
Comparación topológica de redes sociales: modularidad en correos institucionales y en Facebook

Volpellier Daniela, Terán Guillermo, Turri Valentín y Sandagorda Jessica

Maestría en Data Mining and Knowledge Discovery

Universidad de Buenos Aires

Buenos Aires

Mayo 2025

Abstract

Esta investigación analiza comparativamente una red institucional de correos electrónicos y una red de amistades en Facebook, partiendo de la hipótesis de que la primera, al responder a una estructura jerárquica formal, presentaría comunidades más definidas. Se caracterizaron ambas redes topológicamente, se las comparó con modelos generativos clásicos, se calcularon medidas de centralidad, se evaluó su robustez ante distintos tipos de ataques y se aplicó detección de comunidades mediante el algoritmo de Louvain. En la red de correos se examinó, además, la correspondencia entre comunidades y departamentos, así como la asortatividad de clase. Los resultados muestran que, si bien la red institucional refleja con claridad la estructura organizativa, es la red de Facebook la que presenta mayor modularidad y agrupamientos más definidos, lo que contradice la hipótesis inicial.

1 Introducción

Las redes sociales complejas se encuentran presentes en múltiples ámbitos de la vida cotidiana, desde las relaciones personales hasta las estructuras organizativas de instituciones. Comprender cómo se organizan estas redes y, en particular, cómo se forman comunidades dentro de ellas, resulta fundamental para el análisis de fenómenos como la difusión de información, la colaboración y la segmentación interna. Desde la perspectiva de la Teoría de Grafos Barabási [2016], el concepto de comunidad hace referencia a un subconjunto de nodos que presentan una mayor densidad de conexiones entre sí que con el resto de la red. En términos topológicos, puede interpretarse como un subgrafo con alta densidad de enlaces internos.

En el presente trabajo se analiza la formación de comunidades en dos redes sociales complejas con características estructurales diferentes. Por un lado, se considera una red de correos electrónicos en una institución europea, caracterizada por ser no dirigida, no ponderada y no conectada, construida a partir de intercambios de mensajes entre los miembros de dicha organización. Cada nodo representa una persona y cada enlace indica al menos un correo intercambiado. Además, se dispone de etiquetas que identifican la pertenencia institucional de cada nodo. Por otro lado, se examina una red de Facebook, también no dirigida y no ponderada, pero conectada, construida a partir de datos recolectados mediante una encuesta dentro de la plataforma. En este caso, cada nodo representa un perfil de usuario y los enlaces reflejan relaciones de amistad entre pares.

Estudios previos indican que las redes sociales naturales, como Facebook, tienden a presentar comunidades formadas espontáneamente, con límites difusos y estructuras solapadas Girvan and Newman [2002]. En contraste, las redes surgidas en contextos formales o institucionales suelen mostrar divisiones comunitarias más definidas, como reflejo de estructuras organizativas subyacentes. En redes de correos electrónicos se ha demostrado que la jerarquía formal influye en los patrones de interacción, generando dinámicas de comunicación estructuradas por niveles jerárquicos Sims et al. [2014], lo que puede derivar en particiones comunitarias más marcadas. En el ámbito universitario, se ha observado que la comunicación entre unidades organizativas previamente definidas sigue una

estructura superlineal, indicativa de una alta modularidad Mathiesen et al. [2013]. Por el contrario, redes como Facebook se estructuran en torno a afinidades personales y múltiples pertenencias simultáneas, sin reflejar estructuras jerárquicas claras Bedi and Sharma [2016].

El objetivo de este estudio consiste en evaluar si la formación de comunidades es más clara en la red institucional de correos electrónicos que en la red de Facebook. Se plantea la hipótesis de que la red institucional, al estar asociada a una organización formal y jerárquica, exhibirá una modularidad superior. Para contrastar esta hipótesis, se realizará una caracterización topológica de ambas redes, se las comparará con modelos generativos clásicos (Erdős-Rényi, Watts-Strogatz y Barabási-Albert), se analizarán distintas medidas de centralidad, se evaluará su robustez estructural frente a la eliminación de nodos y se aplicarán los algoritmos de detección de comunidades de Louvain. Asimismo, se llevará a cabo una comparación entre las comunidades detectadas y los departamentos institucionales en la red de correos electrónicos, complementada con una evaluación de la asortatividad de clase en dicha red. Estas herramientas permitirán contrastar de forma empírica la hipótesis planteada y discutir la relación entre estructura organizativa y cohesión comunitaria en diferentes tipos de redes sociales.

2 Métodos

Se trabajó con dos conjuntos de datos correspondientes a redes sociales complejas: una red de correos electrónicos de una institución europea y una red de relaciones de amistad en Facebook. En el caso de la red de correos, al no ser conectada, se extrajo su componente gigante para permitir el análisis estructural.

