can not be modified, but only that the regime is considered stationary or non transitory:

- 1) The *complexity X of system S* is the entropy *H* of the structure (of states  $s_i$ ) of *S* and measures in which degree its alternatives can be reached:

$$X[S] = H[S] = -\sum_n p(s_i) \log_2 p(s_i); X[S] \leq \log_2 n; \quad (1)$$

$$S = \{p(s_i)\},$$

where *S* is the set of probabilities of the *n* states  $s_i$  of *S*.

- 2) The *uncertainty Y of environment E* is the entropy *H* of the structure (of states  $e_j$ ) of *E* and measures in which degree its alternatives can be reached:

$$Y[E] = H[E] = -\sum_m p(e_j) \log_2 p(e_j); Y[E] \leq \log_2 m; \quad (2)$$

$$E = \{p(e_j)\},$$

where *E* is the set of probabilities of the *m* states  $e_j$  of *E*.

- 3) The *average entropy H[S/E]* of system *S* for a ‘standard’ state of environment *E* connects complexity and uncertainty in the ecosystem *ES*:

$$H[S/E] = \sum_m p(e_j) H[S/E = e_j] \quad (3)$$

$$= -\sum_m \sum_n p(e_j) p(s_i/e_j) \log_2 p(s_i/e_j)$$

- 4) The *transmission T[S,E]* between *S* and *E* is the average amount of information trans-bordered, *H[S]* exits from *S*, but *H[S/E]* will not arrive to *E*:

$$T[S, E] = H[S] - H[S/E] = H[E] - H[E/S] = T[E, S] \quad (4)$$

### **C.2 The internal complexity of the system, seen as a specialized connectivity**

Reducing now the analysis to some structural parameters internal to the system S (out of its environment E), we define two probabilities of an ‘informational’ variable V (a concept that will appear latter) for each element or node i of S: the *probability p(Vr<sub>i</sub>) of reception of V by i*; and the *probability p(Vd<sub>i</sub>) of diffusion of V from i*. Each of them corresponds to this node i with respect to the n nodes of S:

$$p(Vr_i) = Vr_i / \sum_n Vr_i; p(Vd_i) = Vd_i / \sum_n Vd_i \quad (5)$$

The connecting arcs between nodes (i,j) of S can be defined by the n<sup>2</sup> conditional probabilities p(Vd<sub>i</sub>/Vr<sub>j</sub>), that is to say the part of all the V diffused from node i, whenever V would be received in node j, with respect to the whole reception in j. This *matrix of interaction p(Vd<sub>i</sub>/Vr<sub>j</sub>)* is related thus with the probabilities p(Vd<sub>i</sub>) and p(Vr<sub>j</sub>), where p(Vd<sub>i</sub>,Vr<sub>j</sub>) is the probability of each connection (i,j).

$$p(Vd_i) = \sum_j p(Vd_i / Vr_j)p(Vr_j) = \sum_j p(Vd_i, Vr_j), \quad (6)$$

Any flow graph of any type of variable V is considered like a transmission graph of V with arcs between two nodes, each one taken one time like a *source or global Diffuser D<sub>i</sub>{Vd<sub>i</sub>}* and another time like a *sink or global Receiver R<sub>j</sub>{Vr<sub>j</sub>}*.

The *entropy H[D<sub>i</sub>] of the node i* is the amount of information diffused with respect to variable V and measured in bits:  $H[D_i] = -\sum_i p(Vd_i) \log_2 p(Vd_i)$  (7)

(H[D] considered like diversity of V exits; and H[R] considered like diversity of V entrances).

