

Este documento se cita como

Garcia-Sabater, Jose P. (2020)  
 Complejidad e Incertidumbre en GOL  
 RIUNET Repositorio UPV  
<http://hdl.handle.net/10251/141981>

## COMPLEJIDAD E INCERTIDUMBRE EN GOL

### Contenido

Complejidad e Incertidumbre en GOL.....	1
VUCA ( <i>Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous</i> ) .....	1
Sobrevivir a la volatilidad .....	2
Precipitar la ambigüedad.....	2
Incertidumbre.....	3
Reducir o Absorber la Incertidumbre .....	4
Complejidad.....	6
Reducir o Gestionar la Complejidad .....	7
El efecto combinado de la complejidad y la incertidumbre.....	8
¿Y tú dónde trabajas?.....	10
Caos en Dirección de Operaciones .....	11
Bibliografía.....	12

### VUCA (*VOLATILE, UNCERTAIN, COMPLEX, AMBIGUOUS*)

Nada hay que moleste más a un ingeniero que tener que tomar una decisión sin conocer el impacto de la misma. Y eso sería difícil si fuera posible.

El mundo en el que toma las decisiones la empresa del siglo XXI es un mundo VUCA (Volátil, Incierto, Complejo y Ambiguo).

Un entorno ambiguo es aquel en el que el significado de los eventos o las expresiones no está claro. Es posible que no esté claro porque aún se está llegando al consenso o porque se prefiere no comunicar la información que clarificaría la situación.

Se puede calificar como Volátil el entorno que está cambiando continuamente y que su cambio es muy poco predecible. La volatilidad cuantitativa es poco

## Complejidad e Incertidumbre en GOL

relevante (es más bien un tipo de incertidumbre), la que realmente hace daño es la volatilidad cualitativa la que hace cambiar el escenario completamente y en muchos casos de manera impredecible.

Se puede denominar Complejo a un entorno con muchos y variados elementos, relacionados entre sí con relaciones lineales o no lineales... Un director de operaciones vive en un entorno complejo siempre, la cuestión es cómo de complejo es. Hay complejidad con la que hay que trabajar *¿qué remedio?*, pero también hay complejidad provocada por modos de trabajar que no quieren ser abandonados.

Se puede denominar Incierto a un entorno donde existiendo información esta no está disponible con una fiabilidad del 100% (*vamos cualquier entorno*). La incertidumbre puede afectar a los datos, pero también a las relaciones entre estos y las variables, y a la relación de las variables entre sí.

De estas cuatro características interesan al director de Operaciones fundamentalmente dos: la Complejidad y la Incertidumbre.

De resolver la volatilidad y la ambigüedad se debieran encargar los que lidian con el mundo exterior: tanto financieros como comerciales.

### **SOBREVIVIR A LA VOLATILIDAD**

De los cuatro elementos VUCA probablemente el que peor lleva un director de Operaciones es la volatilidad. La volatilidad hace referencia a los cambios en el entorno que no son predictibles (si fueran predictibles formarían parte de la complejidad).

La volatilidad puede ser cuantitativa o cualitativa. La cuantitativa se puede transformar en incertidumbre (si se cuantifica) via definición de variabilidad o de escenarios posibles.

La volatilidad cualitativa siendo muy importante para la supervivencia de la organización es un quebradero de cabeza para el director de operaciones que suele manejar recursos fijos difícilmente sustituitibles.

### **PRECIPITAR LA AMBIGÜEDAD**

La ambigüedad tiene que ver con la turbiedad en la definición de la realidad actual o de los requerimientos y objetivos perseguidos. Dicha ambigüedad se suele esconder detrás de palabras y frases polivalentes (y generalmente grandilocuentes) muy utilizadas en el politiqués.

La confusión deliberada o no, entre causas y efectos y el uso de palabras contenedoras de conceptos no claramente definidos definen una situación ambigua en la que le ingeniero se suele sentir muy incómodo.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

Pero también se puede esconder detrás de cantidades enormes de información de la que no se puede extraer información relevante, por ejemplo al analizar datos acerca del pasado que no permiten anticipar el futuro (“conducir mirando el retrovisor”).

