

Jornadas de Automática

Entropía de proceso y entropía estructural en organizaciones jerárquicas. Un enfoque conceptual e ilustrativo

Parras Pulgar, Esther, Tejado, Inés, Vinagre, Blas M.*

Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Extremadura, 06006 Badajoz, España.

To cite this article: Parras Pulgar, Esther, Tejado, Inés, Vinagre, Blas M. 2026. Distinguishing between process entropy and structural entropy in hierarchical organisations. *Jornadas de Automática*, 47. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2026.47.13838>

Resumen

Este trabajo analiza el uso de la entropía como medida de complejidad en sistemas organizativos jerárquicos, distinguiendo entre dos planos: la entropía de proceso y la entropía estructural. La primera se interpreta como incertidumbre probabilística asociada a configuraciones de decisión, mientras que la segunda se entiende como multiplicidad combinatoria de configuraciones jerárquicas admisibles. A partir de la formulación de Shannon y de modelos estructurales basados en árboles jerárquicos, se propone una formalización operativa que permite diferenciar ambos mecanismos de reducción de complejidad. El análisis se ilustra mediante un ejemplo aplicado a una organización académica, donde se representa una estructura institucional simplificada y una estructura curricular formada por módulos y asignaturas. Los resultados muestran que la jerarquía puede reducir la complejidad por agregación de decisiones o por restricción del espacio estructural, pero ambos mecanismos responden a objetos analíticos distintos.

Palabras clave: Teoría de la información, Entropía, Complejidad, Control jerárquico, Toma de decisiones.

Distinguishing between process entropy and structural entropy in hierarchical organisations.

Abstract

This paper analyses the use of entropy as a measure of complexity in hierarchical organisational systems, distinguishing between two levels: process entropy and structural entropy. The former is interpreted as probabilistic uncertainty associated with decision configurations, whereas the latter is understood as the combinatorial multiplicity of admissible hierarchical configurations. Based on Shannon's formulation and structural models of rooted trees, an operational formalisation is proposed to differentiate both mechanisms of complexity reduction. The analysis is illustrated through an example applied to an academic organisation, where a simplified institutional structure and a curriculum structure composed of modules and courses are represented. The results show that hierarchy may reduce complexity either through decision aggregation or through restriction of the structural configuration space, although both mechanisms refer to different analytical objects.

Keywords: Information Theory, Entropy, Complexity, Hierarchical control, Decision making

1. Introducción

Las organizaciones pueden entenderse como sistemas complejos en los que las restricciones internas delimitan el conjunto de configuraciones posibles de decisión y de estructura. Desde esta perspectiva, la jerarquía permite descomponer problemas, distribuir funciones y reducir demandas de coordinación entre componentes del sistema (Simon, 1962), mien-

tras que el diseño organizativo puede interpretarse como un mecanismo de procesamiento de información orientado a gestionar incertidumbre, dependencia y coordinación entre unidades (Galbraith, 1974).

Desde la teoría de la información, la entropía permite medir la incertidumbre asociada a los estados distinguibles de un sistema (Shannon, 1948). Sin embargo, al trasladar esta no-

*Autor para correspondencia: bvinagre@unex.es

ción al ámbito organizativo aparece una dificultad conceptual: no es equivalente medir la incertidumbre de un proceso de decisión que cuantificar la multiplicidad de configuraciones jerárquicas posibles bajo determinadas restricciones. Esta distinción resulta especialmente relevante en contextos actuales de inteligencia artificial y sistemas complejos, donde la generación, organización y reducción de información adquieren un papel central (Biró and Jakovác, 2022; Tankelevitch et al., 2025).

Este trabajo distingue entre dos planos analíticos. La entropía de proceso se refiere a la incertidumbre asociada a decisiones y resultados, de acuerdo con la noción informacional de entropía (Shannon, 1948). La entropía estructural, en cambio, remite al número de configuraciones jerárquicas compatibles con determinadas restricciones organizativas, en línea con los enfoques que analizan la estructura jerárquica y su complejidad configuracional (Krackhardt, 1994; Chappell and Dewey, 2014). La hipótesis de partida es que la reducción de complejidad atribuida a la jerarquía no responde a un único mecanismo: en los procesos decisionales puede producirse mediante agregación de estados, mientras que en las estructuras organizativas opera mediante restricción del espacio de configuraciones posibles.