En primera instancia, se verificaron las propiedades básicas de ambas redes, tales como número de nodos, número de enlaces, densidad, grado promedio, coeficiente de clustering, longitud promedio del camino más corto y diámetro. Estas métricas permitieron una primera caracterización topológica de las estructuras observadas.

Posteriormente, se generaron redes sintéticas utilizando los modelos clásicos de Erdős-Rényi, Barabási-Albert y Watts-Strogatz, con parámetros equivalentes a las redes reales, a fin de contrastar las propiedades empíricas observadas con configuraciones teóricas. La comparación se centró en las métricas de grado promedio, clustering medio y distancia promedio mínima.

Para profundizar el análisis topológico, se calcularon diferentes medidas de centralidad sobre ambas redes: centralidad de grado, intermediación, cercanía y autovector. Estas medidas se representaron gráficamente con codificación visual basada en tamaño y color de los nodos, permitiendo una interpretación simultánea de múltiples atributos nodales.

Se analizó también la robustez estructural de ambas redes ante la eliminación de nodos, considerando tres tipos de ataques: aleatorio, dirigido por centralidad de grado y dirigido por centralidad de intermediación. Para cada tipo de ataque, se evaluaron la reducción del tamaño de la componente gigante y la caída de la eficiencia global de la red.

El análisis de comunidades se realizó mediante el algoritmo de Louvain, el cual permite particionar el grafo maximizando la modularidad. Se evaluó la modularidad obtenida en cada red y se compararon las comunidades detectadas en la red institucional con los departamentos conocidos de cada nodo, utilizando una prueba de independencia Chi-cuadrado y el coeficiente V de Cramér para cuantificar el grado de asociación entre ambas variables categóricas.

Finalmente, se calculó la asortatividad de clase en la red de correos, con el objetivo de evaluar si los nodos tienden a conectarse con otros que pertenecen al mismo departamento, permitiendo interpretar el grado de segmentación intra e interdepartamental en la organización analizada.

3 Resultados y Discusión

3.1 Descripción de los datasets elegidos

Para el desarrollo del presente trabajo, se han elegido los siguientes datasets:

- **Red de amistades de Facebook en base a una encuesta**

- **Red de correos electrónicos de institución europea de investigación**

La **Red de amistades de Facebook (Red Facebook)** es una red no dirigida y no pesada de círculos de contactos. Los datos fueron recogidos por una encuesta realizada en la aplicación. Cada nodo es un perfil y un enlace simboliza una relación de amistad. Contiene 4039 nodos y 88234 enlaces.

La **Red de correos electrónicos de una institución europea de investigación (Red Email)** es una red no dirigida y no pesada de contactos vía e-mail en dicha organización. Cada nodo representa una persona y un enlace significa que se intercambiaron al menos un email. En este dataset se conoce para cada nodo a qué departamento de la institución pertenece. Las características generales de las redes pueden encontrarse en la Tabla 1

Table 1: Variables topologicas de las redes

Métrica	Facebook	Email-EU
Número de nodos	4039	1005
Número de aristas	88234	16706
Dirigido	No	No
Pesado	No	No
Conectado	Si	No
Densidad	0.0108	0.0331
Grado Medio	43.6910	32.58
Coefficiente de Clustering Medio	0.6055	0.4071
Longitud promedio del camino más corto	3.705	2.571
Diámetro	8	7

La red de Email es no conectada, por ello en lo que sigue del trabajo se utilizará la componente gigante de la misma para hacer los análisis. Esta red es de mayor densidad que la de Facebook, lo que implica una mayor cantidad de interacciones entre las personas. La longitud promedio del camino más corto es menor en la red de Emails, lo que es consistente con una organización formal donde es más eficiente la comunicación entre sus miembros. La red Facebook tiene un coeficiente de clustering y un grado medio más altos lo cual sugiere, en principio, la existencia de estructuras comunitarias locales. Esto justifica la utilización de métodos más apropiados para abordar la hipótesis planteada sobre la formación de comunidades y la correspondiente modularidad en cada red.

