

# COMO SUPERAR EMERGENCIAS INDUSTRIALES APLICANDO TEORIA DEL CAOS.

## RESUMEN

Usar la Teoría del Caos para hacer previsiones de eventos futuros a partir de la lectura e interpretación de situaciones simples que pueden llegar a provocar estados complejos o emergencias industriales, (Emergencias debidas a lo desconocido, extraño y difícil de controlar).

**PALABRAS CLAVES:** Predicción de eventos, Teoría del caos.

## ABSTRACT

*To use the Theory of the Chaos to make forecasts of future events from the reading and interpretation of simple situations that they can get to cause complex states or industrial emergencies, (Emergencies due to the unknown, stranger and difficult to control).*

**KEYWORDS:** *To predict events, theory of the chaos.*

## PEDRO PABLO BALLESTEROS

Ingeniero Industrial  
Profesor auxiliar  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[ppbs@utp.edu.co](mailto:ppbs@utp.edu.co)

## CONRADO ESCOBAR Z.

Lic. Educación Áreas Técnicas  
Profesor asistente  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[cescobar@utp.edu.co](mailto:cescobar@utp.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La construcción de modelos matemáticos para explicar fenómenos, predecir eventos o tomar decisiones en situaciones de incertidumbre, ha sido siempre preocupación de las ciencias, éstos facilitan el trabajo y lo hacen más preciso, pero tienen una característica y es que generalmente son lineales, por lo tanto sólo consideran variables medibles, cuantificables y controlables.

Lo anterior aplicado a la gestión industrial invita a reflexionar entorno al uso de los diferentes instrumentos y modelos matemáticos, empleados para pronosticar y controlar variables industriales y económicas; los que dan como resultado aproximaciones, pero que son aceptados por no existir otros instrumentos para medir y analizar.

Se propone entonces usar la Teoría del Caos para hacer previsiones de eventos futuros a partir de la lectura e interpretación de situaciones simples que pueden llegar a provocar problemas complejos o emergencias industriales.

Emergencias industriales significa todo evento desconocido y espontáneo que puede afectar la gestión de una empresa, se pueden clasificar en dos tipos:

- a) Emergencias debidas a lo desconocido, extraño y difícil de controlar.

- b) Emergencias debidas a la falta de organización y control (El no hacer lo que se debe hacer o para lo cual ya existe solución).

El presente trabajo se ocupará de las emergencias tipo (a)

## 2. GENERALIDADES

Antes de abordar el tema del artículo, es conveniente tener en cuenta que cualquier comportamiento caótico es la suma de muchos comportamientos (previamente) ordenados, sin que ninguno de ellos se mantenga en situación normal.

Cuando se ha establecido una fuerte relación entre la causa y el efecto de un fenómeno observado con una alta certeza se pueden predecir los resultados de un experimento. Por lo anterior se puede deducir que el caos es impredecible, pero si se puede determinar.

Los sistemas físicos muy inestables son complicados de analizar a pesar de estar representados por muchas ecuaciones no lineales en modelos matemáticos porque también éstos son complicados y en ocasiones no se encuentran soluciones exactas. La teoría del caos hace parte del campo de las matemáticas que se está utilizando para el estudio de estos sistemas.

No se puede desconocer que los sistemas caóticos se caracterizan por su dependencia sensible<sup>1</sup> de las condiciones iniciales. Cualquier variación por pequeña que sea, en las condiciones iniciales, puede desatar en el sistema comportamientos completamente diferentes. La dependencia sensible imposibilita la realización de predicciones, incluso mediocres.

Hace algunos años se confundía el caos con la aleatoriedad, pero fue Poincaré (1854- 1912) quien se atrevió a postular acerca de lo aleatorio y del azar: “el azar no es más que la medida de la ignorancia del hombre”, expresión soportada en la existencia de muchos fenómenos que no eran aleatorios (sólo respondían a una dinámica lineal).

Análogamente se ha observado que la ciencia ha confundido el contenido determinístico o de azar inherente a un fenómeno atendiendo a su predecibilidad o no. En otras palabras una buena cantidad de fenómenos no predecibles se consideraban como parte del mundo del azar, con el agravante de quedarse estacionados en el tiempo y en el espacio sin ser sometidos a ningún tratamiento, por ignorancia.