La aportación del trabajo consiste en formalizar esta distinción y mostrarla estudiando, por una parte, un caso decisional básico, donde la agregación reduce la entropía de proceso, y por otra un modelo estructural jerárquico donde las restricciones reducen la complejidad combinatoria. Como ejemplo ilustrativo, se utilizará una representación organizativa simplificada inspirada en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura. El objetivo no es reproducir empíricamente el funcionamiento completo de la institución, sino construir un modelo conceptual que permita diferenciar entre entropía de proceso y entropía estructural bajo restricciones jerárquicas explícitas.

El artículo se organiza del siguiente modo. Primero, se sitúa el problema en relación con trabajos sobre jerarquía, grafos y complejidad organizativa. Después, se distingue entre la entropía informacional de Shannon y una medida de entropía estructural asociada al número de configuraciones jerárquicas posibles. A continuación, se presenta un caso de estudio y, finalmente, se discuten las implicaciones, limitaciones y líneas futuras de la investigación.

2. Fundamentos

2.1. Punto de partida: Shannon

En teoría de la información, la entropía de una variable aleatoria discreta X , con estados posibles x_i y probabilidades asociadas p_i , se define como (Shannon, 1948):

$$H(X) = - \sum_i p_i \log_2 p_i. \quad (1)$$

Esta magnitud mide la incertidumbre del sistema: cuanto más distribuida esté la probabilidad entre los estados posibles, mayor será la entropía. En el caso equiprobable, $p_i = 1/\Omega$, la expresión se reduce a:

$$H(X) = \log_2(\Omega), \quad (2)$$

donde Ω representa el número total de estados posibles. Esta formulación permite interpretar la entropía como una medida del número de configuraciones distinguibles del sistema.

2.2. Qué cuenta como estado

En el contexto organizativo, el término “estado” puede referirse a objetos analíticos distintos. Por ello, en este trabajo se adopta una definición operativa que distingue entre estados asociados al proceso decisional y estados asociados a la estructura organizativa.

Desde el punto de vista del proceso, la entropía se entiende en el sentido clásico de Shannon, como incertidumbre asociada a una variable aleatoria (Shannon, 1948). Bajo esta interpretación, un estado representa una posible configuración de decisiones o una posible salida agregada del sistema.

Desde el punto de vista estructural, la noción de estado se apoya en la literatura sobre entropía de grafos, donde la estructura de un grafo puede interpretarse como contenido informacional y como medida de complejidad estructural (Mowshowitz, 1968; Dehmer and Mowshowitz, 2011). En el caso específico de organizaciones jerárquicas, esta perspectiva permite considerar como estados las distintas configuraciones jerárquicas admisibles bajo determinadas restricciones de niveles y relaciones de subordinación (Chappell and Dewey, 2014).

Se consideran, por tanto, tres nociones de estado:

1. Estado de proceso: configuración de decisiones individuales de las unidades organizativas, por ejemplo una tupla binaria (D, F, V, C) .
2. Estado agregado: resultado final del proceso tras aplicar una función de agregación, por ejemplo aprobado/no aprobado.
3. Estado estructural: configuración posible de la arquitectura organizativa, definida por niveles y relaciones de subordinación.

El primer y el segundo tipo pertenecen al plano de los procesos; el tercero pertenece al plano de la estructura. Por tanto, la entropía de proceso mide incertidumbre sobre resultados decisionales, mientras que la entropía estructural mide multiplicidad de configuraciones jerárquicas admisibles.

