

PROYECTO MEJORA DE LAS ECONOMÍAS  
REGIONALES Y DESARROLLO LOCAL

---

## PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

Guía para la realización  
de ejercicios prospectivos

CUADERNO TECNOLÓGICO N°4

Autor:

**Jorge Beinstein**

Director del Centro Internacional de  
Información Estratégica y Prospectiva  
(CIEP), Universidad Nacional de La Plata

Noviembre de 2013



Unión Europea

## PROYECTO MEJORA DE LAS ECONOMÍAS REGIONALES Y DESARROLLO LOCAL



Unión Europea

Delegación de la Comisión Europea en Argentina  
Ayacucho 1537  
Ciudad de Buenos Aires  
Teléfono (54-11) 4805-3759  
Fax (54-11) 4801-1594



INTI



Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Gerencia de Cooperación Económica e Institucional  
Avenida General Paz 5445 - Edificio 2 oficina 212  
Teléfono (54 11) 4724 6253 | 6490  
Fax (54 11) 4752 5919

[www.ue-inti.gob.ar](http://www.ue-inti.gob.ar)

### CONTACTO

Información y Visibilidad: Lic. Gabriela Sánchez  
[gabriela@inti.gob.ar](mailto:gabriela@inti.gob.ar)

## PROYECTO MEJORA DE LAS ECONOMÍAS REGIONALES Y DESARROLLO LOCAL

# PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

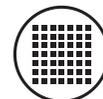
CUADERNO TECNOLÓGICO N°4

Autor:

**Jorge Beinstein**

Director del Centro Internacional de Información  
Estratégica y Prospectiva (CIIEP),  
Universidad Nacional de La Plata

Noviembre de 2013



INTI



Unión Europea

## INDICE

<b>1. PRESENTACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. PROSPECTIVA TECNOLÓGICA</b> .....	<b>5</b>
<b>3. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>31</b>

## 1. PRESENTACIÓN

La Unión Europea y el INTI firmaron un convenio de financiación destinado a mejorar la competitividad de las miPyMEs del norte argentino acercando respuestas tecnológicas apropiadas al nuevo entorno productivo industrial. Los responsables de la ejecución del Proyecto “Mejora de las Economías Regionales y Desarrollo Local” son el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en representación del gobierno nacional, y la Delegación de la Unión Europea en Argentina.

Durante más de medio siglo, el INTI ha construido capacidades profesionales e infraestructura tecnológica de relevancia que lo posicionan hoy como actor importante para aportar innovación tecnológica aplicada a los procesos productivos de toda la economía y para el desarrollo de soluciones industriales que incrementen la productividad y la competitividad de la industria nacional.

Con la ejecución de este proyecto se busca acercar la tecnología y las capacidades técnicas a las regiones de menor desarrollo relativo del país, poniendo a disposición de las miPyMEs y Pymes los medios para satisfacer las demandas de mejora de eficiencia y calidad de sus productos y/o servicios para dar un salto cualitativo en cada una de las provincias del NOA y NEA.

Por tanto, a través de un diagnóstico y evaluación de necesidades tecnológicas hecho en articulación con los gobiernos provinciales, se diseñó un plan de acción sectorial que se implementará hasta el 2015, en cinco sectores industriales determinados como prioritarios: industrialización de alimentos, curtiembre, textil, y metalmecánica junto a la gestión medioambiental como eje transversal a los sectores industriales anteriores.

El proyecto Mejora de las Economías Regionales y Desarrollo Local surge como parte de las acciones de vinculación internacional del INTI, en donde la cooperación técnica con organismos públicos y privados del mundo -presentes en el campo tecnológico- favorecen el intercambio de conocimientos como elemento fundamental para el desarrollo industrial local.

En esa dirección, uno de los componentes de este proyecto es la convocatoria de especialistas en diversas temáticas, para cumplir con misiones de trabajo en nuestro país. El objetivo de cada misión es brindar capacitaciones específicas a técnicos de las provincias norteñas, de acuerdo a la especialidad de cada experto, a grupos de trabajo de Centros Regionales de Investigación y Desarrollo así como a Unidades Operativas que conforman la red INTI, y brindar asistencia técnica a las miPyMEs que acompañen el desarrollo de las actividades del proyecto. Además, mantienen entrevistas con actores locales quienes constituyen un recurso esencial y estratégico para alcanzar los objetivos planteados.

La publicación que se dispone a conocer ha sido concebida como resultado de una misión técnica de uno de los expertos intervinientes en este proyecto. Cada experto al finalizar su trabajo en el país, elabora un informe técnico con recomendaciones para el fortalecimiento del sector para el cual fue convocado y que da lugar a la presente produc-

ción, editada con el propósito de divulgar los conocimientos a partir de las necesidades detectadas y los resultados del intercambio efectivo hecho en territorio, conjugando los basamentos teóricos con la realidad local.

### **Dra. Graciela Muset**

DIRECTORA DEL PROYECTO MEJORA DE LAS ECONOMÍAS REGIONALES Y DESARROLLO LOCAL

El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva del autor y en ningún caso se debe considerar que refleja la opinión de la Unión Europea.

## **2. PROSPECTIVA TECNOLÓGICA**

La anticipación de fenómenos sociales, en particular las innovaciones tecnológicas, constituye un área de estudio en creciente desarrollo; numerosas teorías y técnicas se han ido acumulando desde mediados del siglo pasado.

Un ejercicio de prospectiva tecnológica, basado en el análisis de sistemas, construye a partir de una detallada descripción del fenómeno evaluado y de su entramado sistémico un conjunto de evoluciones temporales posibles del mismo hasta llegar a un horizonte determinado; estos "escenarios", es decir caminos alternativos hacia el futuro constituyen un insumo decisivo del proceso de planificación de las innovaciones.

El libro de Jantsch sobre "Previsión Tecnológica", editado en 1967 (Jantsch E., 1967), fue un valioso compendio de técnicas y también un buen ejemplo de las limitaciones de una visión marcada por un reduccionismo tecnológico que le otorgaba al fenómeno excesivos niveles de autonomía en línea con la cultura dominante de esa época (Winner Langdon, 1979).

El enfoque previsionista debía tanto su poder de seducción como sus gruesos errores a su reduccionismo (tecnológico, político, económico, demográfico, etc., según el tema de trabajo). La descripción simplista de tendencias del pasado, para luego extrapolar u obtener relaciones causales, constituyó su *modus operandi* dominante.

La previsión sigue siendo eficaz en los análisis de corto plazo y aun en ciertos estudios de mediano plazo. Sus partidarios admiten que el flanco débil del enfoque consiste en su alta dependencia respecto de un cierto pasado considerado objetivo (arbitrariamente cristalizado), de sus tendencias dominantes, "*datos históricos*" cuya explotación cuantitativa es para ellos esencial ... "*si estos patrones o relaciones cambian, disminuye la exactitud del pronóstico* ..." (Makridakis.S & Wheelwright.S.C, 1991) subestimando o ignorando el rol cumplido por actores que intervienen en el proceso (instituciones académicas y tecnológicas, gobiernos, empresas, organizaciones sociales, etc.).

De todos modos la claridad de sus resultados, su contundencia didáctica, constituye una ventaja nada despreciable, en especial cuando los tomadores de decisiones necesitan respuestas rápidas limitadas a unas pocas variables decisivas.

Como sabemos, en los años setenta con la entrada en la crisis, que también significó para muchos el descubrimiento de una complejidad desbordante, la previsión mostró su insuficiencia. Representativo de esa época fue el libro de Michel Godet "*Crise de la prévision, essor de la prospective*" (Godet. M, 1977) que resumía bastante bien los esfuerzos de la "*escuela francesa*" (Jouvenel, Berger, Decouflé y otros). Godet acusaba a la previsión de tener una visión parcial de los fenómenos estudiados, de reducir su investigación a unas pocas variables "*objetivas*" y bien conocidas, de suponer la existencia de relaciones estables entre variables, de explicar el futuro a través del pasado, de establecer un futuro único y predeterminado, de utilizar modelos deterministas. La consecuencia de ello era según el autor "*una actitud pasiva o adaptativa frente al futuro, donde la acción y la libertad, es decir todo aquello que no puede ser expresado en forma de ecuación, no puede ser consi-*

derado" (Godet. M, 1977, op. cit.). Frente a las limitaciones de la previsión era propuesto el enfoque prospectivo que asumía una visión global, estudiaba un gran número de variables cuantificables o no, relaciones dinámicas entre las mismas y por sobre todo proponía un futuro múltiple no como prolongación (extrapolación) del pasado sino como clave para explicar, dar sentido a los proyectos del presente. Además utilizaba el análisis intencional, construía escenarios relativamente complejos que presentaban al fenómeno estudiado formando parte de un conjunto más vasto de interacciones sociales.

Al reduccionismo simplificador de la previsión era opuesta una visión más rica, más próxima a la realidad cambiante, capaz de integrar las rupturas, los cambios cualitativos al análisis y que frente al esquema lineal *pasado-presente-futuro* abría el juego a un abanico de futuros posibles (futuribles).

Ahora bien, como sabemos la crisis no concluyó en los años 1970 sino que prosiguió acrecentando los niveles de incertidumbre y complejidad. La prospectiva clásica o de primera generación resultaba más flexible, más amplia y por consiguiente más útil para la acción que la previsión, sobre todo en el estudio de procesos innovativos. Sin embargo así como en los años 1970 era válido hablar de "previsión insuficiente" hacia fines del siglo XX resulta igualmente legítimo constatar la "insuficiencia" de la prospectiva clásica.