Se encuentra ambigüedad cuando el servicio o producto que va a recibir el cliente no está definido puesto que el cliente tampoco sabe exactamente qué va a recibir y por tanto no ha expresado su opinión.

Se da ambigüedad también cuando los datos sobre la situación interna no es que tengan una cierta incertidumbre, sino que de hecho ni siquiera se conoce un valor aproximado puesto que nadie se había planteado que ese medible existía.

En entornos industriales donde ni el problema está claro ni desde luego el objetivo o los medios el único modo de avanzar es precipitar soluciones que pongan a los decisores en la situación de expresar qué quieren (generalmente lo quieren todo) y qué están dispuestos a pagar.

Una manera de manejar la ambigüedad es precipitar soluciones, aun sabiendo que no se van a ajustar a lo que está en la cabeza de la otra parte. Al ver plasmado de manera incorrecta su figuración mental, el afectado resolverá contradicciones, definirá aquellos aspectos que presentan más distorsión, o al menos debatirá sin dar más y más vueltas sobre el mismo punto.

Eso no quiere decir que la Volatilidad y la Ambigüedad no formen parte de la vida del Director de Operaciones. Desafortunadamente habrá que ayudarles, porque al final la fábrica no puede ser ambigua ni volátil, y esas decisiones que toman los de operaciones. Así que tendrán que ayudarles a convertirlas convertir la volatilidad y la ambigüedad en forma de distribuciones de probabilidad, escenarios y alternativas: Transformando la Volatilidad y la Ambigüedad en Complejidad e Incertidumbre.

### INCERTIDUMBRE

Se puede definir la incertidumbre de un sistema como las características del mismo que dificultan la toma de decisiones porque es difícil conocer el valor de los datos o garantizar el cumplimiento exacto de las decisiones tomadas.

Lo que más suele sorprender a un alumno de ingeniería al entrar en el mundo profesional es la ausencia de datos.

Pero que no haya datos no es la peor de las situaciones. Hay una situación peor, que los datos existan y todos los den por buenos. Lo habitual es que no sea cierto. Casi en el 100% los datos para ese nuevo problema no son confiables (pero pueden parecerlo).

Serán inciertos (con diferente nivel de incertidumbre) los datos ligados a:

- Los niveles de inventario
- El “cumplimiento de las órdenes”



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

- El rendimiento de las máquinas
- Los tiempos de entrega
- Los tiempos de operación
- Los Problemas de calidad
- La Disponibilidad de Máquinas
- Los Retrasos en las entregas
- La estimación de la demanda.

Los datos no son la realidad. Son sólo datos. Datos que sirven para lo que sirven en cada momento, y que cuestan de conseguir y más de mantener actualizados.

La información fiable es cara de mantener actualizada y pocas veces es realmente útil tener una precisión del 100% en todos y cada uno de los datos.

Por ello, para hacer más eficiente un sistema se suele dejar que su incertidumbre crezca hasta alcanzar un nivel en el límite de lo soportable.

¿Cuál es el límite de lo soportable? Cuando las decisiones que se toman (con los datos disponibles) no tienen los efectos esperados la falta de datos o la escasa fiabilidad de los mismos se convierte en un problema.

En general, cuando alguien accede a un sistema por primera vez se sorprende de la falta de fiabilidad de los datos. Sin embargo, es lo esperable.

La posibilidad de que un dato en un sistema informático coincida con la realidad física en cada momento es muy baja. Pero es que además sería caro y probablemente inútil mejorar la fiabilidad si el sistema funciona suficientemente bien (Cortes-Fibla, Vidal-Carreras and García-Sabater, 2016).

Antes de plantearse el problema de la incertidumbre sería bueno saber cómo de bien o mal funciona y si dicho mal comportamiento tiene algo que ver con la incertidumbre en los datos.