Conviene distinguir entre el número de estados posibles Ω y la entropía probabilística de Shannon. La igualdad (2) sólo es válida bajo hipótesis de equiprobabilidad. En general, la entropía depende no únicamente de la cardinalidad del espacio de estados, sino también de la distribución de probabilidad asociada a dichos estados. Esta distinción resulta especialmente relevante en el análisis organizativo, donde la agregación de decisiones puede reducir la incertidumbre observable sin eliminar necesariamente configuraciones internas del proceso.

2.3. Entropía estructural

Cuando el objeto de análisis no es la probabilidad de resultados, sino el número de configuraciones compatibles con unas restricciones dadas, la magnitud relevante es una entropía estructural asociada a la multiplicidad de configuraciones admisibles. Esta interpretación se vincula con la literatura sobre entropía de grafos (Mowshowitz, 1968; Dehmer and Mowshowitz, 2011) y con la propuesta de Chappell y Dewey (Chappell and Dewey, 2014) para organizaciones jerárquicas:

$$S = \ln(\Omega), \quad (3)$$

donde Ω denota el número de configuraciones admisibles. Aunque esta expresión es compatible con la forma equiprobable de Shannon, no describe el mismo objeto: en un caso se mide incertidumbre sobre resultados; en el otro, multiplicidad combinatoria de estructuras. La entropía de proceso se expresa en bits mediante logaritmos en base 2, siguiendo la formulación clásica de Shannon asociada a incertidumbre probabilística. Por el contrario, la entropía estructural se expresa mediante logaritmo natural, siguiendo una formulación análoga a la entropía de Boltzmann. Ambas magnitudes describen objetos analíticos distintos y, por tanto, no deben compararse directamente desde un punto de vista numérico. El uso de entropía no pretende sustituir el conteo combinatorio directo, sino proporcionar una representación analítica complementaria. La formulación logarítmica facilita comparaciones entre sistemas de distinta escala, evita el crecimiento explosivo asociado a magnitudes factoriales y preserva propiedades aditivas útiles en sistemas compuestos.

2.4. Antecedentes teóricos sobre jerarquía y complejidad organizativa

Las organizaciones no responden siempre a una lógica puramente mecanicista, basada en centralización, cadenas de mando rígidas y comunicación formal, sino que pueden incorporar formas más orgánicas de coordinación, caracterizadas por mayor descentralización, interdependencia y comunicación transversal (Burns and Stalker, 1961). En este sentido, el análisis mediante grafos permite representar tanto estructuras jerárquicas próximas a una forma piramidal como configuraciones más distribuidas o reticulares.

La jerarquía organizativa ha sido formalizada desde la teoría de grafos. Krackhardt (Krackhardt, 1994) propone cuatro dimensiones estructurales, *connectedness*, *hierarchy*, *efficiency* y *least upper boundedness*, para caracterizar cuándo un grafo dirigido se aproxima a una estructura jerárquica pura, denominada *outtree*. En este enfoque, la jerarquía se define por propiedades topológicas del grafo que representa relaciones de autoridad, dependencia y subordinación.

Esta lectura de la jerarquía en el marco de la teoría de grafos conecta con trabajos posteriores sobre redes complejas, en los que la jerarquía se analiza como una propiedad estructural medible a partir de la organización topológica de los nodos y sus relaciones (Mones et al., 2012). Asimismo, el estudio del origen de la jerarquía en redes complejas muestra que las estructuras jerárquicas no son meras representaciones descriptivas, sino formas de organización que condicionan la accesibilidad, la dependencia y la propagación de información dentro del sistema (Corominas-Murtra et al., 2013).

En una línea complementaria, Chappell y Dewey (Chappell and Dewey, 2014) introducen una medida de entropía organizativa basada en una analogía termodinámica. Al modelar la organización como un árbol enraizado, descomponen la entropía estructural en componentes horizontales y verticales, lo que permite cuantificar la multiplicidad de configuraciones jerárquicas compatibles con determinadas restricciones sobre niveles y relaciones de subordinación.

Desde otra perspectiva, Aita (Aita, 2016) estudia la organización como una red compleja en la que la entropía refleja la dificultad de propagación de información y el grado de burocracia asociado a la conectividad. Drenick (Drenick, 1976), por su parte, analiza los problemas de coordinación y control en organizaciones descentralizadas, mostrando cómo la distribución de decisiones entre subsistemas introduce restricciones informacionales y dificultades de sincronización.