The *entropy H[D<sub>i</sub>,R<sub>j</sub>] of the connection between two nodes (i,j)* with respect to V can be represented by:

$$H[D_i, R_j] = \sum_i \sum_j p(Vd_i, Vr_j) \log_2 p(Vd_i, Vr_j) \quad (8)$$

The *connectivity index K[D<sub>i</sub>,R<sub>j</sub>]* is the sum of the connection entropies between all the n nodes:

$$K[D_i, R_j] = \sum_n H[D_i, R_j] \quad (9)$$

The limit K<sub>min</sub> corresponds to the less connected graph and K<sub>max</sub> corresponds to the most connected or rigid graph, with n<sup>2</sup> equiprobable arcs, where n is the number of arcs or the number of nodes:

$$K_{min} = \log_2 n \quad \text{and} \quad K_{max} = 2K_{min} \quad (10)$$

K is thus a first complexity index of S that "measures uncertainty of the simultaneous events", according to [19]. In strict Information Theory and in the attainable domain of K:

$$K[D_i, R_j] = H[R_j] + H[D_i/R_j] = H[D_i] + H[R_j/D_i] \quad (11)$$

The *transmission of information T[D<sub>i</sub>,R<sub>j</sub>]* by an arc (a ‘noisy channel’) with respect to V is interpreted like a ‘mistake’. It is also seen in strict Information Theory as:

$$T[D_i, R_j] = H[D_i] - H[D_i/R_j] = H[R_j] - H[R_j/D_i], \quad (12)$$

$$\text{where } H[D_i/R_j] = -\sum_i \sum_j p(Vd_i)p(Vd_i, Vr_j) \log_2 p(Vd_i/Vr_j) \quad (13)$$

$$T \text{ carries on a specialization degree of interactions between nodes: } 0 < T < \log_2 n, \quad (14)$$

(log<sub>2</sub>n is the greatest specialization or transmissibility).

$$\text{In the limit of a channel without noise, where } p(Vd_i/Vr_j) = p_{ij}, \quad (15)$$

the ‘mistake’ disappears; or it equals the value H of the source of information if the transmission is lost in the channel:  $p(Vd_i/Vr_j) = p(Vd_i)$  (16)

The *global ‘mini-complexity’ of system S* is a type of internal complexity resumed as the duple <K,T> of *connectivity K* and *specialization T* of the S graph. K and T are associated in several ways, as Venn diagram shows easily (see figure C1).

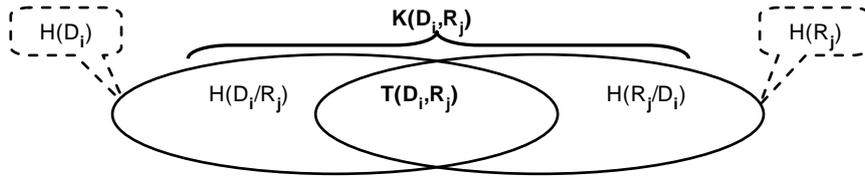


Fig. C1. Venn diagram for mini-complexity of system S (source: own development).

Thus:  $K[D_i, R_j] + T[D_i, R_j] = H[D_i] + H[R_j] \leq 2 \log_2 n$  (17)  
 $K[D_i, R_j] - T[D_i, R_j] = H[R_j/D_i] + H[D_i/R_j],$

As  $K - T > 0$ ; then  $K > T$  (18)

**C.3. Interaction between the system S and its environment E**

The partition of S into n components (or nodes) is initially arbitrary; but once conceived or made, the structural probabilities  $\{p(Vd_i/Vr_j), p(Vr_j)\}$  remain completely defined. The real problem will only require adding some restrictions (inequations). E.g. we obtain stationary states related to activity V if the V flow disappears in each node of the graph (the node neither gains nor loses V); that is:

$p(Vd_i) = p(Vr_i)$  for all  $i = 1, \dots, n$  (19)

All this can now be applied if the ecosystem ES is considered like an isolated system, taking the environment E like a node, node '0'. The uncertainty Y of E relating E (now node '0') to the other nodes of S can be considered in this case as a special type of complexity (or relation <K,T> between nodes) included in a 'mega-complexity' Z of ES seen as an isolated system (see figure C2).