Podríamos resumir la crítica diciendo que no solo las técnicas empleadas (demasiado simplificadoras, demasiado cartesianas) aparecían incapaces de aprehender una realidad crecientemente compleja. Era evidente también la incapacidad de sus fundadores (la llamada "escuela francesa") para integrar las contribuciones de la futurología y de la previsión (utilización de modelos de simulación, tratamientos de series temporales, etc.) y de realizar aproximaciones más cualitativas lo que restaba eficacia a los ejercicios prospectivos. Se trataba de una crisis juvenil de la disciplina que exigía tanto un mayor pragmatismo metodológico como una mirada más atenta a fenómenos que resistían las simplificaciones.

La complejidad y el globalismo fueron según Pierre Gonod las cuestiones de fondo, evidentes en los años 1980 y 1990 frente a las cuales la prospectiva convencional mostraba su debilidad. El autor citaba casos tales como la no anticipación del derrumbe de los regímenes del este europeo y la profundidad y duración de la crisis de la economía occidental. Y planteaba la necesidad de formular una "prospectiva de segunda generación" atenta a la complejidad, al pluralismo, forjadora de nuevos instrumentos metodológicos complejos señalando que "es ilusorio pretender entender y anticipar las alternativas de sistemas complejos a través de un pensamiento simplista" (Gonod Pierre, 1990). En el mismo camino de globalidad y complejidad se ubicaba Jacques Antoine quien insistía en que la "segunda generación" de la prospectiva debería ser mucho más social, cultural y política, poniendo el acento sobre la dinámica de los conflictos, sobre las innovaciones tecnológicas de ruptura, etc. (Antoine. Jacques, 1988).

Pero la debilidad de la prospectiva clásica se manifestaba no solo a nivel macro social sino igualmente a nivel micro, ambos igualmente complejos, también en esa época fue planteada la necesidad de que comunidades locales, pequeñas y medianas empresas y otras estructuras de dimensión menor pudieran elaborar y poner en marcha sus (micro)

planes, lo que resaltaba el interés por la microprospectiva (Beinstein Jorge, 1993).

Ahora, a comienzos del siglo XXI es posible señalar que la disciplina prospectiva va ingresando rápidamente en su segunda generación, sobre todo en la evaluación de procesos de innovación descentralizados que requieren la convergencia de una visión macroprospectiva (regional nacional, global) con el análisis prospectivo de realidades de pequeña y mediana dimensión (microprospectiva).

## ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL

Un ejercicio de prospectiva tecnológica se compone de dos grandes etapas. En la primera de ellas, a partir de la definición del fenómeno innovativo a evaluar, es descrita con el mayor detalle posible la dinámica del sistema del que forma parte. La segunda etapa está consagrada a la construcción y jerarquización de escenarios, es decir de futuras trayectorias temporales posibles del sistema focalizando la atención en el proceso innovativo estudiado. Dicho de otra manera un ejercicio prospectivo es un juego de simulación que manipulando componentes decisivas del sistema (creando hipótesis alternativas de comportamiento futuro de las mismas) lo va transformando a lo largo de un recorrido que arranca en el presente y llega a un punto determinado del futuro.

Podemos describir el ejercicio como una secuencia de siete pasos donde son aplicadas distintas técnicas de evaluación todas ellas destinadas a facilitar la reflexión del equipo de trabajo y eventualmente a un conjunto más amplio de personas interesadas en el ejercicio prospectivo (prospectiva participativa).

**El primer paso** consiste en realizar una primera descripción del sistema en torno del fenómeno innovativo objeto de estudio (una suerte de esbozo inicial), establecer claramente el horizonte temporal elegido (fecha de inicio de cada escenario y fecha de llegada) y elaborar el plan de trabajo general.

**El segundo paso** está dedicado a la detección de variables, su descripción y la selección de las más significativas que son descritas con el mayor detalle posible, su dinámica e incluso en ciertos casos la realización de algunos pronósticos sencillos de las mismas destinados a su mejor conocimiento.

**El tercer paso** se aboca al estudio de los actores del sistema (su comportamiento en el pasado, sus estrategias explícitas e implícitas) y al análisis de fenómenos complejos que incluyen variables y actores interrelacionados.

**El cuarto paso** es la reconstitución del sistema esbozado en el primer paso, incorporando a todas las variables, actores y fenómenos complejos estudiados integrándolos en un conjunto coherente incluyendo la visión retrospectiva del mismo.

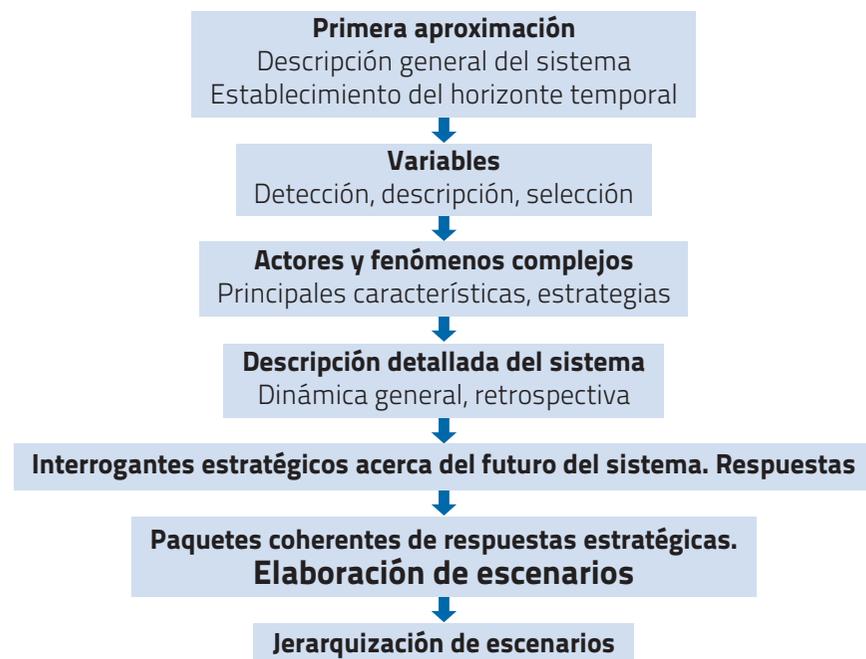
**El quinto paso** consiste en el establecimiento de un conjunto de interrogantes decisivos cuya respuesta determinará la evolución futura del sistema en el horizonte temporal establecido para pasar luego a la formulación de las repuestas alternativas a cada interrogante.

**El sexto paso** está consagrado a la construcción de escenarios a partir de las repuestas (hipótesis) desarrolladas en el paso anterior.

**El séptimo paso** es el de la jerarquización de los escenarios seleccionados de acuerdo a un grupo de criterios previamente establecidos.

Debemos tener en cuenta que durante todos los pasos el foco central de atención es el fenómeno innovativo estudiado. En la medida en que la prospectiva tecnológica es un instrumento para la toma de decisiones en el ámbito de la innovación su despliegue sistémico necesario no debe hacernos perder de vista la finalidad del ejercicio prospectivo.

### Esquema metodológico general



#### PASO 1

##### Primera aproximación

En el despegue del ejercicio prospectivo es necesario ante todo definir con el mayor detalle el fenómeno tecnológico y a partir del mismo esbozar el entramado sistémico que lo envuelve (historias de su evolución reciente, actores y variables significativas, etc.) lo que permitirá trazar un cuadro de situación inicial.

Por ejemplo si el tema tecnológico es la irrupción del automóvil eléctrico será necesario contar con una buena descripción de ese objeto técnico, sus principales variantes, su ubicación en la dinámica de la industria automotriz y sus mercados, etc. En este nivel de

los trabajos no se requiere aún una información demasiado detallada pero si contar con los rasgos decisivos del tema.

Por otra parte y en función de ese primer abordaje temático se deberá ajustar (si es necesario y posible) el horizonte temporal del ejercicio, ¿el período establecido para los escenarios es demasiado largo, demasiado corto...?, ¿debe ser dividido entre un primera etapa más previsible y una segunda relativamente borrosa?

Finalmente será necesario realizar todos los ajustes, agregados, etc. del plan de trabajo (requerimientos estadísticos, fuentes de información tecnológica, listado de expertos a ser consultados...).

La innovación tecnológica constituye un proceso social. Más allá de su alcance inicial, su desarrollo obedece al comportamiento de una precisa configuración de protagonistas, en consecuencia, el ejercicio prospectivo pensado como instrumento para la toma de decisiones debe asegurar el carácter participativo de su realización.

El equipo de trabajo debe no solo asegurar la colaboración de expertos sino también (sobre todo) la participación de quienes protagonizarán los escenarios innovativos (asociaciones civiles, funcionarios públicos, empresarios, sindicatos, etc.).

Ello será posible por medio de la creación de estructuras ligeras de participación: jornadas iniciales de sensibilización, consultas sobre temas puntuales (por ejemplo acerca de criterios de decisión en lo que respecta a innovaciones productivas u otras), etc.

En ese sentido es necesario, por lo general, ampliar el concepto de "expertos" no limitándolo a tecnólogos, a científicos sociales, jefes de empresas, funcionarios u otros "colaboradores calificados"; las llamadas innovaciones organizacionales y un amplio abanico de adaptaciones de los paquetes tecnológicos al medio productivo o social en general (empresa, comunidad local, mercados potenciales, etc.) nos señalan que el ejercicio prospectivo (instrumento para la acción) debe contar con las opiniones de los futuros protagonistas del fenómeno.

#### PASO 2

##### Detección, descripción y selección de variables

Los trabajos realizados en el "paso 1" permitirán sin duda elaborar un primer listado de variables así como iniciar su estudio, a ello suelen agregarse consultas a expertos de manera individual o colectiva.

Entre las consultas colectivas a expertos podemos destacar dos técnicas que podrán luego ser utilizadas en distintas etapas del ejercicio prospectivo: el brainstorming (tormenta de cerebros) y las encuestas o consultas Delphi en sus diversas variantes.