### REDUCIR O ABSORBER LA INCERTIDUMBRE

Dos son los modos básicos de gestión de la incertidumbre. O bien se absorbe o bien se reduce.

Absorber la incertidumbre suele exigir invertir en recursos extra: dimensionar stocks de seguridad más altos, disponer de horas flexibles, tener una red de proveedores amplia, dar libertad a los trabajadores para que decidan.

Reducir la incertidumbre, mejorar la calidad de los datos y de las previsiones se convierte en necesario a medida que el sistema se vuelve más complejo.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

En algunas ocasiones la reducción de incertidumbre pasa simplemente por salir a planta a capturar datos. Algunas empresas contratan estudios de simulación con el único objetivo de que alguien externo capture los datos explícitos que son necesarios para tomar decisiones. Pero la simulación tiene otro beneficio, a través de un buen análisis de sensibilidad indicará si es necesario seguir profundizando en la reducción de incertidumbre.

En ocasiones la falta de datos se convierte en endémica. En esos casos, una solución habitualmente considerada es comprar un sistema caro que poca gente sabe para qué sirve.

*¿qué es SAP? Ningú ho sap.*

Como el sistema es informático y lo implementan alemanes, toda la empresa confía que resolverá la inconsistencia de datos porque eliminará duplicidades (no mejora necesariamente la calidad del dato, pero por lo menos es único), agilizará los procesos y probablemente limpie también los cristales de las ventanas.

Tras el titánico esfuerzo (monetario y de tiempo) que requiere una implantación de un nuevo ERP, cabría preguntarse qué porcentaje de ese tiempo y ese dinero hubiera hecho falta para mejorar la calidad de los datos con casi el mismo resultado, si simplemente se hubiera hecho el esfuerzo de mejorar la disciplina que sólo se hizo al comprar el software alemán. La respuesta es casi inmediata: sin la compra de ese software nadie hubiera hecho el esfuerzo, empezando por el empresario que esperaba que los datos mejoraran por arte de magia.

Otros sistemas que cada vez se utilizan más para reducir la incertidumbre en Operaciones son los MES. Tienen una utilidad diferente. Acceden al dato en su fuente (la máquina), y por ello ahora es conocido un dato que previamente no lo era.

Pero como no todo en la empresa está automatizado al mismo nivel es necesario que, de vez en cuando el operador, justifique la parada de la máquina. Momento en el que debe decidir si echarse la culpa a sí mismo, echarle la culpa a un compañero, echarle la culpa a la materia prima, poner una explicación en la que la culpa es de Murphy, o simplemente escribir en el comentario *"me he ido a hacerme un café"* sabiendo que todos esos datos no los va a leer nadie.

Y para completar el triángulo, gastarse unas cuantas decenas de miles de euros en herramientas de previsión de demanda o de planificación de producción, ayudará también a reducir la incertidumbre del sistema. Lástima que la gente de comercial se empeñe en decir que los clientes no se comportan como estaba previsto.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

Reducir la incertidumbre exige sistemas, pero sobre todo exige disciplina en el uso de sistemas. Da la impresión de que pagar mucho dinero por algo muy poco flexible, es el mejor camino para realizar un cambio cultural que discipline.

### COMPLEJIDAD

Se puede definir la complejidad de un sistema como la característica del mismo que dificulta la toma de decisiones porque es difícil anticipar el efecto de las mismas, aunque se dispusiera de todos los datos de manera explícita y cierto. (Yates, 1978) define que un sistema complejo es aquel que tiene al menos uno de los siguientes atributos.

1. Número elevado de elementos
2. Número elevado de conexiones entre los elementos
3. No linealidad en las relaciones
4. Simetría Rota
5. Restricciones No-holomónicas

A continuación, se va a utilizar el esquema anterior para poner de manifiesto las fuentes de complejidad en un sistema de operacines.