A partir de estos antecedentes, este trabajo delimita dos planos analíticos que conviene mantener separados: la entropía probabilística asociada a los procesos de decisión y la entropía estructural asociada al espacio de configuraciones organizativas. La hipótesis de partida es que la relación entre jerarquía y reducción de entropía no responde a un único mecanismo. En los procesos decisionales, la reducción puede producirse mediante la agregación de estados; en las estructuras organizativas, mediante la restricción del conjunto de configuraciones posibles. Esta distinción permite evitar una interpretación indiferenciada de la entropía y proporciona una base conceptual para el modelo desarrollado en las secciones siguientes.

3. Ejemplo conceptual aplicado a una organización académica

3.1. Estructura orgánica

La Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura puede representarse como una estructura jerárquica multinivel formada por órganos de dirección, órganos colegiados y unidades operativas Escuela de Ingenierías Industriales (2025a). Desde el punto de vista organizativo, esta estructura introduce restricciones sobre los flujos de coordinación y sobre las relaciones de dependencia entre unidades.

El interés del ejemplo no reside en reproducir toda la complejidad institucional de la Escuela, sino en construir una representación estructural simplificada que permita distinguir entre niveles jerárquicos y analizar posteriormente la noción de entropía estructural. Para ello, la organización se abstrae mediante cuatro niveles jerárquicos, donde M^l representa el número de unidades organizativas presentes en el nivel l . El superíndice no indica una potencia, sino el nivel jerárquico correspondiente. Así, $M^1 = 1$ indica que existe una única unidad de dirección central, $M^2 = 1$ indica la existencia de un único órgano colegiado principal, $M^3 = 4$ representa cuatro comisiones académicas y de calidad, y $M^4 = 6$ representa seis unidades operativas asociadas a la docencia, departamentos y apoyo administrativo. Esta descomposición permite modelar la organización como un árbol jerárquico en el que cada nivel condiciona las relaciones admisibles de subordinación y coordinación. Desde el punto de vista estructural, los nodos no representan individuos concretos, sino funciones organizativas dentro de la arquitectura institucional.

La Figura 1 muestra una representación simplificada de dicha estructura. Las flechas representan flujos jerárquicos de información y coordinación organizativa entre niveles estructurales. Aunque el esquema representa una dirección dominante ascendente de agregación y supervisión, el modelo admite también interacciones bidireccionales entre niveles. El nodo D representa la Dirección; J , la Junta de Escuela;

$C_1, \dots, C_4$, comisiones académicas y de calidad; y $U_1, \dots, U_6$, unidades operativas. La jerarquía restringe las relaciones admisibles entre niveles y, por tanto, reduce el conjunto de configuraciones organizativas posibles.

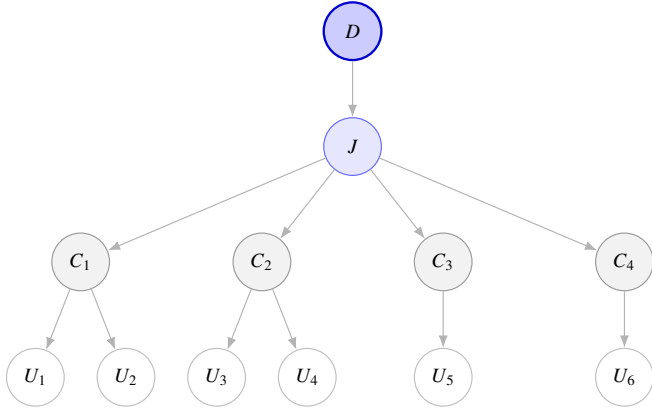


Figura 1: Representación jerárquica con distinción visual por niveles.

3.2. Estados de proceso

Además de la estructura, existe un flujo de decisiones asociado al funcionamiento organizativo. Esta formulación se basa en la entropía como incertidumbre de una variable aleatoria (Shannon, 1948) y es coherente con la concepción del diseño organizativo como procesamiento de información bajo incertidumbre (Galbraith, 1974).