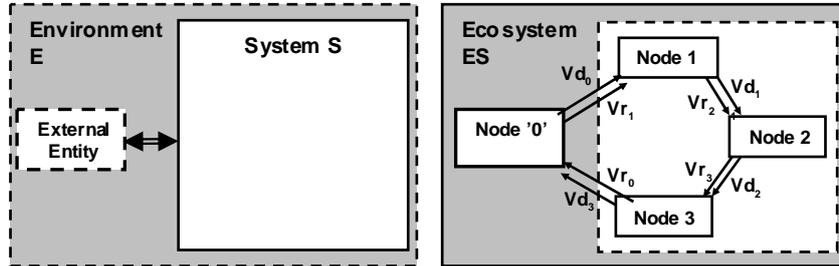


Fig. C2. Dual view of S+E or ES (source: own development).

Coming back to the modification scheme M of the ecosystem ES as the set of probabilities  $\{p(s_i/e_j)\}$  and taking now the set of states of (E,S) as the variable V:

$K[E, S] = H[E] + H[S/E] = K[S, E]$  (20)  
 $= -\sum_n \sum_m p(s_i, e_j) \log_2 p(s_i/e_j) = H[M] = Z[M]$

that is to say the 'mega-complexity' Z of the ecosystem ES.

The matrix of conditional probabilities  $\{p(s_i/e_j)\}$  resumes the interaction between S and E, transmitted by a 'noisy virtual channel' acting as intermediate between two extreme values:

1) A 'permeable channel' where:  $H[S/E] = 0 \Rightarrow T[S/E] = H[S];$  (21)

that is:  $p(s_i/e_j) = 0$  if  $i < j$ ;  $p(s_i/e_j) = 1$  if  $i = j$  (22)

2) A 'non permeable channel' where:  $H[S/E] = H[S] \Rightarrow T[S/E] = 0;$  (23)

that is:  $p(s_i/e_j) = p(s_i)$  (24)

The conditional probability  $\{p(s_i/e_j)\}$  means the probability that 'informational variable'  $s_i$  is seen in system S whenever environment E emits an 'activity'  $e_j$ ; that is to say the capacity of system S to perceive what happens in its environment E and the capacity to answer to the state of E.

### Anexo D: Modelo Hall de riesgos para proyectos

Hall vincula las funciones organizativas relacionadas con los proyectos a funciones intelectuales localizadas normalmente en zonas cerebrales específicas y organizadas como modelo de 6 ‘disciplinas’.<sup>23</sup> Éstas forman 4 cuadrantes de funciones y de conciencia que se sitúan en el hemisferio cerebral izquierdo (lo estático) o en el derecho (lo dinámico) y en su zona frontal (el corto plazo) u occipital (el largo plazo). Cada cuadrante corresponde a un circuito gnoseológico, temperamental y organizativo, que se relaciona en este caso con el gobierno de los ‘proyectos’, tomados en su sentido más general (fig.D1):

- El circuito occipital izquierdo sostiene la **memoria** del **pasado** con ayuda de las disciplinas MMP (medir-mejorar-planear). La experiencia aprendida en proyectos precedentes da perspectiva a largo plazo para prever expectativas de manera práctica, consistente y programada; ayuda a desarrollar planes y procedimientos detallados; organiza los datos esenciales y mantiene su traza. La persona que use más este cuadrante se considera temperamentalmente como ordenada, detallista, secuencial, controlada.
- El circuito frontal izquierdo sostiene la **lógica** de lo **conocido** con ayuda de las disciplinas PPM (planear-producir-medir). Recoge hechos, analiza resultados y resuelve problemas a corto plazo; razona sobre lo que conoce, permite comprender el estado y destaca las discrepancias respecto al plan. La persona que use más este cuadrante se califica temperamentalmente como fáctica, lógica, racional, teórica o matemática.
- El circuito frontal derecho sostiene la **emoción** de lo **desconocido** con ayuda de las disciplinas PPD (planear-producir-descubrir). Da la perspectiva a corto plazo de las partes del plan y la producción que deben investigarse; explora los requerimientos o las tecnologías que puede tener impactos en los planes y ayuda a resolver problemas intuitivamente; lee signos de cambio cercano; se inquieta por lo desconocido y lo reconduce al reconocimiento de nuevas posibilidades; tolera la ambigüedad, hace panorámicas e integra ideas, desafiando las políticas establecidas. La persona que use más este cuadrante se califica temperamentalmente como espiritual, emocional, empática.
- El circuito occipital derecho sostiene la **imaginación** de lo **futuro** con ayuda de las disciplinas DDP (descubrir-diseñar-planear). Da perspectiva a largo plazo de las circunstancias; percibe oportunidades y las capitaliza; desarrolla una visión prospectiva basada en el propio descubrimiento; concibe nuevas maneras de vivir; se anticipa, considera valores y engendra entusiasmos. La persona que use más este cuadrante se califica temperamentalmente como holística, flexible, imaginativa, artística, sintetizadora.