El número de productos y el número de procesos es lo que habitualmente se reconoce como complejidad. Pero no sólo el número es relevante. También lo es la dimensionalidad de los conjuntos. Dicho de una manera sencilla: los 10 productos que maneja la empresa son todos similares o algunos tienen una demanda constante y otros estacional. Las 5 máquinas que tenemos son las iguales o son cada una diferente de las demás. Cuanto mayor el número más complejidad, cuanto mayor la dimensionalidad, mayor la complejidad(Coronado-Hernández and García-Sabater, 2017).

Menos nombradas (y más relevantes) es el efecto de las conexiones entre los elementos de un conjunto y entre conjuntos. Por ejemplo, los productos se relacionan entre sí a través de las listas de materiales, pero también a través de una máquina compartida que no tenga un gran exceso de capacidad, o a través de un *buffer* con limitación de capacidad, que además conecta entre sí diferentes máquinas.

La no linealidad de las relaciones se expresa por ejemplo a través de demandas variables en el tiempo, o cuando la composición de la lista de materiales depende de la humedad relativa, Pero también son no lineales, las relaciones binarias como las que se producen en la lista de materiales, o el crecimiento no lineal de las colas en función de la saturación de las máquinas. Y desde luego son no lineales los sistemas informáticos con complejos procedimientos de cálculo(Cortés-Fibla, Vidal-Carreras and García-Sabater, 2015).



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

La asimetría temporal y la no holonomía son conceptos muy difíciles que escapan del objeto de este documento (y probablemente de la capacidad de comprensión del sujeto que lo escribió). Alguien explicó que en Dirección de Operaciones hay muchas maneras de hacer lo mismo, pero prácticamente ninguna de deshacer lo hecho, que eso es simetría rota y holonomía. Y que eso incrementa la complejidad del sistema.

En cualquier caso, lo bien cierto es que de manera natural la complejidad crece en cualquier sistema. Y más cuando se busca mejorar su eficiencia. Un sistema más eficiente es más complejo, pero las decisiones tienen efectos no esperados..

### REDUCIR O GESTIONAR LA COMPLEJIDAD

A mayor complejidad más dificultad para predecir el resultado de las decisiones. Y para cualquier persona que no sea un ludópata, más dificultad en la toma de decisiones.

Sintetizando se puede decir que son *drivers* de complejidad los siguientes:

- Número de Productos, Máquinas, Recursos disponibles
- Número de componentes y de niveles en la lista de materiales
- Dimensionalidad de Productos, Máquinas, Recursos
- Nivel de Saturación de los cuellos de botella
- Disponibilidad y distancia hasta las holguras de capacidad.
- Tasas de Nacimiento/Muerte de Productos
- Carácter Dinámico de la Demanda, de disponibilidad de MP y recursos
- Caducidad y Obsolescencia de productos, materias primas y semielaborados
- Tamaño de los Plazos de Entrega (de proveedores, a clientes)
- Limitación en los Niveles de Stock
- Falta de Polivalencia Operarios
- Productos sustitutos y direccionalidad de la sustitución
- Alternativas de ejecución y simetría de las alternativas
- Tamaño Geográfico de la Red, Número de Instalaciones
- Número de Reglas de Decisión equivalentes
- Existencia Herramientas de Toma de Decisión Automática

Cualquier director de operaciones se sentirá identificado con toda la lista. La reacción clásica ante esa lista es decir: *“en mi empresa hay de todo eso y más”*.

Lógico. Gracias a ello los directivos tienen trabajo. Sin complejidad no haríamos falta los seres humanos, ya lo harían todo las macros de Excel.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

El crecimiento en la complejidad de un sistema en ocasiones es el resultado de decisiones aparentemente inocuas y no relacionadas con el sistema de operaciones sino con la propia relación con los clientes.

En otras ocasiones la complejidad crece como una exigencia del mercado que exige un sistema más eficiente (en ocasiones una exigencia autoimpuesta).

El problema aparece cuando el crecimiento de alguno de esos factores se combina con otro(s) haciendo que el sistema entre en situación de continua emergencia. Emergencia en el sentido clásico de tiempo (urgencia) y también en el sentido de surgimiento (situaciones nuevas no previstas ni previsibles).