Esta teoría del caos en su etapa incipiente como se vive actualmente constituye un primer intento (desde la Ciencia) en la búsqueda de las leyes que explican los distintos fenómenos desconocidos en su dinámica y que por lo natural y cotidiano rodean nuestra existencia como: las turbulencias, el comportamiento del clima, el movimiento del aire y de las nubes, el impacto de la globalización, el movimiento de la sangre a través del corazón, el humo del cigarrillo, las confrontaciones bélicas, el comportamiento de la bolsa de valores, las congestiones de tráfico, el comportamiento de la economía tanto global como local a través de los mercados de valores, que muchas veces no son susceptibles de control con los elementos que nos provee la Matemática y la Física actual.

Por otro lado, los fenómenos de azar no son deterministas, por lo tanto no se puede predecir de antemano su resultado, pero éste no es más que una condición suficiente para que un fenómeno sea completamente de azar.<sup>2</sup>

Téngase en cuenta que existen fenómenos de los que no se puede predecir su comportamiento y no necesariamente son de azar.

<sup>1</sup> EDWARD LORENZ: Trató la dependencia sensible cuando afirmó que los pequeños cambios en las condiciones iniciales conducían a enormes cambios en el resultado, que aparentemente no sigue ningún patrón.

<sup>2</sup> Rodríguez Carlos: “Caos y fractura”. Revista “Spin Cero” Número 2. I.E.S. “Pablo Picasso”, Málaga, 1996.

Lo curioso de todo esto es que precisamente el caos, como lo afirma Lorenz, se refiere a un conjunto de procesos o fenómenos que parecen comportarse de acuerdo con el azar pero su desarrollo está determinado por leyes bien precisas.

Lo anterior queda complementado con la referencia de los sistemas dinámicos definidos como una colección de partes que interactúan entre sí y se modifican unas a otras a través el tiempo.

Se habla de un sistema lineal cuando cambios pequeños en las condiciones iniciales del sistema no originan grandes cambios en el proceso y en el resultado final. En caso contrario el sistema es no lineal.

El caos se ha denominado la ciencia de los sistemas no lineales dinámicos y complejos. Considerando su origen griego, que se interpreta como desorden, genera críticas confusas debido a que los investigadores han descubierto la compleja y sutil estructura que permanece bajo el caos de la turbulencia y de otras conductas impredecibles de la naturaleza.

Con la llegada de los sistemas y de los computadores se comenzó a encontrar un orden más complejo donde antes había caos.

Con estas herramientas se ha facilitado el análisis de comportamiento de sistemas muy simples pero su predictibilidad continúa siendo un misterio.

No se puede olvidar que el concepto de repetitibilidad también queda cuestionado por la teoría del caos, cuando la realización de un experimento produce resultados que no son solamente diferentes sino también contradictorios, teniendo las mismas condiciones iniciales. Se puede entonces agregar que cualquier esfuerzo por crear un modelo que explique el fenómeno tratado sencillamente resulta inútil.

Cuando se simula el comportamiento de la economía de cualquier país o región es evidente que se debe conocer el efecto de cada una de las variables incluidas en la simulación. No sobra decir que el número y exactitud de éstas es muy grande, por lo tanto cualquier modelo físico estará fuertemente restringido o limitado en lo que tiene que ver con su potencial predictivo.

Con la actual crisis que viven las diversas regiones del mundo, muchas personas (entre gobernantes y gobernados) han llegado a conocer y “sentir” el significado del caos. También se ha comprobado por los mismos hechos que la mayor parte la atribuyen a causas equivocadas como errores e interpretaciones indebidas en sus orientaciones gerenciales (incluso en la planeación

estratégica en empresas y estados). La misma apertura de mercados puede estar fuera del control humano y en consecuencia a medida que pasa el tiempo, se torna más complicado identificar y relacionar el movimiento de las condiciones actuales.