Sea:

$$X = (x_1, x_2, x_3, x_4),$$

donde x_1, x_2, x_3 y x_4 representan, respectivamente, propuesta inicial, revisión, informe y aprobación final. Cada componente toma valores binarios $x_i \in \{0, 1\}$, con 1 para decisión favorable y 0 para decisión desfavorable. Por tanto, el proceso posee:

$$\Omega_X = 2^4 = 16$$

estados posibles. Si se supone equiprobabilidad:

$$H(X) = \log_2(16) = 4 \text{ bits.}$$

La agregación organizativa se representa mediante una variable $Y = f(X)$. Si el resultado final sólo es favorable cuando todas las fases son favorables se tiene que

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{si } (x_1, x_2, x_3, x_4) = (1, 1, 1, 1), \\ 0 & \text{en otro caso,} \end{cases}$$

y los 16 estados internos quedan proyectados sobre dos estados agregados. Sin embargo, estos estados agregados no son equiprobables. Bajo la hipótesis de equiprobabilidad de los estados internos de X ,

$$P(Y = 1) = \frac{1}{16}, \quad P(Y = 0) = \frac{15}{16}.$$

Por tanto, la entropía de Shannon de la variable agregada no depende únicamente del número de estados posibles, sino

también de su distribución de probabilidad:

$$H(Y) = -\frac{1}{16} \log_2\left(\frac{1}{16}\right) - \frac{15}{16} \log_2\left(\frac{15}{16}\right) \approx 0,337 \text{ bits.}$$

La reducción $H(Y) < H(X)$ refleja que la función de agregación concentra múltiples configuraciones internas bajo un único resultado observable, reduciendo así la incertidumbre sobre la salida final del proceso.

3.3. Estructura curricular

Además de la estructura orgánica institucional, la Escuela posee una estructura curricular jerárquica asociada a la organización de las titulaciones. Los planes de estudio se distribuyen en módulos, materias y asignaturas con relaciones de dependencia académica y coordinación docente Escuela de Ingenierías Industriales (2025b,d,c).

En este trabajo, el término estructura curricular se utiliza para describir la organización jerárquica de módulos y asignaturas dentro de una titulación académica. Esta representación es consistente con enfoques previos que modelan los planes de estudio como redes o estructuras organizativas con restricciones de dependencia y coordinación Aldrich (2014).

La utilización de una estructura curricular responde a una decisión metodológica. A diferencia de la estructura orgánica institucional, los planes de estudio permiten representar de forma más clara la existencia de múltiples configuraciones jerárquicas compatibles bajo restricciones académicas determinadas. Esto hace posible analizar explícitamente la noción de multiplicidad estructural y calcular el número de arquitecturas curriculares admisibles.

Desde el punto de vista analítico, la estructura curricular se representa mediante una abstracción jerárquica simplificada. El objetivo no consiste en reproducir exactamente un plan de estudios real, sino en construir un modelo estructural que permita estudiar la relación entre restricciones jerárquicas y complejidad combinatoria. En particular, se adopta una representación arbórea en la que cada asignatura pertenece a un único módulo y no se consideran explícitamente relaciones transversales entre materias, prerequisites cruzados u optatividad. Bajo esta simplificación, la estructura puede modelarse como un árbol jerárquico multinivel.

En el ejemplo considerado se utilizan tres niveles: $M^1 = 1$ indica que existe una única titulación completa, $M^2 = 3$ indica la existencia de tres módulos formativos, y $M^3 = 9$ representa nueve asignaturas individuales. La Figura 2 muestra una representación simplificada de esta estructura curricular jerárquica. Las flechas representan flujos jerárquicos de información y coordinación organizativa entre niveles estructurales. Aunque el esquema representa una dirección dominante ascendente de agregación y supervisión, el modelo admite también interacciones bidireccionales entre niveles. El nodo T representa la titulación completa; M_1, M_2, M_3 , distintos módulos formativos; y $A_1, \dots, A_9$, asignaturas individuales.

