

Mesa de investigadores IDIC

Presentación de Informes Finales de Proyectos 2013

4, 11 y 25 de abril de 2014

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA

Herramientas Estratégicas para la Gestión de
la Incertidumbre

Rafael Aita



Objetivos

Objetivo principal

- Diseñar una metodología que permita demostrar que un sector tiene un comportamiento caótico

Objetivos específicos

- Diseñar indicadores que permitan medir el nivel de información disponible para la toma de decisiones y realización de planes
- Diseñar herramientas estratégicas dinámicas y flexibles que permitan realizar una mejor planificación en un entorno caótico

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA

Hipótesis: ¿Muestran los sectores industriales un comportamiento complejo (caótico)?

- Claude Shannon (1948) diseña una Teoría Matemática de la Información en base a la medición de la entropía.
- Basándose en la Teoría de Información de Shannon, Kolmogorov elabora un indicador que mide el almacenamiento y ganancia de información de un sistema determinado, este indicador es llamado “entropía de Kolmogorov”.
- Si la entropía de Kolmogorov se encuentra entre cero e infinito ($0 < K < \infty$), existe un comportamiento caótico. Si la entropía de Kolmogorov es igual a 0, no se pierde información y el sistema es regular. Si $K = \infty$, el sistema es totalmente aleatorio

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA

$$S \propto \sum_i P_i \log P_i$$



Pruebas Cualitativas

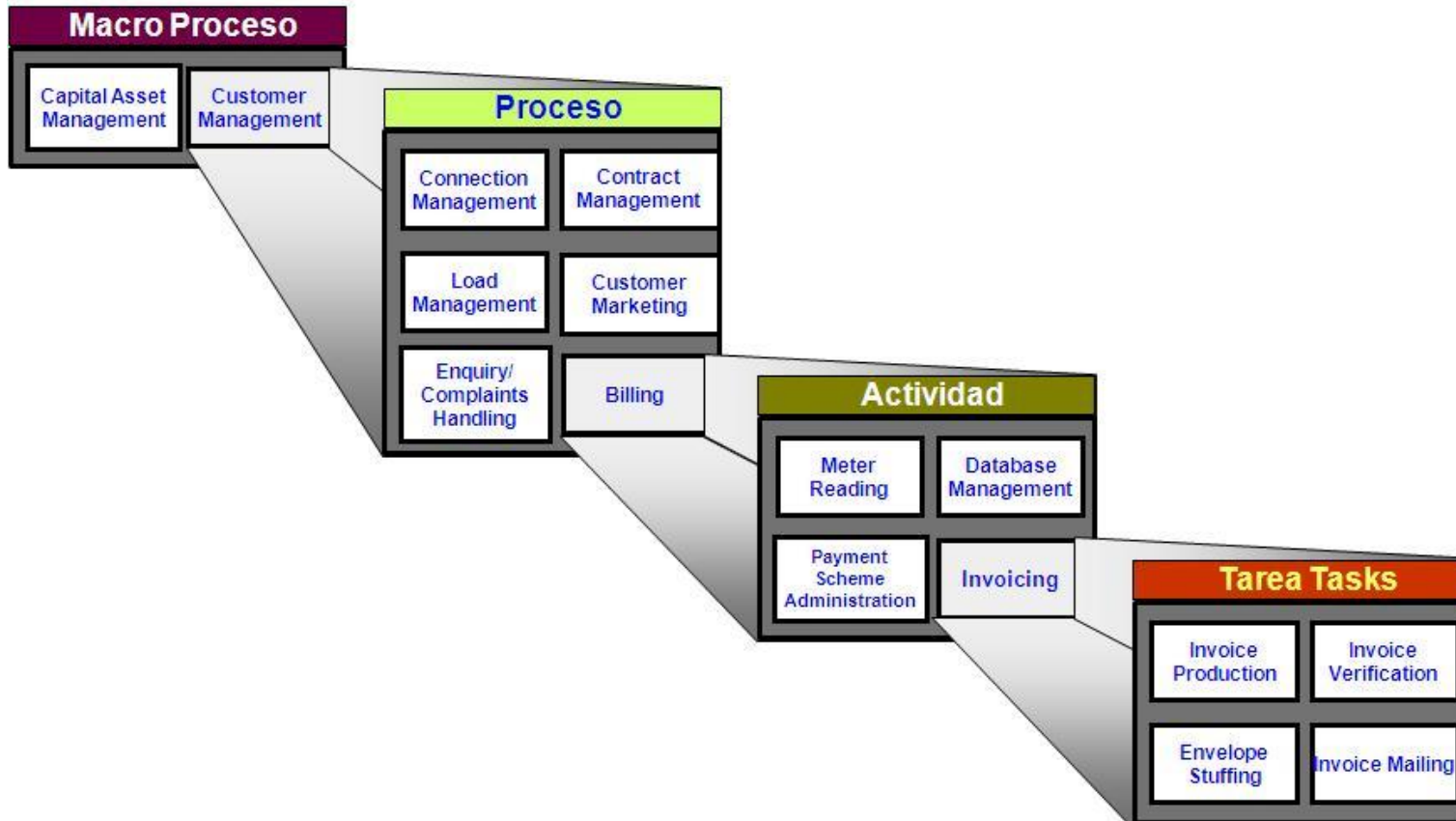
- Los sistemas caóticos son transitivos: muestran una auto-similitud, donde el todo puede ser encontrado en cada una de las partes. Esto es producto de la naturaleza de las estructuras disipativas y su forma de auto-organización para evitar alejarse del equilibrio y su consecuente colapso.
- Los sistemas caóticos son recurrentes. A pesar de la aparente aleatoriedad, el sistema no se disipa arrojando valores totalmente aleatorios, sino que se mantiene dentro de un conjunto de curvas próximas llamadas “atractores”.
- Todo sistema caótico muestra sensibilidad a las condiciones iniciales, un ligero cambio en el valor inicial generará una distorsión significativa en los resultados finales haciendo al sistema impredecible en el largo plazo; el llamado “efecto mariposa”.