### EL EFECTO COMBINADO DE LA COMPLEJIDAD Y LA INCERTIDUMBRE

La complejidad se combina con la incertidumbre para generar “caos”. A mayor complejidad el efecto de la misma incertidumbre es mayor para hacer impredecible el resultado de la decisión.

Cada organización (en realidad cada persona) es capaz de soportar un cierto nivel de complejidad combinado un cierto nivel de incertidumbre.

Pero los sistemas no son estáticos los sistemas co-evolucionan con el entorno. Pero los sistemas libremente evolucionan hacia niveles mayores de complejidad e incertidumbre. Así que aquello que era soportable ayer deja de serlo hoy. Y entonces hay que aprender a reducir y/o gestionar la complejidad, y/o reducir y/o gestionar la incertidumbre.

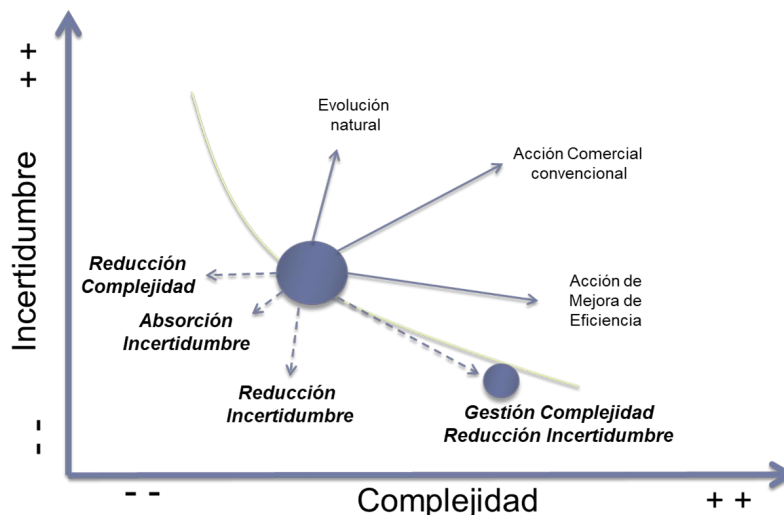


Ilustración 1: Complejidad e Incertidumbre

Reducir la incertidumbre puede ser muy costoso para algunas personas y absolutamente imprescindible para otras (a estos últimos se les suele tachar de



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

“cabezas cuadradas” o “estructurados” mientras que las primeras suelen ser consideradas “dejadas” o “flexibles”).

Se puede reducir la incertidumbre creando hojas de trabajo estándar, instalando un MES o haciendo una mejor previsión de la demanda. Se puede gestionar la incertidumbre protegiéndote contra ella (stock de seguridad, exceso de capacidad, buffers...

Además de reduciendo el catálogo de productos, la complejidad se puede reducir, por ejemplo reduciendo la saturación de las máquinas, estandarizando los procesos, incrementando los niveles de stock, acercando proveedores o minimizando los tiempos de preparación.

Pero también se puede gestionar. Si se opta por la gestión de la complejidad probablemente haya que invertir en sistemas informáticos (cuya mera implementación incrementa la complejidad) y por tanto, requerirá (ciertamente también pueden facilitar), la reducción de incertidumbre en los datos disponibles.

Si en lugar de dejar que el sistema evolucione libremente se actúa sobre él para hacerlo más eficaz y eficiente en el logro de sus objetivos, avanzarán inexorablemente por la senda del incremento de complejidad y la reducción de la incertidumbre. Aunque siempre en la frontera del caos (más que nada porque reducir la incertidumbre cuesta dinero y habría que justificar la inversión).