La "tormenta de cerebros" (brainstorming) puede ser realizada de manera sencilla bajo la forma de una o varias jornadas de trabajo con grupos de expertos en torno de una lista precisa de preguntas referidas a las posibles variables significativas vinculadas al ejercicio prospectivo. La experiencia indica que resulta conveniente restringir todo lo posible el número de preguntas, a partir de la información obtenida en estas jornadas podrán

ser desarrollados estudios puntuales sobre variables.

Por su parte la **"técnica Delphi"** puede ser desarrollada en una versión sencilla economizando esfuerzos y ganando tiempo convocando a un número no demasiado grande de expertos realizando lo que suele llamarse un "mini-Delphi". El mismo puede consistir en preguntar a expertos compartimentados entre sí (confidencialidad, anonimato de las intervenciones) a través de consultas vía internet.

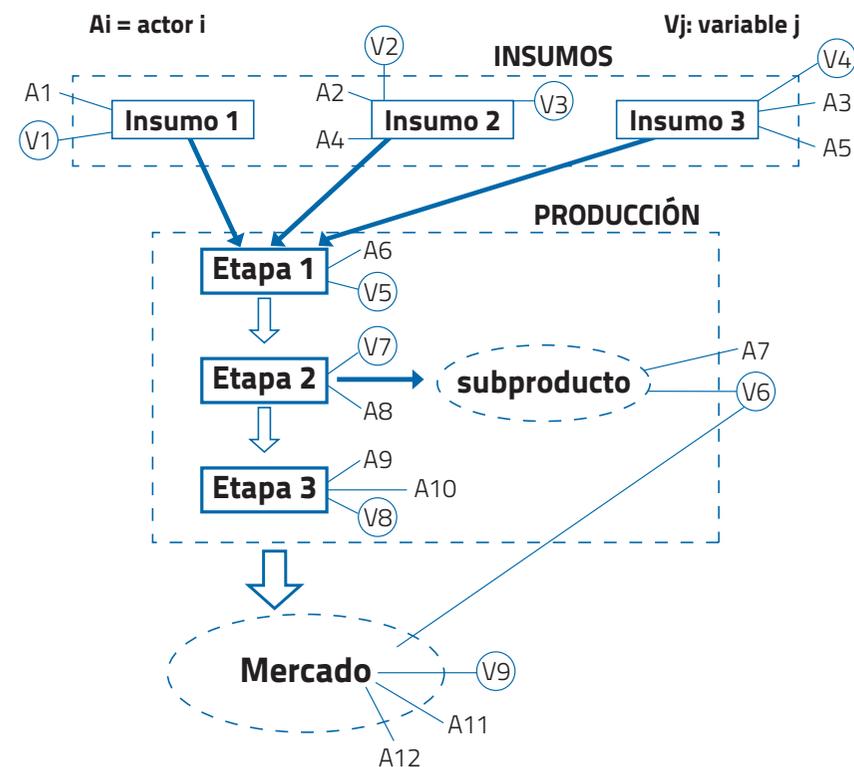
Se lanza una primera consulta, por ejemplo solicitándoles enumerar las variables decisivas del sistema bajo estudio, justificando sus respuestas (si es considerado necesario puede hacerse la distinción entre variables "internas" del subsistema técnico-productivo y las variables "externas" al mismo pero significativas en su evolución). Luego son clasificadas las respuestas ordenándolas en grupos según el número de preferencias logradas por las variables.

El resultado cuantitativo así como los principales argumentos que acompañan a la selección son reenviados a los participantes solicitándoles la revisión de sus preferencias a la luz de la nueva información suministrada. La operación es repetida hasta que no se produzcan cambios significativos en las respuestas.

El resultado final será no solo una selección de consenso de variables significativas sino también (principalmente) una abundante información acerca de las mismas.

Una técnica igualmente útil para detectar y reflexionar sobre variables es la utilización de los **encadenamientos tecnológicos** propios de todo proceso productivo.

Partiendo de los insumos e ingresando en las etapas de la producción deduciendo productos y subproductos y luego las demandas respectivas será posible detectar variables internas pero también externas ilustrando también esta técnica acerca de los actores intervinientes en el sistema adelantando aportes para el "paso 3" del ejercicio (actores...) aunque el énfasis es puesto por ahora en el tema-variables.



Una técnica sumamente útil para la selección de variables significativas así como para el desarrollo de una rica reflexión sobre el funcionamiento del sistema es la conocida como **"Matriz de Análisis Estructural"** (MAE) que estudia los impactos entre las variables del sistema.

Es una técnica muy útil para descubrir variables a veces subestimadas por el equipo de trabajo y sobre todo para animar la reflexión sobre el conjunto del sistema. La evaluación de las interacciones entre variables permite visualizar no solo los impactos entre las mismas sino que también alienta la construcción de visiones más amplias abarcando dinámicas que incluyen actores, variables y fenómenos complejos. Podríamos decir que existe un resultado directo de esta técnica: su ayuda para seleccionar variables significativas; pero también un resultado menos visible pero tal vez el más importante como es el la reflexión sobre el sistema en su conjunto a partir de la confrontación con "detalles" o casos puntuales del mismo (por ejemplo la motricidad de una variable sobre las otras o su grado de dependencia respecto de ellas).

El procedimiento es sencillo, se construye una matriz cuadrada donde cada fila correspondiente a una variable describe la existencia o no de impactos directos de esa va-

riable sobre todas las demás. Gracias a esa construcción, cada columna nos mostrará los impactos sobre una variable de todas las otras. Esta "matriz de impactos directos" puede ser construida colocando en cada celda 1 si hay impacto significativo y 0 si no lo hay, el impacto directo de una matriz sobre si misma queda igual a 0. La matriz puede ser sofisticada estableciendo una escala de impactos: 0 si no hay impacto directo significativo, 1 si es un impacto relativamente débil, 2 si es más fuerte y 3 si es muy fuerte. Este último procedimiento es más riguroso pero puede hacer perder mucho tiempo al equipo. Pensemos que un subsistema de innovación y su contexto puede llegar a incluir fácilmente unas cincuenta variables (a veces se supera el centenar) lo que lleva a que en caso de una matriz de 50 x 50 tendríamos 2.500 impactos sobre los que tendríamos que dictaminar.

**Matriz de Análisis Estructural**

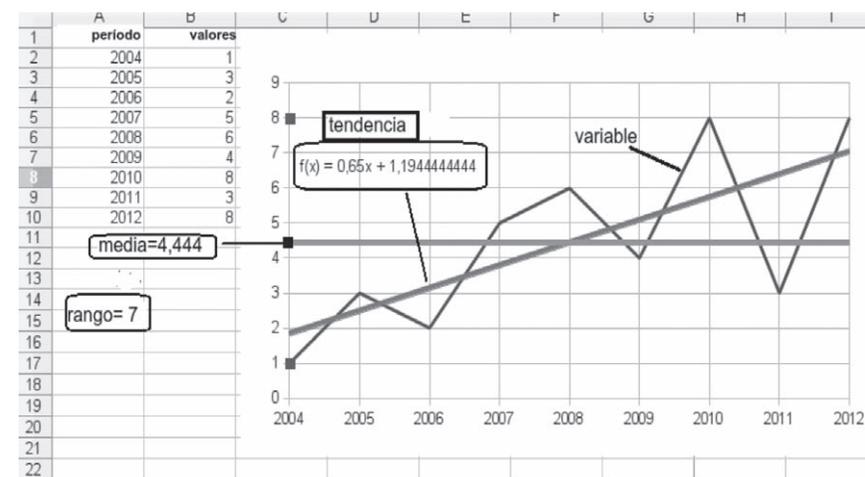
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
x1	0	1	1	1	1	1	0	0
x2	1	0	0	0	1	1	0	1
x3	0	0	0	0	0	1	0	0
x4	1	0	1	0	1	1	1	1
x5	1	1	0	0	0	0	0	0
x6	1	1	1	1	1	0	1	1
x7	1	1	1	1	0	0	0	0
x8	1	1	1	1	1	1	1	0
D	6	5	5	4	3	4	3	3

D = dependencias                      M = motricidades

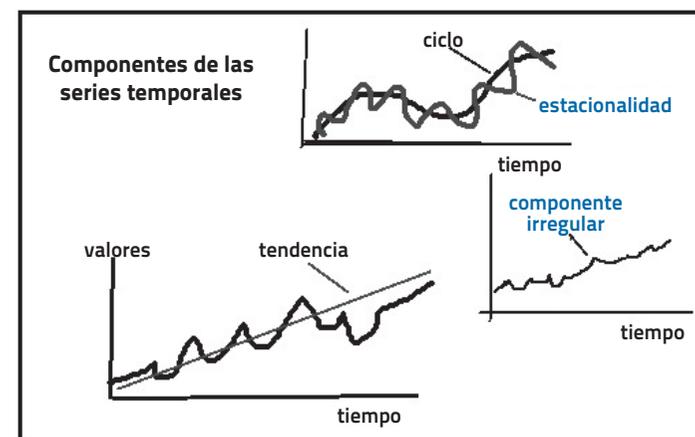
En este ejemplo tenemos una matriz de impactos directos (0 y 1) de 8 variables. En cada celda de la última columna encabezada por la letra M (motricidades) tendremos la suma de impactos de una variable sobre todas las otras, por ejemplo la variable X6 tendrá una motricidad igual a 7, esto significa que esa variable incide de manera significativa sobre el conjunto de variables. En cada celda de la última fila encabezada por la letra D encontraremos el nivel de "dependencia" de cada variable respecto de las demás, por ejemplo la variable X1 tiene una relativamente alta dependencia. La lectura rigurosa de una fila o de una columna cualquiera es sumamente útil para entender el funcionamiento del sistema. Esta matriz cuadrada de diagonal cero tiene la característica de que multiplicada por si misma a partir de un cierto número de operaciones la jerarquía de motricidades y dependencias se mantiene constante, ello permite evaluar los impactos indirectos entre variables. En la práctica esta variante ha demostrado ser poco útil aunque en ciertos casos puede aportar temas para la reflexión del equipo de trabajo. La operación puede ser realizada por medio de una hoja de cálculo (Excel u otra), como herencia de la "prospectiva de primera generación" existe el software MICMAC que puede ser bajado libremente (des-

de: <http://es.lapropective.fr/Metodos-de-prospectiva/Descarga-de-aplicaciones.html>). El mismo permite calcular impactos directos e indirectos.