3.2 Comparación con prototipos

Table 2: Comparación con modelos teóricos (ER, BA, WS) y redes reales

Modelo	Métrica	Facebook	Email-EU
Red real	Grado promedio	43.69	32.58
	Clustering promedio	0.6055	0.4071
	Distancia mínima promedio	3.705	2.571
Erdős-Rényi	Grado promedio	43.64	31.97
	Clustering promedio	0.0108	0.0317
	Distancia mínima promedio	2.6076	2.3084
Barabási-Albert	Grado promedio	41.78	29.55
	Clustering promedio	0.0372	0.0774
	Distancia mínima promedio	2.5338	2.3232
Watts-Strogatz	Grado promedio	42.00	30.00
	Clustering promedio	0.5363	0.5323
	Distancia mínima promedio	2.9967	2.7967

Las métricas topológicas de las redes reales se comparan con las de redes generadas por tres modelos clásicos. Se reportan el grado promedio, el coeficiente de clustering medio y la distancia mínima promedio.

Analizar la comparación entre redes reales y modelos teóricos es fundamental para entender si las estructuras observadas pueden explicarse mediante mecanismos simples o si reflejan patrones más complejos, como los que podrían surgir en contextos organizacionales o sociales naturales. Este tipo

de análisis permite situar empíricamente a cada red dentro de un marco estructural más amplio, lo cual resulta clave para evaluar la validez y el alcance de la hipótesis planteada.

Con el objetivo de interpretar la estructura de las redes reales de Facebook y Email, se realizó una comparación con tres modelos teóricos clásicos de redes: *Erdős-Rényi* (ER), *Barabási-Albert* (BA) y *Watts-Strogatz* (WS). Se evaluaron tres métricas clave: *grado promedio*, *coeficiente de clustering medio* y *distancia mínima promedio*. Estas permiten analizar el comportamiento global y local de las redes, en términos de conectividad y cohesión estructural.

En el caso de Facebook, el grado promedio de la red real (Tabla 2) fue bien replicado por los modelos ER y BA, que arrojaron valores similares. Sin embargo, el clustering medio de la red real fue mucho más alto que el predicho por estos modelos. Esta discrepancia sugiere que Facebook presenta una estructura de tipo "Small-world", caracterizada por una alta densidad local de conexiones combinada con caminos cortos entre nodos. Los modelos ER y BA, que asumen respectivamente aleatoriedad pura o crecimiento por preferencia, no logran capturar esta propiedad esencial. Por el contrario, el modelo Watts-Strogatz, diseñado para reproducir topologías "Small-world", se aproxima mucho mejor tanto en grado como en clustering, lo que lo convierte en una representación más adecuada para la red de Facebook en términos de estructura local.

En la red de Emails, los modelos (Tabla 2) ER y BA nuevamente ajustaron bien el grado promedio, pero subestimaron fuertemente el clustering promedio. Esta diferencia sugiere que la red de Emails también presenta patrones estructurales no aleatorios, posiblemente ligados a segmentaciones funcionales u organizacionales, como la división por departamentos. El modelo Watts-Strogatz logró replicar tanto el grado promedio como un clustering alto (similar al real), pero este último podría sobreestimar la cohesión local si la estructura de la red de Emails estuviera más influida por jerarquías formales que por triángulos espontáneos. En este caso, el modelo de Watts-Strogatz no puede generar una modularidad basada en divisiones institucionales, sino únicamente en la densidad local.

En síntesis, aunque los modelos ER y BA logran aproximar adecuadamente el grado promedio de las redes reales, fallan en reproducir el clustering observado, lo que evidencia su limitación para capturar la estructura local y la formación de comunidades. El modelo Watts-Strogatz ofrece una mejor representación del clustering en ambas redes, especialmente en Facebook, pero puede sobrestimar la cohesión local en el caso de estructuras institucionales más jerárquicas como en el caso de la red de Emails. Estos hallazgos respaldan el uso de métodos complementarios como detección de comunidades y análisis de centralidad para capturar la complejidad estructural de redes sociales reales, más allá de lo que los modelos generativos simples pueden ofrecer.