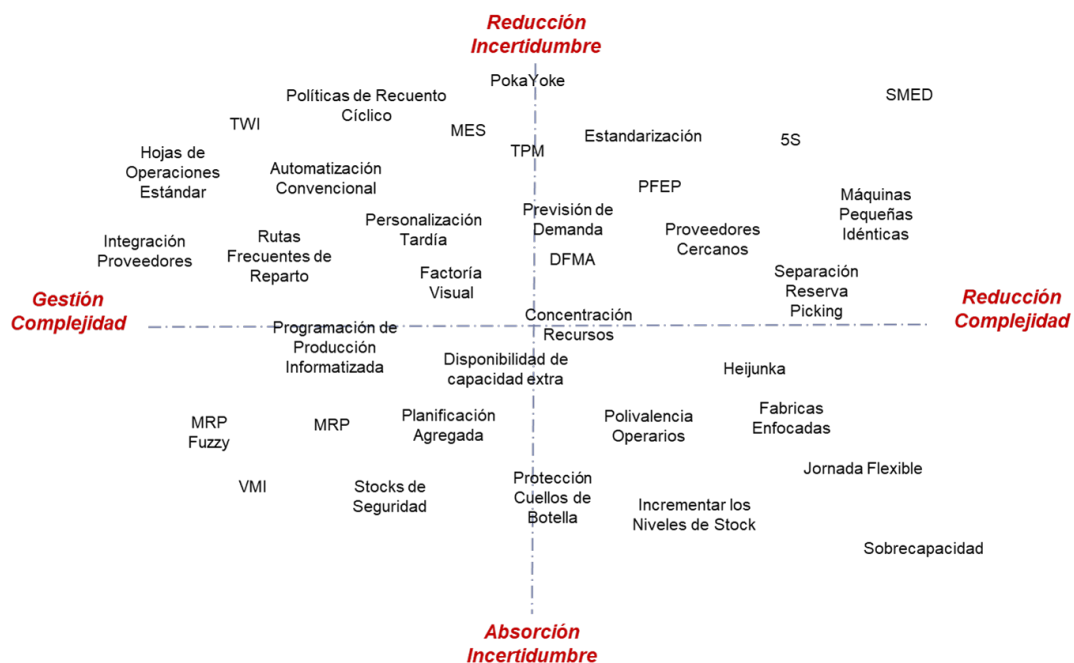


Ilustración 2: Control y Gestión de la Incertidumbre y la Complejidad



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

### ¿Y TÚ DÓNDE TRABAJAS?

Si se pudiera (que no se puede) dividir el espectro entre alta y baja complejidad y alta baja incertidumbre, quedarían 4 entornos de trabajo para un trabajador de operaciones.

En un entorno de baja incertidumbre y baja complejidad en realidad no hay un trabajo que realizar. Si se sabe lo que hay que hacer, se dispone de datos fiables para hacerlo y es sencillo de hacer, en breve lo hará un robot o una macro de Excel.



Ilustración 3: Modelo AEIO del trabajo según la Complejidad y la Incertidumbre del entorno

Los entornos de alta incertidumbre y baja complejidad exigen habilidades mentales, métodos de trabajo e incluso actitudes personales particulares. Los cálculos no son complicados, lo que es difícil es disponer de datos suficientes para tomar la decisión correcta, así que lo que hay que saber es a aceptar el error en la decisión, que es lo esperable (el error).

En los entornos de alta complejidad y baja incertidumbre se dispone de los datos (aproximados suficientemente) y la toma de decisiones es una cuestión de procesar adecuadamente los mismos, computando las relaciones (conocidas) para saber en qué quedará todo con el paso del tiempo. Es el lugar habitual de trabajo en las empresas muy organizadas, donde todo se conoce y todo es razonablemente predecible.

En Dirección de Operaciones, sin embargo, lo habitual es encontrarse en la frontera del caos, un lugar complejo y con una alta incertidumbre en el que las emergencias además son urgentes y se deben resolver sin disponer de la información suficiente.

El lugar en el que habita un gerente de operaciones, un encargado de producción, un director de logística, está casi siempre en el límite de lo soportable (con mucha



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Complejidad e Incertidumbre  
<http://hdl.handle.net/10251/141981>  
 ROGLE - UPV

## Complejidad e Incertidumbre en GOL

frecuencia entra en situación de pánico, pero con trabajo y dedicación llegará a casa cansado pero satisfecho de haber sobrevivido un día más.