Una primera forma de análisis de una variable consiste en descubrir sus características principales como su tendencia, la amplitud de sus variaciones (rango), su media, etc.

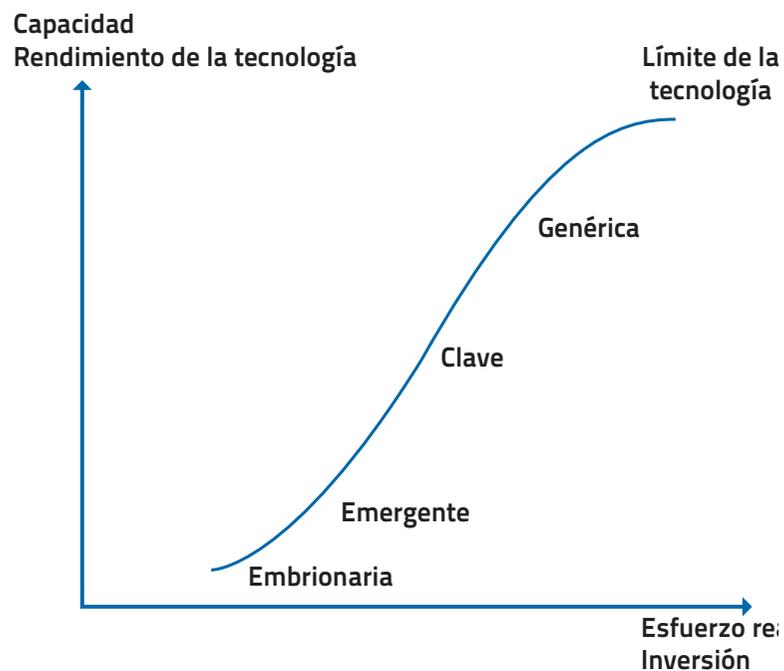


Es importante detectar sus principales componentes, por ejemplo si tiene variaciones cíclicas, tendencia, estacionalidad, etc.



Por otra parte la previsión aporta técnicas útiles para el estudio de variables conocidas como de **"tratamiento de series de tiempo"**. Durante el auge de la prospectiva de primera generación se solía prescindir de estas técnicas consideradas reduccionistas, sin embargo ahora las incluimos no como solución a los problemas de pronósticos de variables sino como forma concreta de análisis de las mismas, debatiendo sobre sus extrapolaciones hacia el futuro podemos entender mejor su recorrido en el pasado, el establecimiento de correlaciones múltiples por ejemplo (la extrapolación de una variable dependiendo de las extrapolaciones de un grupo de variables asociadas) permite establecer interacciones útiles para el análisis del sistema.

En los viejos manuales de previsión tecnológica se destaca el tratamiento de variables en forma de S, las llamadas **curvas-S**; este comportamiento temporal se corresponde con numerosos casos de propagación de innovaciones productivas en el seno de las empresas y a nivel macroeconómico, de ciclos de vida de productos, etc.



**Curva "S" de una tecnología**

Las dos curvas S más utilizadas son la de Gompertz y de Pearl o logística que permiten "ajustar" numerosas variables cuyas trayectorias temporales asumen aproximadamente esas formas. El software comercial ForecastX (complemento de Excel) por ejemplo dispone de esas curvas con las que se pueden ajustar fácilmente series de tiempo reales. Existen también "hojas excel" preparadas especialmente para esos ajustes y que pueden ser obtenidas gratuitamente vía internet entre ellas *"S-curve Forecasting"* creada por Stephen Lawrence: <http://leeds-faculty.colorado.edu/lawrence/Tools/SCurve/scurve.xls>

Aunque en la mayor parte de los casos las series de tiempo reales tienen forma irregular, lo que hace necesario crear polinomios de ajuste específicos. Definido un indicador de error (algún tipo de "suma promedio" de diferencias en el pasado entre los valores reales y los del polinomio) se busca el polinomio que se acerque a la variable real con el error menor.

Existen numerosos softwares comerciales que realizan esa tarea, como el programa ForecastX antes mencionado, así como otros de distribución gratuita entre ellos:

*"Phicast"*: [http://softpicks.com.es/software/Utilitarios/Miscelaneos/Phicast\\_es-309820.htm](http://softpicks.com.es/software/Utilitarios/Miscelaneos/Phicast_es-309820.htm)

*"Zaitun"*: <http://www.zaitunsoftware.com/download-zaitun-time-series>

También circulan por internet numerosas "hojas excel" de distribución gratuita preparadas para la realización de pronósticos de series temporales, entre ellas una del ya citado Stephen Lawrence:

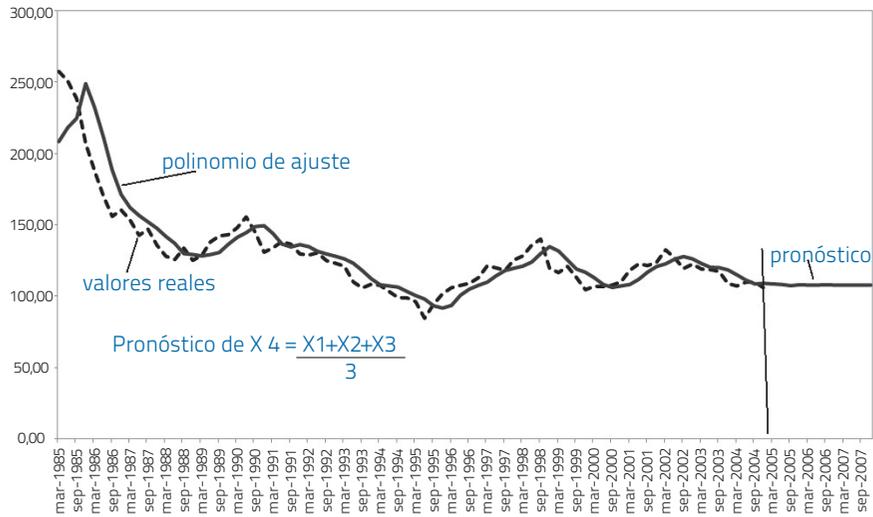
<http://leeds-faculty.colorado.edu/lawrence/Tools/FORECAST/FORECAST.XLS>

Una forma sencilla para crear un polinomio de ajuste óptimo son los llamados "promedios móviles", así un promedio móvil de "orden tres" consiste en ir tomando de a tres valores sucesivos de la variable real, por ejemplo para los períodos 1, 2 y 3 (es decir  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) sumarlos, promediarlos y asignar ese promedio al pronóstico para el período 4 (en este caso  $p_4$ ).

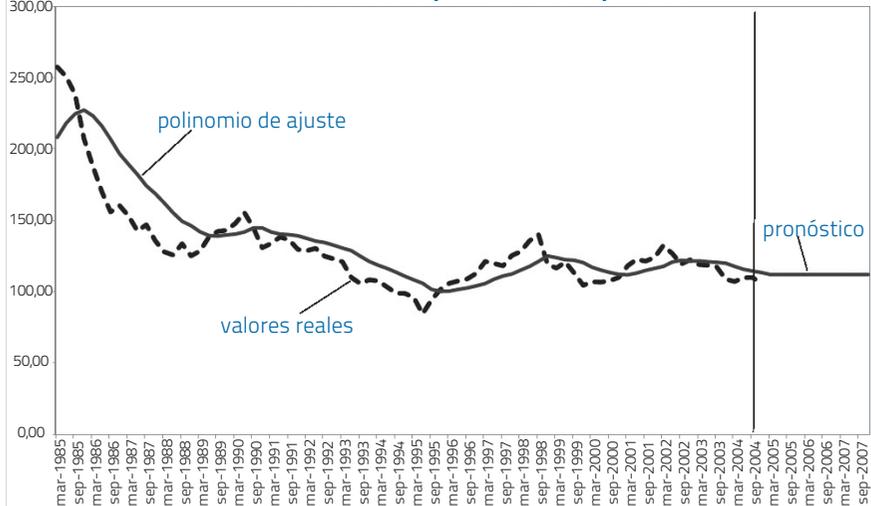
De ese modo el último valor real de la serie será sucedido por un valor de pronóstico. Tendremos un indicador de error correspondiente a las diferencias entre valores reales y de ajuste, el mismo será comparado con los resultantes de promedios móviles de ajuste de orden 5, 7, etc. y elegiremos el pronóstico de promedio móvil con el menor índice de error.

Una variante más sofisticada es la llamada suavización exponencial que da mayor importancia a los valores más recientes del polinomio de ajuste de la que pueden derivar suavizaciones dobles (suavización de suavización), otras que toman en consideración los cambios estacionales o cíclicos (variante Winters) o las tendencias (variante Holt).