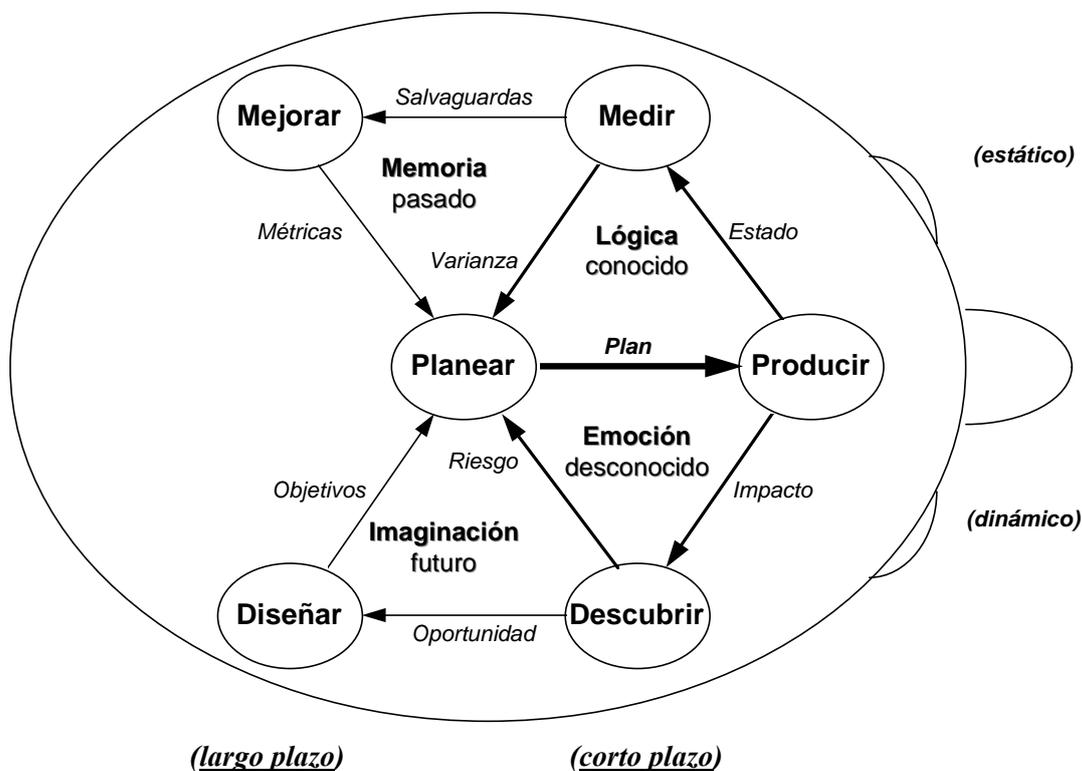


Figura D1. ‘Mapa cerebral-organizacional’ (fuente propia que amplía un esquema de Hall)

Evidentemente el cerebro es un todo interconectado y los 4 cuadrantes marcan funciones complementarias, más que tendencias o predisposiciones de ningún tipo.

---

## NOTAS

<sup>1</sup> Bertalanffy, L. '*Teoría General de los Sistemas*'. 1968 (pgs. 17 y 34 de la edición española por FCE, 1972).