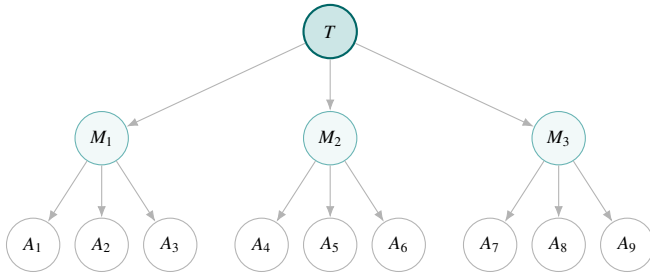


Figura 2: Estructura curricular con codificación de color por tipo de unidad académica.

Desde el punto de vista estructural, la importancia del modelo reside en que la jerarquía introduce restricciones sobre las configuraciones curriculares admisibles. Las asignaturas no pueden agruparse arbitrariamente, sino que deben organizarse de manera compatible con la estructura modular definida por la arquitectura académica.

En consecuencia, cada distribución válida de asignaturas entre módulos constituye un estado estructural distinto del sistema curricular. El problema deja entonces de ser probabilístico y pasa a consistir en determinar cuántas configuraciones jerárquicas compatibles existen bajo las restricciones impuestas por la organización académica.

La incertidumbre ya no se asocia a la ocurrencia probabilística de eventos, sino a la multiplicidad de configuraciones estructurales compatibles con las restricciones jerárquicas del sistema curricular.

3.4. Estados estructurales

Una vez definida la estructura curricular jerárquica, calculamos cuántas organizaciones distintas pueden construirse bajo las restricciones del modelo. En este ejemplo, existen $M = 9$ asignaturas que deben repartirse entre $L = 3$ módulos formativos, de manera que cada módulo contenga exactamente tres asignaturas.

Un estado estructural representa una distribución concreta de las asignaturas. Por ejemplo, una configuración posible sería:

$$M_1 = (A_1, A_2, A_3), \quad M_2 = (A_4, A_5, A_6), \quad M_3 = (A_7, A_8, A_9)$$

El problema consiste en contar las combinaciones posibles para agrupar las nueve asignaturas en tres conjuntos de tamaño tres. Siguiendo la lógica del recuento de configuraciones jerárquicas propuesto por Chappell y Dewey (Chappell and Dewey, 2014), la entropía estructural se define como:

$$S_{\text{tree}} = \ln(\Omega_{\text{tree}}) \quad (4)$$

donde Ω_{tree} representa el número total de estructuras curriculares posibles.

En este modelo los módulos M_1, M_2, M_3 se consideran distinguibles, ya que representan unidades curriculares diferenciadas dentro de la estructura académica. Por ello, las configuraciones equivalentes por permutación completa de módulos no se identifican entre sí. Para calcularlo, consideramos las permutaciones totales de las asignaturas ($9!$) y eliminamos las repeticiones internas de cada módulo (dividiendo por $3!$ para cada uno de los tres módulos):

$$\Omega_{\text{tree}} = \frac{9!}{3! 3! 3!} = 1680 \quad (5)$$

Finalmente, la entropía estructural resulta $S_{\text{tree}} = \ln(1680) \approx 7,426$. El sistema permite 1680 configuraciones estructurales distintas bajo las restricciones jerárquicas consideradas. La entropía estructural asociada, $\Omega_{\text{tree}} = 1680$, constituye la representación logarítmica de dicha multiplicidad combinatoria.

3.5. Relación entre estructura y proceso

Los dos planos analizados hasta ahora no son independientes. La estructura curricular define cómo se organizan módulos y asignaturas, mientras que el proceso organizativo define cómo esas estructuras son revisadas, coordinadas y aprobadas dentro de la institución.

Por ejemplo, una modificación curricular puede requerir la elaboración de una propuesta, la revisión por comisiones académicas, emisión de informes y aprobación por la Junta de Escuela. Por tanto, cada configuración estructural posible lleva asociado un conjunto de decisiones administrativas y académicas.