### Promedio móvil de orden 3

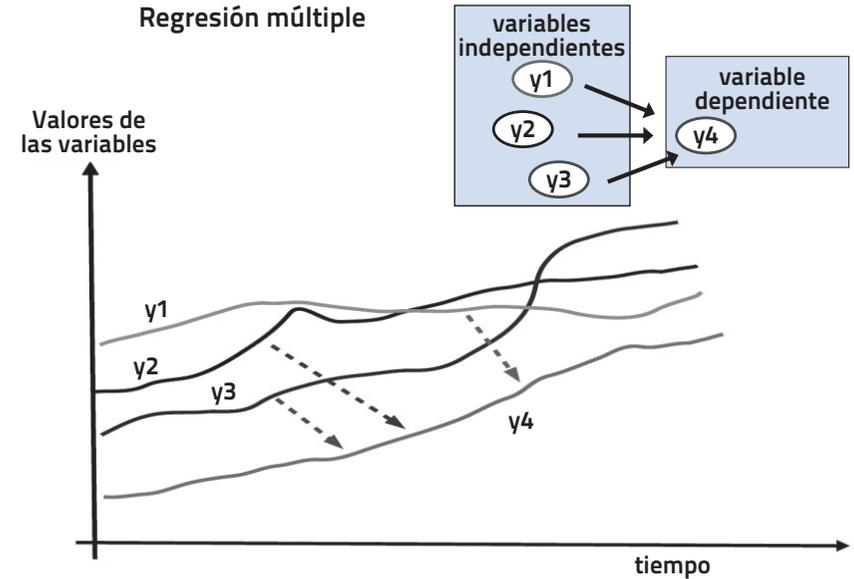


### Suavización exponencial simple



La técnica de regresión permite pronosticar la evolución futura de una variable en función de otra (regresión simple) u otras (regresión múltiple). El descubrimiento de estas interrelaciones (más allá de la validez del pronóstico) es sumamente útil para el estudio del sistema.

### Regresión múltiple



Aquellos interesados en profundizar el estudio del tratamiento de series temporales pueden trabajar con el manual online gratuito de J. Hyndman y George Athanasopoulos: "Forecasting: principles and practice" que puede ser consultado y/o descargado desde: <http://otexts.com/fpp/> y que viene acompañado de software también gratuito. Se trata de uno de los mejores textos referidos al tema.

### PASO 3

#### Detección, selección y descripción de actores y fenómenos complejos

El tratamiento previo de variables facilita el trabajo con actores y fenómenos complejos. En esta etapa las consultas a expertos pueden ser valiosas, en el caso de los actores o protagonistas del sistema se trata de describirlos lo más detalladamente posible y sobre todo detectar sus "estrategias" explícitas o implícitas, visibles o subterráneas. La reflexión del equipo deberá culminar con la selección de un grupo de actores decisivos.

Un buen instrumento de trabajo es la **matriz de actores**, matriz cuadrada en cuya diagonal (relación de un actor con si mismo) son descritas las principales características del actor, su historia, sus principales orientaciones actuales. A lo largo de cada fila aparecerán las "estrategias" o acciones posibles de un actor con respecto de cada uno de los demás. La lectura de cada columna nos indicará las acciones y estrategias a que un actor se ve sometido por parte de los otros. Cada celda será llenada con alguna/s palabra/s clave/s (ayudas-memorias) que recuerda las estrategias o acciones. La visión del conjunto de la matriz es un buen instrumento de reflexión, permite debatir sobre la dinámica general del sistema pudiéndose en cada momento focalizar la atención en casos específicos. Cada celda será conectada con su correspondiente archivo de información detallada. Será posible finalmente elaborar archivos sobre cada actor significativo conteniendo su historia, sus principales características y orientaciones, las estrategias en curso o de cada actor sobre el resto del sistema y las presiones sufridas por el mismo provenientes de los demás actores.

	actor A	actor B	actor C
actor A	objetivos de A principales características historia reciente	estrategias y acciones de A sobre B	estrategias y acciones de A sobre C
actor B	estrategias y acciones de B sobre A	objetivos de B características, historia	estrategias y acciones de B sobre C
actor C	estrategias y acciones de C sobre A	estrategias y acciones de C sobre B	objetivos de C características, historia

El estudio de los actores o protagonistas del sistema precedido por el de las variables sugiere abordar el análisis de **fenómenos complejos** donde se interrelacionan actores y/o variables pero cuya dinámica no puede ser reducida dichas interrelaciones. Los **modelos de simulación** ayudan a entender su funcionamiento.

Un modelo de simulación sumamente útil es el llamado **KSIM** creado por Julius Kane y que permite hacer evolucionar conjuntamente a un grupo de variables interrelacionadas, algunas de ellas pueden estar bien cuantificadas (un precio o un volumen de producción) y otras claramente cualitativas (el riesgo de guerra en una región determinada) pueden ser cuantificadas de manera arbitraria con el fin de introducir las en el modelo. Se trata de un modelo sencillo (<http://is.njit.edu/pubs/delphibook/ch5d.pdf>) que puede ser desarrollado a través de una hoja de cálculo (Excel, Calc, etc.). Son establecidos los valores iniciales de las variables (normalizados entre 0 y 1) y luego se construye una matriz de impactos entre las variables, positivos, negativos o nulos (en el ejemplo que sigue los valores están

entre -3 y +3), se incluye la posibilidad de auto impulsos (los impactos de una variable sobre si misma pueden ser positivos, negativos o nulos). A partir de esa matriz se aplica el algoritmo de Kane donde el valor futuro de una variable  $X_i$  es igual a la suma de los impactos negativos sobre esa variable dividido por la sumatoria de los impactos positivos sobre la misma.

$X_i(t)$  es el valor de  $X_i$  en el período  $t$  y  $X_i(t+dt)$  es el valor de  $X_i$   $dt$  períodos después. Se considera el valor absoluto de la suma de impactos.

### KSIM (Kane SIMulation)

utilización de variables "cuantitativas" y "cualitativas" (cuantificadas arbitrariamente)

- valores iniciales de las variables normalizadas entre 0 y 1
- construcción de una matriz de interacciones (impactos positivos, negativos o nulos)
- aplicación de algoritmo de Kane
- obtención de trayectorias temporales de las variables

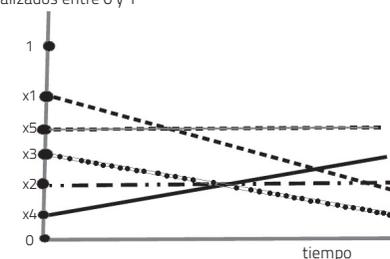
	x1	x2	x3	x4	x5
x1	1	-2	3	1	0
x2	0	2	3	-3	-1
x3	2	-2	3	1	-1
x4	-2	-1	3	2	1
x5	1	2	3	2	-1

$$0 < X_i < 1$$

$$x_i(t+dt) = x_i(t)^p$$

$$p_i(t) = \frac{1+dt | \text{suma impactos negativos sobre } X_i |}{1+dt | \text{suma impactos positivos sobre } X_i |}$$

valores de las variables normalizados entre 0 y 1



Modelos más complejos pueden ser también de utilidad como el Montecarlo o el Vensim.

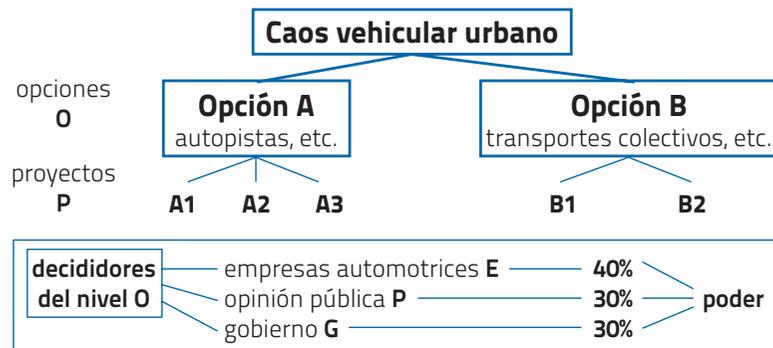
Un modelo de simulación de fácil manejo es el basado en la construcción de un **árbol**

**de pertinencia** (o de decisiones), en este caso utilizado para evaluar posibles orientaciones estratégicas de actores en torno de fenómenos complejos.

En el siguiente ejemplo se trata de una situación altamente embrollada como es el caos vehicular urbano, desarrollamos el ejercicio de manera sencilla (tal vez demasiado esquemática) para la mejor comprensión de la técnica.

Suponemos dos grandes opciones posibles: la opción A consistente en adaptar la ciudad a la avalancha vehicular (más autopistas, ampliación de calles, etc.) y la B que busca adaptar los transportes a la ciudad (más transporte público, bicisendas, etc.). Los decididores en ese nivel son las empresas automotrices (E) con un 40 % de poder relativo, la opinión pública (P) con 30 % de poder y el gobierno (G) con 30 %.

A continuación construimos una matriz de inclinaciones de cada decididor por cada una de las opciones y multiplicamos la matriz fila de pesos relativos de cada actor por la matriz 3x2 de inclinaciones.



#### Inclinación de los decididores del nivel O

	Opción A	Opción B
E	0,9	0,1
P	0,4	0,6
G	0,5	0,5

$$\begin{matrix} \text{E} & \text{P} & \text{G} \\ 0,4 & 0,3 & 0,3 \end{matrix} \times \begin{matrix} 0,9 & 0,1 \\ 0,4 & 0,6 \\ 0,5 & 0,5 \end{matrix} = \begin{matrix} \text{A} & \text{B} \\ 0,63 & 0,37 \end{matrix}$$

Pasamos ahora al segundo nivel de proyectos concretos. Allí el abanico de decididores se amplía ya que, por ejemplo, intervienen los vecinos de las zonas afectadas por esos proyectos así como el sistema institucional correspondiente.

Los proyectos incluyen matices, zonas intermedias entre ambas opciones estratégicas, concesiones a distintos sectores, etc. Tenemos por consiguiente una nueva configuración de actores que ejercerán presión para que se imponga un proyecto u otro.