### CAOS EN DIRECCIÓN DE OPERACIONES

El infierno tiene muchas formas. Una de ellas es una fábrica con trabajadores parados mientras las órdenes no salen, teléfonos con clientes quejándose de que no se les entregan los productos mientras las máquinas están fabricando cosas que no son necesarias, almacenes llenos de productos llenos de polvo mientras los sistemas informáticos muestran stock nulo (o incluso negativo) para muchos otros productos (un nivel inferior de infierno es cuando el mismo producto que está lleno de polvo es el que muestra stock negativo).

El caos en una fábrica se muestra cuando los trabajadores se han de quedar horas extra pese a que tienen una productividad bajísima durante las horas de trabajo, retrasos en las entregas de productos pese a que los plazos que se prometieron estaban más que hinchados, y los indicadores señalan una ocupación de máquinas menor del 50%.

En ocasiones hay calma en el caos, pero eso no significa que se han resuelto los problemas, la calma es sólo una muestra más del propio caos, las tormentas siempre preceden a la calma, y la calma a las tormentas.

Por ello en muchas empresas el director de operaciones (jefe de producción, encargado de almacén) tiene más bien un aspecto de bombero apagando fuegos que un ingeniero planificando el futuro.

El descenso al infierno tiene poca pendiente y no es, en absoluto, doloroso. Es más bien placentero.

Poco a poco el sistema va teniendo cada vez menos capacidad extra, poco a poco el catálogo de productos crece, poco a poco se dejan de utilizar estándares, la propia capacidad extra permite que los trabajadores sobre produzcan si les interesa o inviertan más tiempo del previsto en hacer el cambio de partida. Los stocks crecen (poco a poco) y la fábrica se va llenando de material, para alegría de todos que ven cómo se incrementan los movimientos.

Con más material en el sistema los movimientos de producto son cada vez más costosos y más impredecibles. Con más impredecibilidad en el acopio de materiales las máquinas ociosas lo parecen menos porque están esperando que lleguen útiles, piezas o trabajadores... Que se mueven de aquí para allá en un frenesí digno de mejor objetivo.

*“muy ocupados en no hacer nada” (San Pablo)*

Los primeros fuegos se apagan con algunos trucos que el entorno entiende como muestras de la inteligencia del encargado (utilizar otro componente, cambiar el programa de producción, contarle una historia al cliente, utilizar unas horas extras no planificadas...). Poco a poco esos fuegos adquieren una cierta estabilidad y el sistema



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

aprende a prender sin alarmarse, y a apagar sin que se note quien paga. Y ya todos son imprescindibles.

*“Tengo una mala noticia, no fue de casualidad  
yo quería que nos pasara y tú lo dejaste pasar” (Coti)*

### BIBLIOGRAFÍA

Coronado-Hernández, J. R. and García-Sabater, J. P. (2017) ‘Supply chain complexity: Classification, drivers and metrics’, *Espacios*, 38(31).

Cortes-Fibla, R., Vidal-Carreras, P. I. and García-Sabater, J. P. (2016) ‘Considering the effect of demand diversity on the performance of different production strategies for the Economic Lot Scheduling Problem’, in *Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IEEE IESM 2015*. doi: 10.1109/IESM.2015.7380320.

Cortés-Fibla, R., Vidal-Carreras, P. I. and García-Sabater, J. P. (2015) ‘Influencia del número de artículos y nivel de utilización en el rendimiento de estrategias de resolución para el problema de secuenciación del lote económico’, *Dirección y Organización*, (56), pp. 10–17.

Yates, F. E. (1978) ‘Complexity and the limits to knowledge’, *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 235(5), pp. R201–R204. doi: 10.1152/ajpregu.1978.235.5.R201.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a  
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-  
CompartirIgual 3.0 Unported License.

Complejidad e Incertidumbre  
<http://hdl.handle.net/10251/141981>  
ROGLE - UPV