<sup>2</sup> Bertalanffy, L. '*¿Qué es la organización?*' (en el libro de TGS citado). "*Características de la organización, trátese de un organismo vivo o de una sociedad, son nociones como las de totalidad, crecimiento, diferenciación, orden jerárquico, dominancia, control, competencia, etc. Es posible definir tales nociones dentro del modelo matemático de un sistema; más aun, en ciertos aspectos pueden deducirse teorías detalladas que derivan los casos especiales a partir de supuestos generales. Un buen ejemplo es la teoría de los equilibrios biológicos, las fluctuaciones cíclicas, etc. Hay, sin embargo, muchos aspectos de organizaciones que no se prestan con facilidad a interpretación cuantitativa... Tenemos así que conformarnos con una 'explicación en principio', argumentación cualitativa que, con todo, no deja de conducir a consecuencias interesantes.*" No deja de ser curioso el siguiente párrafo, aplicable a los bipartidismos mundiales y nacionales: "*De acuerdo con la ley de inestabilidad, muchas organizaciones no están en equilibrio estable sino que exhiben fluctuaciones cíclicas resultantes de la interacción entre subsistemas... La importante ley del oligopolio afirma que, si hay organizaciones en competencia, la inestabilidad de sus relaciones, y con ello el peligro de fricción y conflictos, aumenta al disminuir el número de dichas organizaciones. Mientras sean relativamente pequeñas y numerosas, salen adelante en una especie de coexistencia, pero si quedan unas cuantas, o un par, como pasa con los colosales bloques políticos de hoy, los conflictos se hacen devastadores hasta el punto de la mutua destrucción.*"

<sup>3</sup> Milsum, J.H. '*La base jerárquica para los sistemas generales vivientes*' (en 'Tendencias en la TGS'-selección y prólogo de G.J.Klir-. John Wiley & sons, 1972).

<sup>4</sup> Sobre las relaciones de E y S, según la norma ISO 21500 aquí empleada: "*el entorno del proyecto puede afectar a su ejecución y a su éxito. El equipo de proyecto debe considerar los factores internos y los externos a los límites de la organización (socioeconómicos, geográficos, políticos, legislativos, tecnológicos, ecológicos)... [Estos factores] pueden tener un impacto sobre el proyecto mediante la imposición de restricciones o la introducción de riesgos que afectan al proyecto (y que deben considerarse aunque estén frecuentemente fuera del control del director de proyecto)*".

<sup>5</sup> En puridad también puede haber riesgos de tipo 'oportunidad' que sean factores de 'éxito' en el cumplimiento de los objetivos del proyecto, pero carecen de interés para el razonamiento de este artículo

<sup>6</sup> La norma IS 21500 se completa con otros documentos que probablemente también se estandarizarán. Se trata de la llamada Dirección de un Programa de Proyectos (coordinados entre sí) o Dirección de un Portfolio de Programas de Proyectos (que se reparten unos recursos determinados y 'compiten' por ellos). Así mismo conviene destacar aquí la consideración específica –pero incluida en IS 21500- del sector político-económico de las Administraciones Públicas que viene editando el muy influyente PMI –Project Management Institute- de EEUU como 'Government Extension to the PMBOK® Guide—Third Edition, 2006 (PMBOK, Project Management Base of Knowledge).

<sup>7</sup> Las normas de dirección de proyectos como IS 21500 suelen dejar fuera una Etapa previa de 'contratación' entre proveedor y cliente. En nuestro caso el 'cliente' sería el 'grupo' GPE y el 'proveedor' sería simplemente el 'director' o sea el encargado de hacer que el proyecto se desarrolle en las mejores condiciones posibles, dando cuenta al 'cliente'.

<sup>8</sup> Las dos Actividades de Identificar y Evaluar junto a los Riesgos los recursos y demoras que requerirán sus medidas reductoras, no sólo deben completarse 'preventivamente' en la temprana Etapa de Planificación. Incluso deben anteceder en dicha Etapa a las Actividades de Desarrollar el Presupuesto y el Cronograma, si se quiere disponer a tiempo de los recursos que necesitarán las Actividades de Controlar los riesgos y Ejecutar las medidas reductoras previstas en las respectivas Etapas de la vida del proyecto. Por otra parte, muchas amenazas organizativas peligrosas proceden de "no organizarse" suficientemente, o sea no desarrollar hasta dónde sea necesario las 39 Actividades de la Guía en todas las Etapas y en especial en la Etapa de Planificación (fig.3).