#### Decididores del nivel P

empresas automotrices (E) → poder = 0,3  
 opinión pública (P) → poder = 0,2  
 vecinos afectados/beneficiados (V) = 0,2  
 gobierno nacional/provincial (Gnp) = 0,3

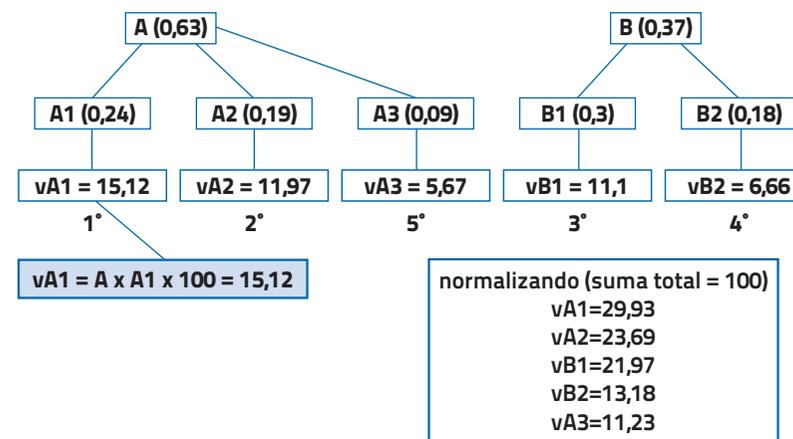
#### Inclinación hacia...

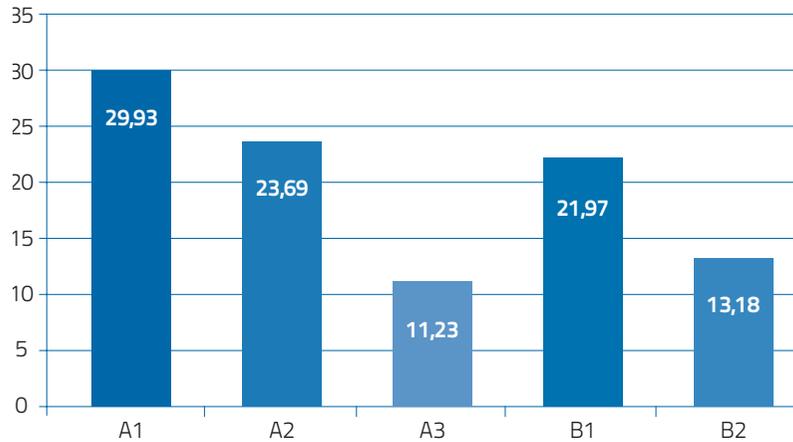
	A1	A2	A3	B1	B2
E	0,4	0,3	0,2	0,1	0
P	0,2	0,1	0	0,4	0,3
V	0,1	0,1	0	0,5	0,3
Gnp	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2

$$\begin{matrix} 0,3 & 0,2 & 0,2 & 0,3 \end{matrix} \times \begin{matrix} 0,4 & 0,3 & 0,2 & 0,1 & 0 \\ 0,2 & 0,1 & 0 & 0,4 & 0,3 \\ 0,1 & 0,1 & 0 & 0,5 & 0,3 \\ 0,2 & 0,2 & 0,1 & 0,3 & 0,2 \end{matrix} = \begin{matrix} \text{A1} & \text{A2} & \text{A3} & \text{A4} & \text{A5} \\ 0,24 & 0,19 & 0,09 & 0,3 & 0,18 \end{matrix}$$

Luego jerarquizamos los proyectos en función de la combinación de presiones en ambos niveles. A cada proyecto le otorgamos un "valor" equivalente al producto del peso de cada opción estratégica por el peso del proyecto en su nivel, por ejemplo vA1= valor de A (0,63) por el de A1 (0,24) = 15,12.

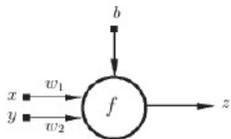
#### Caos vehicular urbano





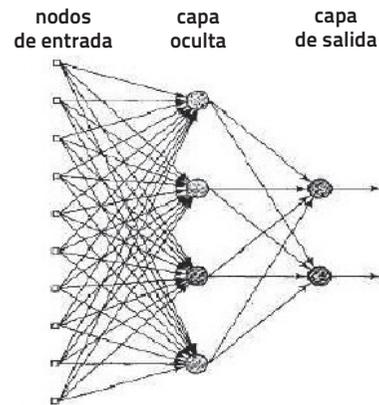
**Las redes neuronales artificiales (RNA)** son modelos de simulación que imitan (computadora secuencial mediante) a las redes neuronales reales. Mediante las RNA son construidas unidades de procesamiento que reciben, procesan y transmiten datos. A diferencia de la técnica de regresión múltiple que opera con un esquema rígido en el caso de las RNA las series temporales introducidas en el modelo neuronal son sometidas a una serie de manipulaciones de aprendizaje dándole una mayor flexibilidad al proceso de pronóstico.

Modelo de McCulloch-Pitts de neurona artificial



- Las entradas  $x$  e  $y$
- Los pesos sinápticos  $w_1$  y  $w_2$  correspondientes
- Un término aditivo  $b$
- Una función de activación  $f$
- Una salida  $z$

manipulando los pesos  $w_1$  y  $w_2$  es modificado el resultado final  $z$

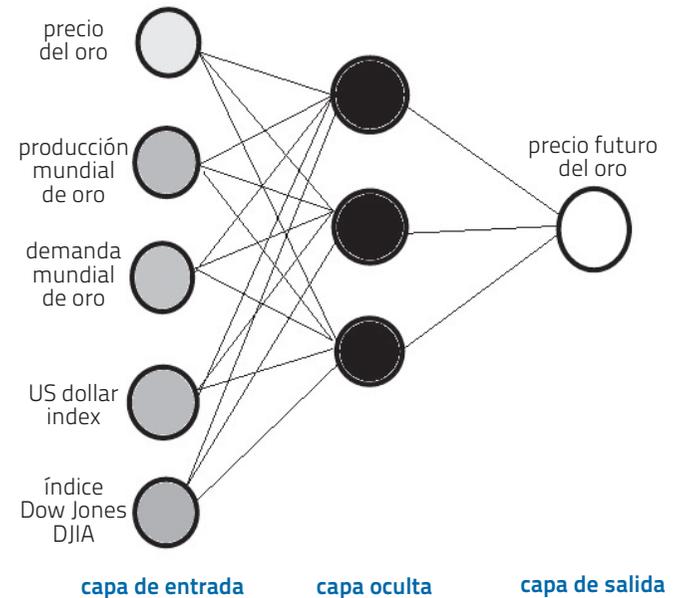


Esquema de una RNA de dos capas

El procedimiento de pronóstico es el siguiente:

1. Se seleccionan las series de datos y se eligen cuál o cuáles se van a pronosticar.
2. Son procesadas las series (se les quitan irregularidades extremas mediante alisamientos).
3. Son establecidos "máximos" y "mínimos" a que pueden llegar las series en el período de pronóstico como se hace en otros modelos de simulación como el KSIM.
4. Son extraídos dos grupos uno para "entrenar" y otro para "testeo".
5. Es elegida la "arquitectura" de la red (cuántas neuronas en la capa de entrada, cuántas en las capas ocultas o intermedias, cuántas capas ocultas).
6. Es elegido el "algoritmo" o método de entrenamiento.
7. Es "entrenada" la red y se testea el resultado óptimo.
8. Se realiza el pronóstico.
9. Existen numerosos softwares que realizan el trabajo algunos de carácter comercial y otros de distribución gratuita (cada vez más numerosos) por ejemplo "Pythia" que puede ser descargado desde varias páginas web (<http://www.softpedia.es/programa-Pythia-28033.html>) así como guías de uso sencillas (<http://www.slideshare.net/Zorro29/pythia-the-neural-network-designer>).

series históricas **Pronóstico del precio del oro con Redes Neuronales Artificiales**



## PASO 4

### Dinámica general del sistema, descripción detallada, retrospectiva

Este paso requiere un intenso trabajo de equipo donde se establecerán las interrelaciones entre variables, actores y fenómenos complejos y la evolución del sistema durante un pasado útil para el ejercicio. La retrospectiva no debe ser extendida hasta un pasado demasiado lejano pero tampoco limitada a un conjunto restringido de episodios recientes.

El resultado de esta paso deberá ser un informe completo sobre el estado de situación del sistema. Serán destacadas las principales variables de manera individual pero también señalando algunas interrelaciones significativas; ciertas técnicas como las de tratamiento de regresiones múltiples o la dinámica de interacciones del modelo de simulación KSIM suelen ser de gran ayuda.

Los principales actores deben ser descriptos con el mayor detalle posible inclusive algunas simulaciones como la presentada anteriormente a través del árbol de decisiones pueden evidenciar las dinámicas concretas de los actores ante fenómenos decisivos del sistema.

Este paso completa la primera etapa del ejercicio, es decir la de la descripción rigurosa del sistema, su historia, sus principales componentes, sus fortalezas y fragilidades. La misma constituye la "base" que permitirá elaborar los escenarios.

Se trata del ordenamiento e interpretación del conjunto de informaciones obtenidas hasta ese momento.

Aunque predomina el trabajo interno del equipo, la elaboración del informe de base puede requerir en ciertos casos de consultas a expertos que pueden ayudar a aclarar algún punto no demasiado claro.

Es necesario también advertir que la descripción detallada de la dinámica del sistema no debe hacer olvidar que el ejercicio prospectivo gira en torno a un tema central, por ejemplo un proceso innovativo en curso o potencial. Siempre se corre un doble riesgo, el primero de ellos es que la navegación por el sistema puede llegar a diluir el foco principal que motivó el lanzamiento del ejercicio prospectivo. El segundo riesgo es que una excesiva focalización en el tema prioritario tecnológico coloque en un segundo plano borroso temas muy importantes del entramado sistémico que rodea al problema tecnológico central.