La diferencia fundamental es que ambos planos describen fenómenos distintos. Mientras que la estructura describe configuraciones jerárquicas posibles, el proceso describe secuencias de decisión sobre dichas configuraciones. En consecuencia, la complejidad organizativa puede reducirse mediante dos mecanismos diferentes:

- reducción de incertidumbre en el plano del proceso, mediante agregación de decisiones;
- reducción de multiplicidad estructural, mediante restricciones jerárquicas sobre las configuraciones admisibles.

El modelo presentado no constituye todavía una herramienta completa de optimización organizativa, sino un marco conceptual preliminar para caracterizar complejidad estructural y reducción de incertidumbre. Futuras extensiones podrían incorporar métricas adicionales como eficiencia de coordinación, redundancia informativa, robustez organizativa o coste comunicativo para comparar configuraciones alternativas.

Esta distinción constituye el núcleo conceptual del trabajo y permite evitar la confusión entre entropía probabilística y entropía estructural.

3.6. Implicaciones de gestión y reducción de ruido

La propuesta derivada de este modelo no se limita a una reformulación formal, sino que permite orientar algunos criterios de gestión. Desde la perspectiva del procesamiento de información, las estructuras organizativas pueden interpretarse como mecanismos destinados a reducir incertidumbre, coordinar flujos de información y canalizar decisiones entre unidades (Galbraith, 1974). Además, los modelos formales de organización descentralizada muestran que la distribución de decisiones entre subsistemas puede introducir problemas de coordinación, sincronización y control (Drenick, 1976). El valor obtenido de $S_{\text{tree}} \approx 7,426$ revela que, incluso bajo restricciones jerárquicas estrictas, el sistema académico de la Escuela permite 1680 configuraciones estructurales distintas. Esta elevada multiplicidad indica que la jerarquía, por sí sola, no

elimina la complejidad, sino que define un espacio de búsqueda donde el error y la inconsistencia pueden manifestarse de múltiples formas. Desde esta perspectiva, la jerarquía puede interpretarse como un mecanismo de filtrado organizativo: restringe el espacio de configuraciones estructurales posibles y canaliza la transmisión de decisiones entre niveles. Mientras que la entropía estructural restringe el número de arquitecturas posibles (evitando el caos organizacional), la reducción de ruido debe actuar sobre la entropía de proceso. Si una decisión debe atravesar cuatro niveles jerárquicos con una entropía de 4 bits, cualquier ambigüedad en la función de agregación $Y = f(X)$ se traduce en una pérdida de fidelidad en la señal organizativa. Por tanto, las líneas de mejora propuestas son:

- *Clarificar las decisiones:* Las comisiones C_i deben trabajar con criterios de decisión explícitos y salidas claramente definidas. De este modo, se evita que el proceso introduzca ambigüedad y se facilita que la información pueda agregarse correctamente en los niveles superiores.
- *Elegir estructuras curriculares más coordinadas:* Aunque el modelo permite identificar 1680 configuraciones posibles, no todas presentan la misma utilidad organizativa. La gestión académica debería priorizar aquellas estructuras que favorezcan una mejor coordinación entre departamentos, comisiones y unidades docentes.
- *Reducción de la latencia informacional:* La estructura jerárquica debe funcionar como un mecanismo de agregación y síntesis de información, no como una barrera burocrática. En este sentido, el paso desde los niveles inferiores M^4 , donde se concentra una mayor diversidad de información, hasta los niveles superiores M^1 , podría contribuir a reducir la incertidumbre organizativa si la agregación de información se realiza sin pérdidas relevantes ni retrasos excesivos.

4. Conclusiones

Este trabajo ha mostrado que la afirmación “la jerarquía reduce la complejidad” sólo es válida si se especifica el plano analítico al que se refiere. La entropía de proceso y la entropía estructural no son variantes intercambiables de una misma noción, sino medidas de objetos distintos.