Se sabe de primera mano que en las organizaciones debe practicarse una eficiente administración de las predicciones económicas, tecnológicas y de demanda de bienes y servicios. Las dos primeras, por tener un horizonte de planeación de largo o mediano plazo presentan un alto grado de incertidumbre en su predicción, incluso han tendido en ocasiones a comportarse de manera impredecible.<sup>3</sup> A esta situación se le debe incorporar la proliferación de los mercados globales electrónicos, los cuales han originado patrones inesperados generados posiblemente por la interacción de las dimensiones de la competencia (precio, calidad, credibilidad, flexibilidad, tiempo y servicio). Se deduce entonces que las organizaciones están en capacidad de utilizar distintas “combinaciones” de estas dimensiones de la competencia para satisfacer las necesidades de sus clientes en sus respectivos mercados.

Cuando se hacen esfuerzos para comprender por qué algunas organizaciones han alcanzado el éxito económico, se debe abordar otro aspecto asociado a los prerrequisitos estructurales, necesarios para fortalecer las operaciones.

No en vano estas organizaciones han efectuado importantes inversiones en mejoramiento continuo, investigación y desarrollo, adopción de tecnología avanzada y la integración.

Por lo anterior, se busca con ayuda de la teoría del caos poder descubrir un orden dentro de este caos del cambiante mundo empresarial que seguramente creará conflictos y controversia con los paradigmas reduccionistas. Si se descubre un orden dentro de los cambios de la gestión empresarial, toda capacidad de predicción se verá reflejada en importantes aportes para quienes intenten interpretar adecuadamente los patrones de comportamiento del mundo empresarial.

Seguramente, como en nuestro caso, muchas personas, grupos de investigaciones, e incluso organizaciones estarán intentando aprovechar la teoría del caos en beneficio propio, aumentando la participación en los mercados y reduciendo al menos sus pérdidas operacionales.

### 3. ANTECEDENTES

Para el propósito del presente artículo se ha considerado el mundo empresarial como un sistema dinámico, donde el caos se ha tomado como un conjunto de variaciones irregulares que al originarse desde su interior, no por agentes aleatorios externos, afectan en forma no lineal su comportamiento. Los estudiosos en el tema se han atrevido a afirmar que el problema de los modelos matemáticos o econométricos actuales radica en que éstos son incompletos y buscan como solución la definición al sistema en referencia que incluya sistemáticamente todo el comportamiento tecnológico, socioeconómico, político, cultural del mundo empresarial, reduciendo o eliminado en consecuencia todo tipo de incidencia externa.

Lo preocupante es que este escenario holístico tiene una doble implicación: por una parte, contradice la “ley de la parsimonia” a través de la cual se busca la explicación más sencilla de un fenómeno que ha sido previamente observado, logrando que en los modelos se haga abstracción de aspectos relevantes del sistema, sin llegar a caer en exceso de detalles que al final no agregan valor y son inútiles. Por otro lado, esa ley tiende a desconocer y olvidar lo complejo que sería el análisis de un sistema que perfectamente puede tener algunos billones de grados de libertad, razón suficiente para omitir cualquier esperanza por explotar su determinismo.

Se sabe que la actual administración de operaciones se fundamenta en dos supuestos fundamentales:

- a) Empresarios visionarios: que pretenden hacer de sus empresas, organizaciones de respuesta sensible rápida, invirtiendo con ciertos niveles de riesgo y logrando tener participación en distintos escenarios.
- b) Mercados eficientes: donde se puede competir con precio, calidad y servicio, sin embargo el proceso de expansión o de sostenibilidad puede ser hasta cierto punto aleatorio, dependiendo de condiciones en ambientes de depresión, de tendencia deflacionaria continua, de variación de índices económicos o de la presencia de una bonanza.

Téngase en cuenta que toda conducta caótica se parece o se asemeja a la aleatoriedad.

Un caso que puede servir de ejemplo al tema tratado es el famoso juego de la cerveza<sup>4</sup>, donde se observa cómo funciona un mecanismo autoregulatorio de retroalimentación que produce resultados inesperados. El objetivo del juego radica en que los vendedores al detal

<sup>3</sup> Se puede referir el lector a las distintas situaciones de países en vías de desarrollo, situados en diferentes partes del mundo.