Podemos tomar como ejemplo un caso de ejercicio prospectivo disparado por el tema del futuro del automóvil eléctrico. El primer riesgo consistiría en diluir el tema en el de la dinámica general del la industria automotriz en el contexto de la crisis económica global subestimando brechas de mercado, fenómenos de reemplazo de objetos técnicos convencionales por los productos innovadores, etc. El segundo riesgo es el de focalizar demasiado la atención en los progresos tecnológicos en torno del vehículo eléctrico subestimando sus condicionamientos sectoriales como puede ser el peso de la configuración industrial tradicional, su red de intereses así como también las resistencias conservadoras de los consumidores y también subestimando el peso de la crisis global.

Tomando en cuenta estas advertencias el equipo elaborará su informe que eventualmente podrá ser comunicado a quienes encargaron el trabajo.

## QUINTO PASO

### Interrogantes estratégicos sobre el futuro del sistema, respuestas alternativas.

La buena elaboración del **informe de base** (paso 4) permitirá al equipo detectar los **interrogantes decisivos respecto del futuro del sistema**.

Se puede tratar de dos tipos de interrogantes, los que se refieren a la totalidad del período correspondiente al horizonte temporal establecido y otros de más corto plazo. Por ejemplo si el ejercicio prospectivo estableció el horizonte temporal 2020 (período 2013-2020) y un "corte" en el año 2016 correspondiente a un salto tecnológico o a un previsible viraje en el contexto sistémico del fenómeno estudiado, se deberá hacer una combinación de interrogantes de largo y mediano plazo. Incluso en ciertos casos puede existir un corto plazo decisivo (cifrado en unos pocos semestres) en consecuencia será necesario formular los interrogantes estratégicos correspondientes.

¿A que se refieren los interrogantes?, su alcance es amplio, pueden referirse al futuro de una variable o de un conjunto fuertemente interrelacionado de variables, pueden referirse al comportamiento de un actor o un conjunto fuertemente interrelacionado de actores o a la evolución de un subsistema o de un fenómeno complejo. Desde el recorrido temporal de un precio (por ejemplo el precio internacional del cobre) o de un índice monetario (el US Dollar Index), pasando por el comportamiento estratégico de un importante grupo industrial o la continuidad de una política pública que afecta al proceso innovativo estudiado.

¿Como elaborar los interrogantes?. En primer lugar se trata del trabajo interno del equipo de prospectiva utilizando modelos de simulación y otras técnicas que aunque sea de manera parcial ya venían anticipando esos temas en los pasos anteriores.

En segundo lugar acudiendo a la opinión de expertos a los que se les suministrará eventualmente el **informe de base** aunque puede tratarse de la confirmación de un interrogante bien delimitado que no hace necesario ese trámite.

Consultas individuales, brainstormings, mini-delphis podrán ser desarrollados.

El objetivo es obtener un número no demasiado elevado de interrogantes con el fin de evitar una dispersión de respuestas alternativas que harían muy embrollada la construcción posterior de escenarios, aproximadamente una docena de interrogantes (pueden ser unos pocos más) podría ser el límite superior.

Los interrogantes pueden ser sintetizados con el fin de ordenar la reflexión del equipo de trabajo pero es siempre conveniente acompañar esas síntesis con desarrollos más extensos que permitan resolver mejor las respuestas.

**Formulados los interrogantes se pasa a la elaboración de respuestas o hipótesis acerca del futuro.**

En esta etapa será necesario aplicar una densa batería de técnicas, no existe una fórmula general que resuelva este problema sino una masa de técnicas que serán utilizadas de manera pragmática. Las "técnicas" empleadas no producen automáticamente resultados útiles, solo ayudas, estímulos para la reflexión del equipo que deberá finalmente

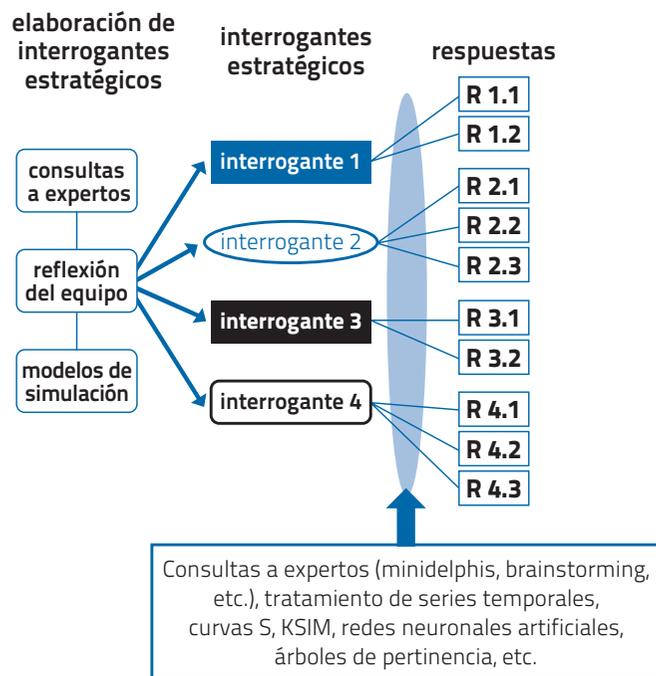
adecuar cifras, matizar comportamientos, etc.

El interrogante puede referirse a la futura evolución de una variable estratégica. En ese caso podría ser utilizada la técnica de tratamiento de series temporales tanto empleando esa sola serie (alisamiento exponencial, promedio móvil, etc.) o bien relacionándola con otra (regresión simple) u otras (regresión múltiple). A esa primera respuesta le podríamos agregar una segunda utilizando algún modelo de simulación (por ejemplo KSIM o Redes Neuronales Artificiales) o bien promediando este resultado con el obtenido por medio de tratamientos de series temporales; una tercera respuesta podríamos lograrla a través de consultas a expertos (individual, brainstorming, mini-delphi, etc.). Todos estos resultados podrían ser matizados por el equipo de trabajo.

Otro interrogante podría estar referido a la futura estrategia de un actor o protagonista, la consulta de expertos sería una buena vía al igual que la reflexión del equipo, también podría ser utilizada alguna simulación, por ejemplo utilizando un árbol de pertinencia sencillo como el descrito en el paso 3.

También podemos encontrarnos ante un interrogante referido a un fenómeno complejo con identidad propia abarcando variables y protagonistas aunque no pudiendo ser reducido a la simple interacción entre los mismos, por ejemplo una turbulencia social, una mutación sociocultural, etc. En este caso la consulta a expertos y la reflexión del equipo de trabajo puede ayudar a la obtención de respuestas.

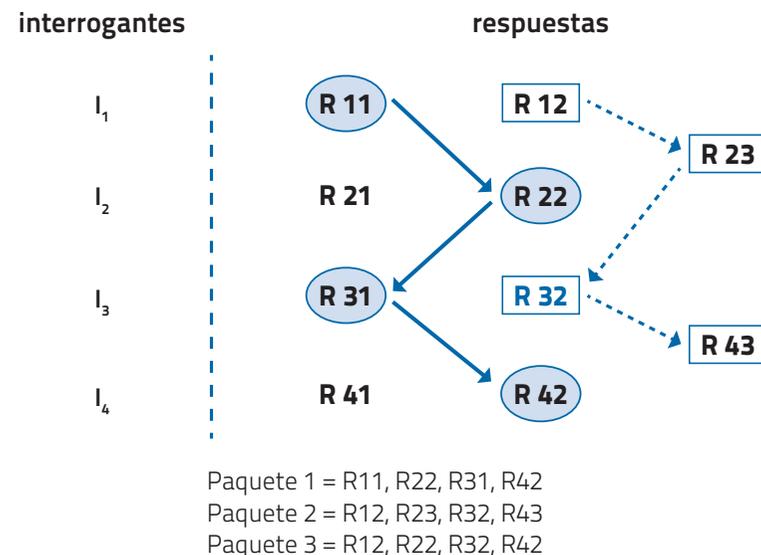
En fin, toda técnica o procedimiento útil para pronosticar de manera rigurosa es útil en esta etapa.



## SEXTO PASO

### Construcción de escenarios

El análisis morfológico suministra una técnica imprescindible para el armado de escenarios. A partir de las respuestas estratégicas es construida una **caja** o **espacio morfológico** donde cada interrogante estratégico encabeza una fila de "respuestas", ello permite tratar gráficamente las distintas combinaciones de respuestas, se constituyen así "paquetes" que incluyen una respuesta por interrogante.



Luego es necesario depurar ese conjunto de paquetes eliminando aquellos que manifiestan incoherencias, por ejemplo una estrategia de aumento del empleo confrontada con una innovación que provoca desempleo masivo. Queda así agrupado un conjunto de paquetes coherentes o "**disparadores de escenarios**" ( $D1, D2, D3, \dots, Dn$ ).

Entonces parándonos sobre el sistema-base introducimos un primer "disparador" y constatamos las modificaciones que se producen en el sistema. En esa tarea puede ser de ayuda la utilización de algún modelo de simulación aunque ello no es siempre necesario.

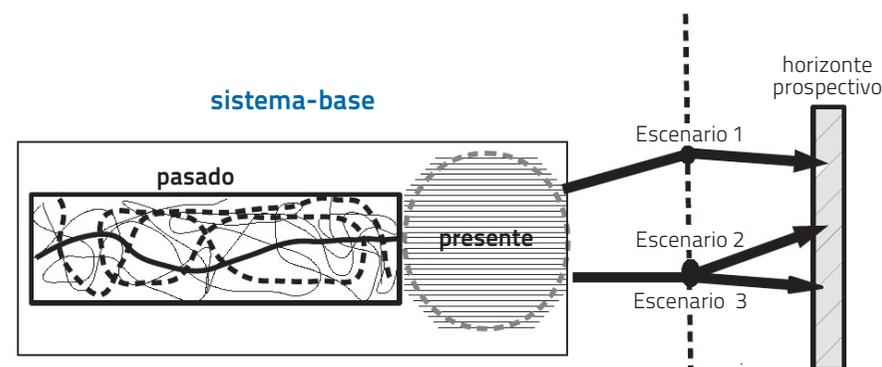
Es necesario avanzar gradualmente, si hemos dividido el período en consideración en dos subperíodos, por ejemplo 2013-2016 y 2017-2020, será necesario desarrollar el escenario, es decir la trayectoria temporal del sistema-base, en el primer subperíodo introduciendo cambios año por año o semestre por semestre, realizando transformaciones graduales en el sistema a lo largo del recorrido. Puede ser útil (no siempre lo es) realizar una revisión completa del sistema-base-transformado al final del primer período y allí

nuevamente formular interrogantes estratégicos y sus correspondientes respuestas para luego volver a emprender la marcha hacia 2020.