<sup>9</sup> Ashby, W.R. '*Sistemas y sus medidas de información*' (en 'Tendencias en la TGS'-selección y prólogo de G.J.Klir-. John Wiley & sons, 1972)

<sup>10</sup> Bertalanffy, L. '*El modelo de sistema abierto*' (en el libro de TGS citado).

<sup>11</sup> Wagensberg, J. '*Ideas sobre la complejidad del mundo*'. Tusquets Editores, 3ª edición 1994.

<sup>12</sup> Marcelo, J. '*Riesgo en Sistemas y Proyectos de alta Complejidad y/o Incertidumbre*'. Tesis doctoral, 2004.

<sup>13</sup> Mélése, J. '*Approches systémiques des organisations, vers l'entreprise à complexité humaine*'. Editions d'Organisation, 1990.

<sup>14</sup> Lévine, P.; Pomerol, J. '*Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts*'. Hermés, 1989.

<sup>15</sup> Le Moigne, J.L. '*Les systèmes de décision dans les Organisations*'. Presses Universitaires de France, 1974.

<sup>16</sup> En un proyecto que tenga que apoyar tomas de *decisión estratégica*, la *incertidumbre* suele prevalecer sobre la *complejidad*. Se podrá resolver con un SIAD para problemas y situaciones rutinarias, pero su complejidad llevará a elegir entre los modelos SIE y SIDE. La *obtención* de la información estratégica se vincula más a la estructura de los

puestos de trabajo, por lo que suele representar un problema de **complejidad** vinculada a la síntesis de dicha información estratégica, al partir de informaciones básicas y más desagregadas.

<sup>17</sup> Bertalanffy, L. '*El modelo de sistema abierto*' (en el libro de TGS citado).

<sup>18</sup> Goldstein, J. '*The Unshacked Organization Facing the Challenge of Unpredictability through Spontaneous Reorganization*'. '*Riding the waves of Emergence: Leadership Innovations in Complex Systems*'. Plexus Institute, Adelphi University (1996, 2001).

<sup>19</sup> Marcelo, J. '*Riesgo en Sistemas y Proyectos de alta Complejidad y/o Incertidumbre*'. Tesis doctoral, 2004.

<sup>20</sup> Según la citada norma 31010, "la evaluación de riesgos se puede aplicar en todas las etapas del ciclo de vida y se aplica por lo general muchas veces con distintos niveles de detalle para ayudar en las decisiones que se deben tomar en cada fase". Aunque "las fases del ciclo de vida tienen necesidades diferentes y pueden requerir técnicas diferentes", conviene simplificarlo empleando un método de evaluación único lo más apropiado posible.

<sup>21</sup> Los numerosos métodos de gestión de riesgos de sistemas y proyectos emplean diversas listas y técnicas para identificar los riesgos, sus formas de actuar y las salvaguardas que permiten reducirlos. En este caso el esquema procede de MAGERIP, Método de Análisis y Gestión de Riesgos en Proyectos, derivado de MAGERIT v.1, que es el Método oficial español de Análisis y Gestión de Riesgos en Sistemas de Información y Telecomunicaciones. Cuando sea ncA **éste se añade el no menos genérico método de análisis coste-beneficio (dónde se requiera)**

<sup>22</sup> Fernández-Diego, M. Marcelo, J. '*Driving IS projects, from research to practice*'. IFIP World Computer Congress, Milano, 2008. [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-387-09682-7-9\\_9#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-387-09682-7-9_9#page-1)

<sup>23</sup> Hall, E. '*Managing Risk. Methods for Software Systems Development.*, Series Software Engineering, Addison-Wesley Longman, 1998.