<sup>4</sup> SENGE M. Peter. La Quinta Disciplina. Capítulo 3, pág: 39.

pueden surtir la demanda de cerveza sin faltantes, evitando que los consumidores acudan a otros vendedores y sin sobrantes, puesto que la cerveza no consumida en esa semana se pierde. La regla se aplica también para mayoristas, distribuidores y producción. El desarrollo del juego ha mostrado fuertes oscilaciones en los pedidos y en los inventarios originados por procesos de autorregulación de retroalimentación que justamente causan un comportamiento caótico e inesperado.

#### 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Por lo tanto a partir del enunciado anterior se pueden explicar tres cosas:

- a) Qué son emergencias industriales? Son todo aquel tipo de eventos propios de la actividad industrial y económica, debidos a lo desconocido, extraño y difícil de controlar.
- b) Qué es teoría del caos? Como la que estudia el comportamiento de procesos o fenómenos que parecen comportarse de acuerdo con el azar pero que su desarrollo está determinado por leyes bien precisas, en donde las partes interactúan entre sí y se modifican el comportamiento unas a otras a través del tiempo.
- c) Cómo superar emergencias industriales? Hace referencia a la necesidad de definir una metodología que permita orientar la toma de decisiones y aumentar la predictibilidad en las diferentes actividades de un negocio, a partir de reconocer lo caótico o altamente complejo del ambiente en el cual se desenvuelve, para el caso de interés se tratará de resolver esta pregunta.

##### 4.1 Cómo superar emergencias industriales?

Se parte del hecho de que toda acción o evento que se suceda dentro del ambiente económico o industrial tiene un punto de origen o condición inicial, el que puede ser consecuencia de otros, y puede ser el generador de unas derivaciones por ramificación que se multiplican con el tiempo a través de diferentes estímulos siempre en grupos de tres (Ver figura 1, valores positivos, negativos o neutros).

Se propone para el análisis de esta teoría los siguientes pasos:

- Determinar una condición inicial (nodo), teniendo en cuenta el grado de complejidad o impacto

posible. A mayor impacto más peso al momento de elegir.

- Definir el alcance o intensidad del análisis, según la necesidad de respuestas a corto, mediano o largo plazo, donde el análisis incluye divisiones de punto inicial en grupos de tres ramas, que toman valores positivos, negativos o neutros. Las ramas de estos grupos se dividen nuevamente en tres, las que toman los mismos valores antes expuestos, y así sucesivamente hasta donde se determine el alcance del estudio, en donde lo complejo radica en tratar de establecer la ruta de impacto (el camino que seguirá un determinado estímulo) que tendrá como punto de origen el nodo inicial, y que continuará una trayectoria por ramas positivas, negativas o neutras, según estimulaciones adicionales o dependiendo de la intensidad del impulso, a más estímulos positivos, más dinámica, a más estímulos negativos más resistencia, esto lleva a tener que considerar la intensidad del impulso para pasar de un nodo a otro, pues esto puede afectar la trayectoria y el resultado final.
- Análisis de las divisiones de cada nodo, que pueden ser constantes, siempre en grupos de tres o divisiones variables a lo largo de la trayectoria, es decir que una rama en un punto se divida en tres, en otro en dos, en otro no se divida y se corte o continúe en una sola rama (sistema caótico variable). A medida que aumentan las ramificaciones estas terminan por superponerse e influir o afectar las otras ramas, situación puede finalizar asimilándose a la formación de una espiral, o una serie de espirales, para el caso tres, lo que según la cantidad de ramificaciones genera una estructura densa y compleja para el análisis, que si se observa desde un punto superior se asemeja a la figura 1, pero si se hace frontalmente la presentación puede observarse en la figura 2. a lo anterior hay que agregarle si la intensidad de los impulsos para pasar de un nodo a otro afectan la estructura de las espirales y como esto se refleja en los resultados y análisis, este efecto de la intensidad de los impulsos es lo que se podría llamar en este caso la existencia de atractores, los que si son puntuales generan rutina y bajo desempeño y riesgo de accidente industrial, lo contrario más dinámica y progreso, por lo tanto se debe trabajar en identificar y disolver los atractores puntuales, como cuando la trayectoria de la ruta de impacto se mueve siempre por ramas

neutras y de baja intensidad, que cierran posibilidades para la acción efectiva.