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA



Transitividad y Autosimilitud

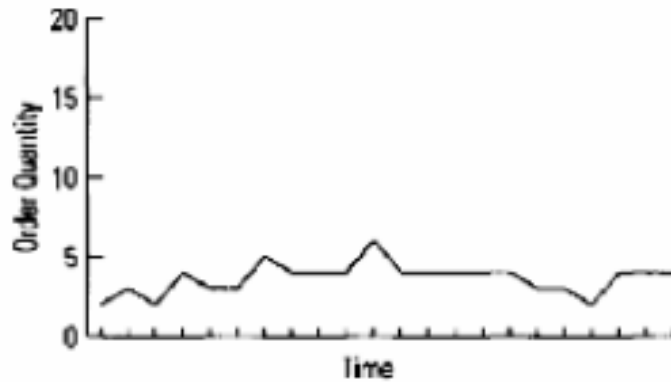


IDIC

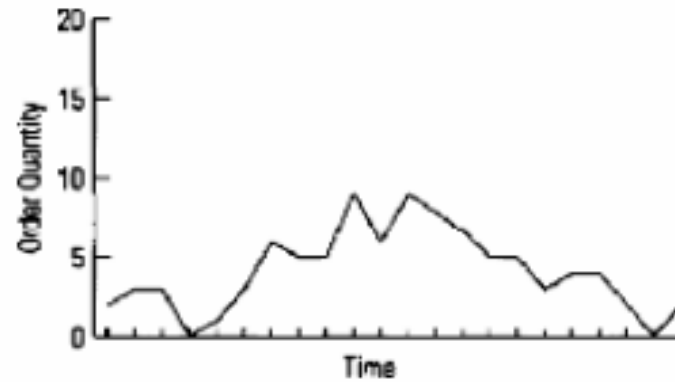
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA

Recurrencia

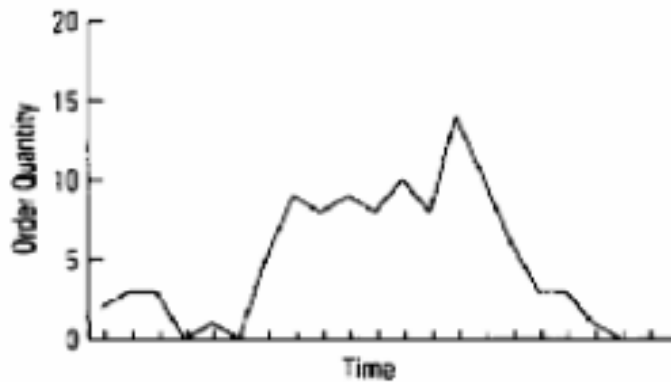
Consumer Sales



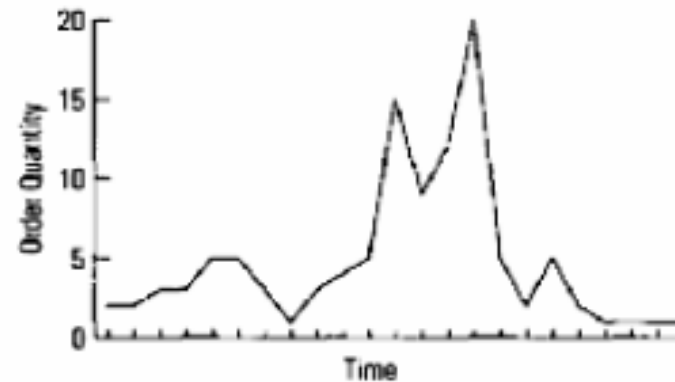
Retailer's Orders to Manufacturer



Wholesaler's Orders to Manufacturer

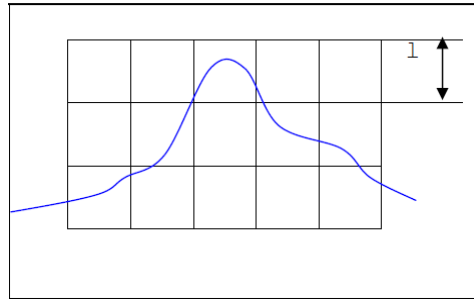


Manufacturer's Orders to Supplier



Metodología

- Se grafica el espacio de estados, se divide en pequeños cuadrados de tamaño L y en intervalos de tiempo T uniformemente separados, la entropía de Kolmogorov quedaría definida por:



$$K_n = -\sum_{0..n} P_{1..n} \log P_{0..n}$$

Fuente: Pons, J. A. M., Benito, F. A. V., & España, A.
D. H. M. LA ENTROPIA DE KOLMOGOROV.

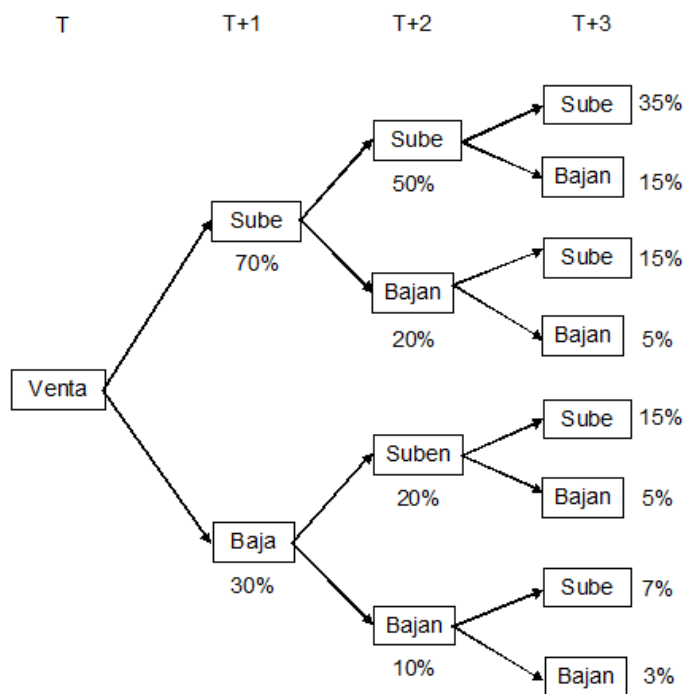
- Siendo P_o la probabilidad de que el sistema se encuentre en la caja i_o , en $t = T$ en i_1 y en nT en i_n .
- La diferencia de entropía de Kolmogorov entre una caja y otra ($K_{n+1} - K_n$) representa la información adicional que se necesita para saber en qué celda (i_{n+1}) se va a encontrar el sistema en el futuro.