El ejemplo decisional ilustra cómo la agregación puede reducir la incertidumbre observable de un proceso. El ejemplo curricular muestra, en cambio, que una estructura jerárquica sigue admitiendo un número elevado de configuraciones posibles incluso bajo restricciones fuertes. En conjunto, ambos casos respaldan la conveniencia de separar formalmente proceso y estructura.

Como línea de trabajo futura, este marco puede extenderse a organizaciones reales con restricciones más ricas, a estructuras no arbóreas o a procesos de decisión con estados no binarios. Esa ampliación permitiría evaluar con mayor precisión en

qué condiciones la jerarquía actúa como mecanismo de reducción de complejidad y en cuáles sólo desplaza la complejidad a otro nivel.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Consejería de Educación, Ciencia y Formación Profesional de la Junta de Extremadura a través de la Ayuda a Grupos de Investigación GR24059, cofinanciada por Fondos FEDER.

Referencias

- Aita, R., 2016. The network organizational chart as a tool for managing organizational complexity. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics* 11 (4), 593–599.
DOI: 10.2495/DNE-V11-N4-593-599
- Aldrich, P. R., 2014. The curriculum prerequisite network: A tool for visualizing and analyzing academic curricula. *arXiv preprint arXiv:1408.5340*.
- Biró, T. S., Jakovác, A., 2022. Entropy of artificial intelligence. *Universe* 8 (1), 53.
DOI: 10.3390/universe8010053
- Burns, T., Stalker, G. M., 1961. *The Management of Innovation*. Tavistock, London.
- Chappell, D., Dewey, T. G., 2014. Defining the entropy of hierarchical organizations. *Complexity, Governance & Networks* 1 (2), 41–56.
DOI: 10.7564/14-CGN17
- Corominas-Murtra, B., Goñi, J., Solé, R. V., Rodríguez-Caso, C., 2013. On the origins of hierarchy in complex networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (33), 13316–13321.
DOI: 10.1073/pnas.1300832110
- Dehmer, M., Mowshowitz, A., 2011. A history of graph entropy measures. *Information Sciences* 181 (1), 57–78.
- Drenick, R. F., 1976. A mathematical theory of organization (u), part 2: Decentralized organization. Prepared for the Office of Naval Research, Contract N00014-75-C-0933.
- Escuela de Ingenierías Industriales, 2025a.
URL: <https://eii.unex.es/>
- Escuela de Ingenierías Industriales, 2025b. Grado en ingeniería electrónica y automática.
URL: <https://eii.unex.es/titulaciones/0817/>
- Escuela de Ingenierías Industriales, 2025c. Grado en ingeniería en tecnologías industriales.
URL: <https://eii.unex.es/titulaciones/0828/>
- Escuela de Ingenierías Industriales, 2025d. Grado en ingeniería mecánica.
URL: <https://eii.unex.es/titulaciones/0818/>
- Galbraith, J. R., 1974. Organization design: An information processing view. *Interfaces* 4 (3), 28–36.
- Krackhardt, D., 1994. Graph theoretical dimensions of informal organizations. In: Carley, K. M., Prietula, M. J. (Eds.), *Computational Organizational Theory*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 89–111.
- Mones, E., Vicsek, L., Vicsek, T., 2012. Hierarchy measure for complex networks. *PLOS ONE* 7 (3), e33799.
DOI: 10.1371/journal.pone.0033799
- Mowshowitz, A., 1968. Entropy and the complexity of graphs: I. an index of the relative complexity of a graph. *The Bulletin of Mathematical Biophysics* 30 (1), 175–204.
DOI: 10.1007/BF02476948
- Shannon, C. E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27 (3), 379–423, 623–656.
- Simon, H. A., 1962. The architecture of complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society* 106 (6), 467–482.
- Tankelevitch, L., Glassman, E. L., He, J., Kittur, A., Lee, M., Palani, S., Sarkar, A., Ramos, G., Rogers, Y., Subramonyam, H., 2025. Understanding, protecting, and augmenting human cognition with generative ai: A synthesis of the chi 2025 tools for thought workshop. *ArXiv preprint*.