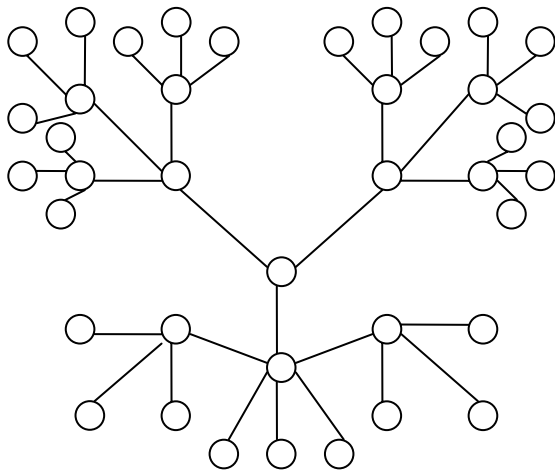


Figura 1. Ejemplo de ramificación desde el nodo inicial.

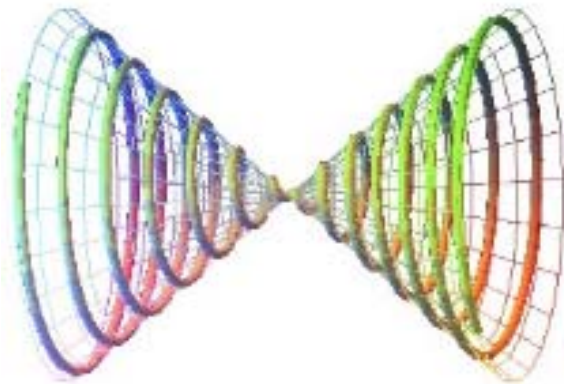


Figura 2. Ejemplo de ramificación en espiral.

Nota: Esta figura se tomo de la página web:

[www.mathcurve.com/courber3d/spiraleconic/pappus.shtml](http://www.mathcurve.com/courber3d/spiraleconic/pappus.shtml)

y se ha seleccionado para el caso esta curva que explica mejor el comportamiento de la situación que se quiere analizar.

## 5. CONCLUSIONES.

Con este primer intento de definir la metodología que permitirá el análisis del tema tratado en este artículo, es conveniente considerar que aquí no se agota el tema, por el contrario se dejan las bases para profundizar en los siguientes aspectos:

- Con respecto al nodo inicial, se debe establecer el nivel de complejidad que se quiere explicar con el modelo que esta en construcción, por los autores del artículo.
- El alcance de análisis del problema debe cubrir las divisiones de punto inicial (Valores positivo, negativo y neutro), las rutas de impacto, los factores que facilitan la estimulación para pasar de un nodo a otro y la intensidad del impulso.
- Con lo anterior se tendrá el camino expedito para analizar las divisiones de cada nodo (Constantes o variables) y la interacción de estos con sus ramificaciones que terminarán en una estructura de espirales superpuestas (Esta hipótesis será objeto de validación con esta investigación).
- Finalmente un elemento que se debe explicar, a partir de la investigación, es el de la intensidad de los impulsos, que pueden ser las fuerzas del mercado o de los intereses particulares o de grupo, cómo toman fuerza y se propagan.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

[1] DE GUZMAN, Miguel. (1993). Estructuras Fractales y sus Aplicaciones. Primera edición. Editorial Labor, S.A. España.

[2] MONROY Olivares, César. (1997). Teoría del caos. Primera edición. Alfa Omega Grupo Editor, S.A., México D.F.

[3] RODRIGUEZ Carlos, "Caos y fractura". Revista "Spin Cero" Número 2.I.E.S. "Pablo Picasso", Málaga, 1.996

[4] SENGE, Peter. La Quinta Disciplina. Ediciones Juan Granica, S.A., Barcelona, España, 1992.

[5] LORENZ E. N. Deterministic Nonperiodic Flow. Journal of Atmospheric Sciences 20:69, 1976.