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA

Resultados

- Tomando el trimestre actual como T, se buscará calcular la entropía para los trimestres T+1, T+2 y T+3 de acuerdo a la probabilidad de que el sistema termine en cada uno de los siguientes estados



- A mayor horizonte de planeación, menos precisas serán las predicciones hechas
- La respuesta a esta creciente incertidumbre no se encuentra en ampliar la base de datos histórica, sino en disminuir el incremento de entropía que se da en el tiempo
- Metodología en dos pasos:
 - Establecer el horizonte máximo de planeación
 - Reducir el incremento de entropía en el tiempo dentro de dicho horizonte

$$K3 - K2 = 2.58 - 1.76 = 0.82 \text{ bits}$$

$$K2 - K1 = 1.76 - 0.881 = 0.88 \text{ bits}$$

Horizonte Máximo de Planeación

- En el ejemplo del caso, la entropía de Kolmogorov para el trimestre T+1 es de 0.881 bits. Su inversa es el tiempo de Lyapunov y muestra el tiempo máximo de proyección hasta que se pierda toda información del sistema.
- $\text{Tiempo} = 1 / 0.881 = 1.13$ trimestres aproximadamente unos 3 meses y 1 semana
- De acuerdo a este resultado, toda proyección fidedigna podrá hacerse dentro de los siguientes 3 meses y 1 semana a la tasa de pérdida de información actual

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA

Horizonte máximo de planeación

- Si la probabilidad de ocurrencia de un escenario para el próximo trimestre es del 90% su entropía de Kolmogorov es de $-0.9\text{Log}(0.9) = 0.0405$ bits
- Su horizonte de planeación es de $1/0.0405 = 24.69$ trimestres = 6.17 años = 6 años 2 meses
- Nótese que este horizonte de tiempo es independiente del pasado histórico de la empresa. En el caso de los sistemas caóticos, es mucho más útil mirar hacia adelante que mirar hacia atrás.
- Luego de determinar el horizonte máximo de planeación, el segundo paso es reducir el incremento de entropía en el tiempo

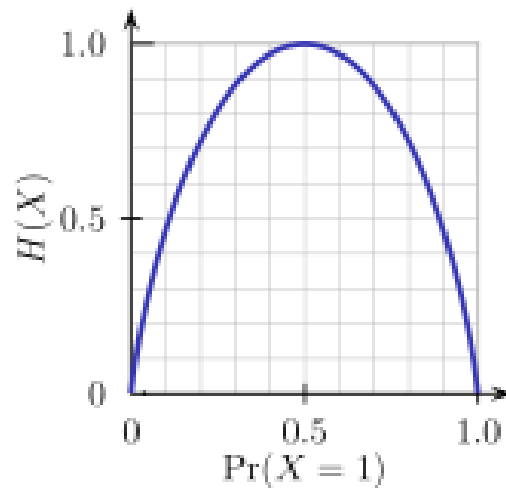
IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA



Reducción del incremento de entropía en el tiempo

- Para un escenario de dos posibilidades, el máximo nivel de incertidumbre se encuentra cuando ambos escenarios tienen igual probabilidad de ocurrencia (50%) ya que la ocurrencia de uno o del otro se da prácticamente por azar



La primera forma de reducir el incremento de entropía en la proyección de un escenario será la realización de un análisis que permita inclinarse hacia una mayor probabilidad de ocurrencia de un escenario por encima de otro.

Fuente: Zanuy, M. F. (2001). Sistemas de comunicaciones. Marcombo.

Reducción del incremento de entropía en el tiempo

- La primera forma de reducir el incremento de entropía en la proyección de un escenario será la realización de un análisis que permita inclinarse hacia una mayor probabilidad de ocurrencia de un escenario por encima de otro.
- La segunda forma de reducción del incremento de entropía, tal vez más importante que la primera, consiste en reducir el número de escenarios futuros proyectados.