No existe una fórmula general para la realización de esos cortes temporales, ello dependerá de la naturaleza del proceso innovativo estudiado, de las rupturas potenciales detectadas, etc.

Es necesario también aclarar que al intentar desarrollar un disparador podemos llegar a la conclusión de que el mismo confrontado con las transformaciones del sistema deriva en situaciones altamente incoherentes, ello nos llevará a realizar algunas nuevas depuraciones de paquetes-disparadores sobre la marcha.

También ha sido necesario en ciertos casos fusionar escenarios apenas iniciado el recorrido temporal o en algún otro momento del mismo o incluso anular un escenario al llegar al fin de un subperíodo. Finalmente tendremos un conjunto de recorridos temporales del sistema ("escenarios"), una suerte de films con el mayor nivel de detalles posible (datos cuantitativos, panoramas de fenómenos complejos, etc.) rodeando al tema central: el proceso tecnológico evaluado.



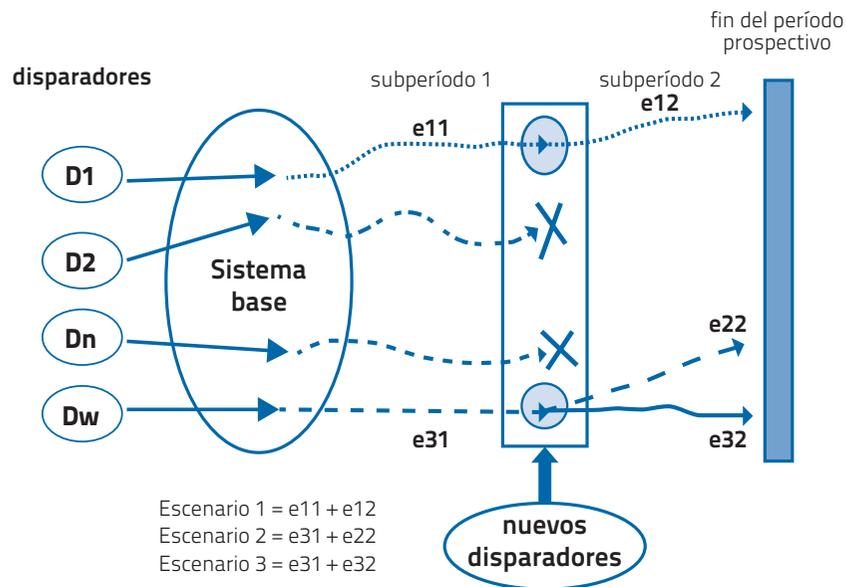
### SÉPTIMO PASO Jerarquización de escenarios.

El "paso 6" concluye en principio el ejercicio prospectivo, en el ejemplo graficado contamos con tres escenarios que describen a lo largo de un período determinado procesos de cambio tecnológico posibles y sus interacciones con el contexto social. Esa presentación es una importante contribución para la toma de decisiones ya que brinda un abanico de alternativas que conforman un espacio-futuro amplio permitiendo planificaciones más flexibles, más adaptables a los cambios.

Los planificadores podrán utilizar el insumo prospectivo para elaborar sus estrategias, programas y proyectos. Una contribución suplementaria del equipo de prospectiva puede consistir en la entrega de algún tipo de jerarquización de los escenarios que pueda ayudar a la construcción racional del plan estratégico. No existe ni debería existir una jerarquización que imponga a tal o cual escenario como prioritario sino variantes sumamente flexibles, los planificadores tienen siempre la última palabra.

Un método útil de jerarquización consiste en ordenar los escenarios según diversas combinaciones de criterios empleados habitualmente por quienes toman las decisiones (funcionarios públicos, empresarios, cooperativistas, comunidades, etc.).

Supongamos tres escenarios (A, B y C) y tres criterios (c1, c2 y c3) que utilizarán los decisores para tomar sus decisiones estratégicas. Una técnica sencilla consiste en otorgar pesos relativos a los criterios, luego según cada criterio otorgar pesos relativos a los escenarios. Quedarán así conformadas dos matrices: una matriz fila de criterios, tal que  $\sum c_i$



= 10 (con  $i = 1, 2$  y  $3$ ) y una matriz de cuadrada ( $3 \times 3$ ) donde  $A1+B1+C1 = 10$  (los escenarios evaluados según  $c1$ ), etc. La normalización a 10 en ambos casos puede ser cambiada por otra a 100 o a 1 o a 1000...etc.

El resultado de multiplicar la matriz fila por la matriz rectangular serán tres valores  $vA$ ,  $vB$  y  $vC$  que nos indicarán el orden jerárquico de los escenarios.

Tres escenarios  $\rightarrow$  A, B y C

Tres criterios  $\rightarrow$   $c1, c2$  y  $c3$  con  $c1 = 2, c2 = 5$  y  $c3 = 3$  ( $c1+c2+c3=10$ )

	A	B	C	total
Según $c1$	3	2	5	10
Según $c2$	2	2	6	10
Según $c3$	1	5	4	10

$$\begin{pmatrix} 2 & 5 & 3 \end{pmatrix} \times \begin{matrix} \text{A} & \text{B} & \text{C} \\ 3 & 2 & 5 \\ 2 & 2 & 6 \\ 1 & 5 & 4 \end{matrix} = \begin{matrix} \text{vA} & \text{vB} & \text{vC} \\ 19 & 29 & 52 \\ 3^\circ & 2^\circ & 1^\circ \end{matrix}$$

### 3. BIBLIOGRAFÍA

- ANTOINE Jacques, "Pour une prospective de deuxième âge", Futuribles, n 123, Juillet-Aout 1988.
- BEINSTEIN Jorge, "Megaturbulencias, aceleración del cambio tecnológico y crisis de la prospectiva. Promesas de la microprospectiva", Expert Meeting on Technology, Assessment, Monitoring and Forecasting-United Nations, UNESCO, París, 1993.
- CHARBIT Françoise, "Prospective technologique et management de la recherche, Séminaire Ressources Technologiques et Innovation", École de Paris du management, Paris 1999, <http://ecole.org/en/seances/RT25>.
- GATELY Edward, "Neural Networks for Financial Forecasting", John Wiley and Sons, 1996.
- GODET Michel, "Crise de la prévision, essor de la prospective", PUF, Paris, 1977.
- GODET Michel, "De la anticipación a la acción. Manual de prospectiva y estrategia", Marcombo, Barcelona, 1993.
- GONOD Pierre, "Dynamique de la prospective, ADITECH, Paris, 1990.
- GONOD Pierre, "Dynamique des systèmes et méthodes prospectives", Futuribles, Numéro 2, Mars 1996.
- GONOD Pierre, "Problématique de la maîtrise sociale de la technologie", Revista "Analyse de Systèmes volume XVI N°3, Paris, septembre 1990.
- HYNDMAN J. Y ATHANASOPOULOS: "Forecasting: principles and practice", <http://otexts.com/fpp/>
- HETMAN François, "La société et la maîtrise de la technologie", OCDE, Paris, 1973.
- JANTSCH Erich, "La prévision technologique", OCDE, Paris, 1967.
- KANE Julius, "A Primer for a New Cross-Impact Language-KSIM", Technological Forecasting and Social Change, 4, 1972.
- KLEIN G. A., "Validity of Analogical Predictions", Technological Forecasting and Social Change, 24-1986.
- KUCHARAVY Dmitry and DE GUIO Roland, "Application of S-shaped curve", LGECO - Design Engineering Laboratory - INSA Strasbourg - Graduate School of Science and Technology, november 2007.
- LINSTONE H. A. and TUROFF M., "The Delphi Method", Reading, MA: Adisson-Wesley, 1975.
- MAKRIDAKIS Spyros y WHEELWRIGHT Steven. C, "Manual de técnicas de pronósticos", Noriega, México, 1991.
- MARTINO Joseph Paul, "Technological Forecasting for Decision Making", McGraw-Hill, 1993.
- OKOLI Chitu and PAWLOWSKI Suzanne D., "The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications", Information & Management 42, 2004, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- PORTER A. L., ROPER A. T., MASON T. W., ROSSINI F. A. and BANKS J., "Forecasting and Management of Technology", John Wiley and Sons, New York, 1991.

- SAATY T.L., "The analytical hierarchy process", McGraw Hill, 1980.
- WEST Alan, "Innovation Strategy", Prentice Hall, 1992.
- WINNER Langdon, "Tecnología autónoma. La técnica incontrolada como objeto del pensamiento político", Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1979.



Unión Europea

PROYECTO **MEJORA DE LAS ECONOMÍAS  
REGIONALES Y DESARROLLO LOCAL**

—  
PROSPECTIVA  
**TECNOLÓGICA**



**INTI**



**Unión Europea**

Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Gerencia de Cooperación Económica e Institucional  
Avenida General Paz 5445 - Edificio 2 oficina 212  
Teléfono (54 11) 4724 6253 | 6490  
Fax (54 11) 4752 5919  
[www.ue-inti.gob.ar](http://www.ue-inti.gob.ar)



**Presidencia de la Nación**

**INDUSTRIA**