- Entropía de Kolmogorov para dos escenarios con igual probabilidad de ocurrencia:

$$K = -[0.5 * \text{Log}_2(0.5) + 0.5 * \text{Log}_2(0.5)] = 1 \text{ bit}$$

- Entropía de Kolmogorov para cinco escenarios con igual probabilidad de ocurrencia:

$$K = - [0.2 * \text{Log}_2(0.2) + 0.2 * \text{Log}_2(0.2) + 0.2 * \text{Log}_2(0.2) + 0.2 * \text{Log}_2(0.2) + 0.2 * \text{Log}_2(0.2)] = 2.32 \text{ bit}$$

Reducción del incremento de entropía en el tiempo

- El nuevo objetivo de la prospectiva estratégica debe radicar en reducir el incremento de entropía en el tiempo.
- Para esto deberá realizar dos acciones: 1) precisar la probabilidad de ocurrencia del escenario y 2) acotar el número de escenarios en base a un análisis más detallado en cada una de sus etapas.
- Para alcanzar este objetivo se analizará el proceso de proyección de escenarios a fin de detectar los puntos donde reducir el incremento de entropía a través del estrechamiento del número de escenarios proyectados.

Resultados

- Necesidad de un nuevo modelo de Planeamiento Estratégico:
- “En tiempos caóticos, el tradicional plan estratégico de tres años es anacrónico e inútil. De hecho, el enfoque tradicional de la estrategia requiere predicciones precisas, lo que a menudo lleva a los ejecutivos a subestimar incertidumbre y caos causados por recurrente e impredecible turbulencia. En la era de la turbulencia, este enfoque puede ser francamente peligroso”.
Kotler y Caslione (2010)
- “Porque el cambio ha cambiado. Ya no es aditivo, ya no avanza en línea recta. En el siglo XXI el cambio es discontinuo, abrupto, sedicioso [...] en un mundo no lineal, sólo las ideas no lineales crearán nueva riqueza”.
Hamel (2008)
- “En el centro del enfoque tradicional de la estrategia está el supuesto de que si se usa un conjunto de potentes herramientas analíticas, los ejecutivos pueden predecir el futuro de cualquier empresa con la suficiente precisión para elegir una dirección clara y estratégica para ella. Cuando el futuro es turbulento y llega a altos niveles de caos, ese enfoque es, cuando más, marginalmente útil y cuando menos, francamente peligroso”.
Kotler y Caslione (2010)

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA



Entropía Condicionada

- Cuando existe un grado de dependencia entre dos variables X e Y , existe una menor incertidumbre para determinar una a partir de la otra. Shannon (1948) define la entropía condicional como el promedio de entropía de cada Y por cada valor de X , ponderado de acuerdo a la probabilidad de conseguir aquel particular X definido por la fórmula:

$$H(X, Y) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(x_i, y_j) \log_2 (P(x_i, y_j))$$

$$H(X/Y = y_j) = - \sum_{i=1}^n P(x_i/y_j) \log_2 (P(x_i/y_j))$$

Siendo la probabilidad condicional:

$$P(x_i/y_j) = \frac{P(x_i, y_j)}{P(y_j)} \quad P(y_j/x_i) = \frac{P(x_i, y_j)}{P(x_i)}$$

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA



Conclusiones

- Un sistema caótico es distinto a un sistema aleatorio. Antes de formular un Plan Estratégico debe determinarse si la Empresa se encuentra en un entorno regular, un entorno totalmente aleatorio o un entorno caótico.
- Los entornos caóticos, complejos y no-lineales no pueden ser analizados bajo las herramientas tradicionales del Plan Estratégico. Para estudiar un sistema complejo es necesario un enfoque integral, holístico y no-lineal.
- La Planeación Estratégica para un sector con características caóticas debe girar alrededor de la disponibilidad de información, su ganancia y velocidad de desactualización.
- La proyección de escenarios debe formularse en torno a la variable incertidumbre, la cual es medida a través del cálculo de la entropía. De esta forma la incertidumbre no debe estropear la formulación de los planes futuros, sino debe ser parte clave de su formulación.

IDIC

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE LIMA