3.3 Análisis de centralidad de los nodos

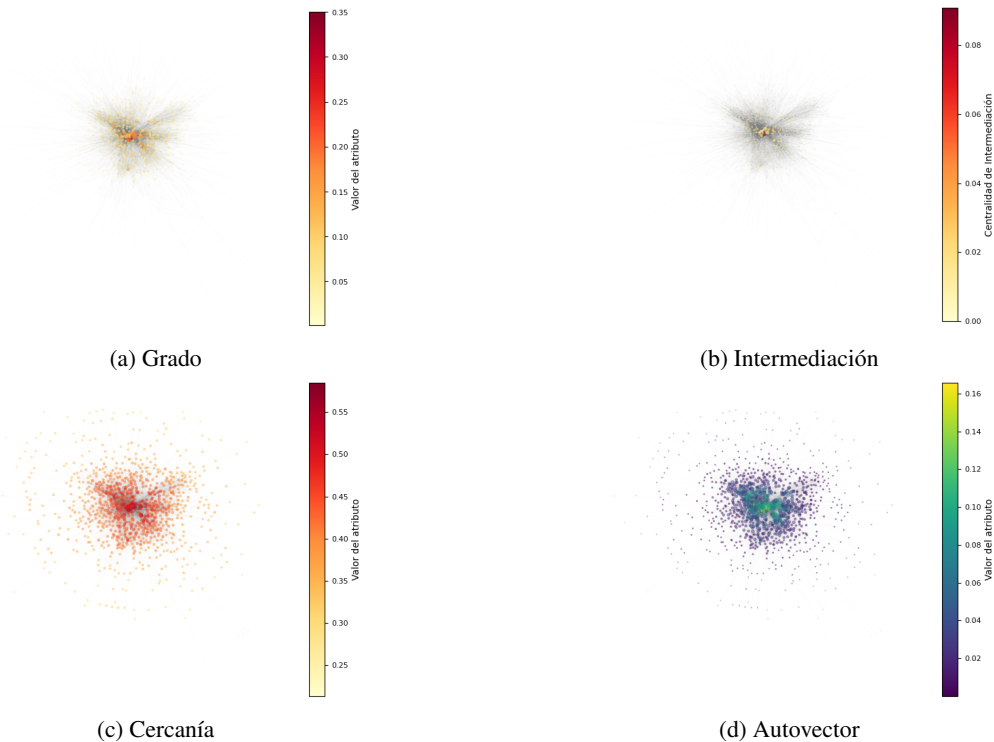


Figure 1: Medidas de centralidad en la red Email.

Se analizaron distintas medidas de centralidad sobre las redes de Emails y Facebook con el objetivo de caracterizar su estructura topológica interna.

En primer lugar, el análisis de centralidad de grado en la red de Emails revela un núcleo denso con nodos altamente conectados con el resto de la red (ver Figura 1). Este patrón sugiere la existencia de un centro organizacional que concentra gran parte de las interacciones. Hacia la periferia, se observan nodos con baja conectividad, lo cual es típico en estructuras jerárquicas donde unos pocos actores concentran la mayoría de los vínculos. En contraste, en la red de Facebook (ver Figura 2) se identifican múltiples nodos con alto grado distribuidos entre distintas comunidades. Esta configuración modular indica una distribución más descentralizada de la conectividad, con varios “centros locales” de actividad.

Con respecto a la centralidad de intermediación, la red de Emails presenta nuevamente un núcleo compacto con varios nodos de alta intermediación, rodeado por numerosos nodos periféricos con valores bajos (ver Figura 1). Este patrón es consistente con una estructura institucional segmentada, en la que ciertos individuos actúan como intermediarios clave en la comunicación entre departamentos. En cambio, en la red de Facebook (ver Figura 2), los nodos con alta intermediación se localizan principalmente entre comunidades densas. No necesariamente son los más conectados, pero cumplen un rol estratégico al conectar grupos distintos, funcionando como puentes estructurales.

En relación a la centralidad de cercanía, la red de Emails (ver Figura 1) muestra una topología centralizada: la mayoría de los nodos presentan alta centralidad de cercanía y se ubican en el núcleo de la red, desde donde se alcanza rápidamente al resto de la misma. Esto es consistente con una red que busca maximizar la eficiencia de la comunicación. Las salidas periféricas presentan menor cercanía, en línea con redes jerárquicas o radialmente organizadas. En la red de Facebook (ver Figura 2), en cambio, los nodos con mayor cercanía suelen estar ubicados en el centro de comunidades específicas o en posiciones que conectan módulos. Esto sugiere una eficiencia comunicacional distribuida.

Finalmente, se analizó la centralidad de autovector en la red de Emails (ver Figura 1) y se encontró que los nodos más influyentes se concentran en el núcleo central, estando altamente interconectados entre sí. Esto también refleja una estructura jerárquica donde unos pocos ocupan roles de mayor relevancia en las comunicaciones. Por otro lado, en la red de Facebook (ver Figura 2), los nodos de alta centralidad de autovector están distribuidos entre comunidades, cada una con su propio grupo de nodos relevantes. Esto es coherente con una red descentralizada y modular, donde no hay un único núcleo dominante, sino múltiples centros de importancia relativa.

Las medidas de centralidad analizadas resultan complementarias, ya que cada una captura diferentes aspectos de la estructura de las redes. Mientras la centralidad de grado identifica nodos con alta actividad local, la de intermediación resalta aquellos que conectan comunidades. La centralidad de cercanía permite evaluar la eficiencia en la comunicación desde cada nodo, y la de autovector destaca a los nodos influyentes por estar conectados con otros importantes. Su uso conjunto permite una caracterización más completa de las redes analizadas.

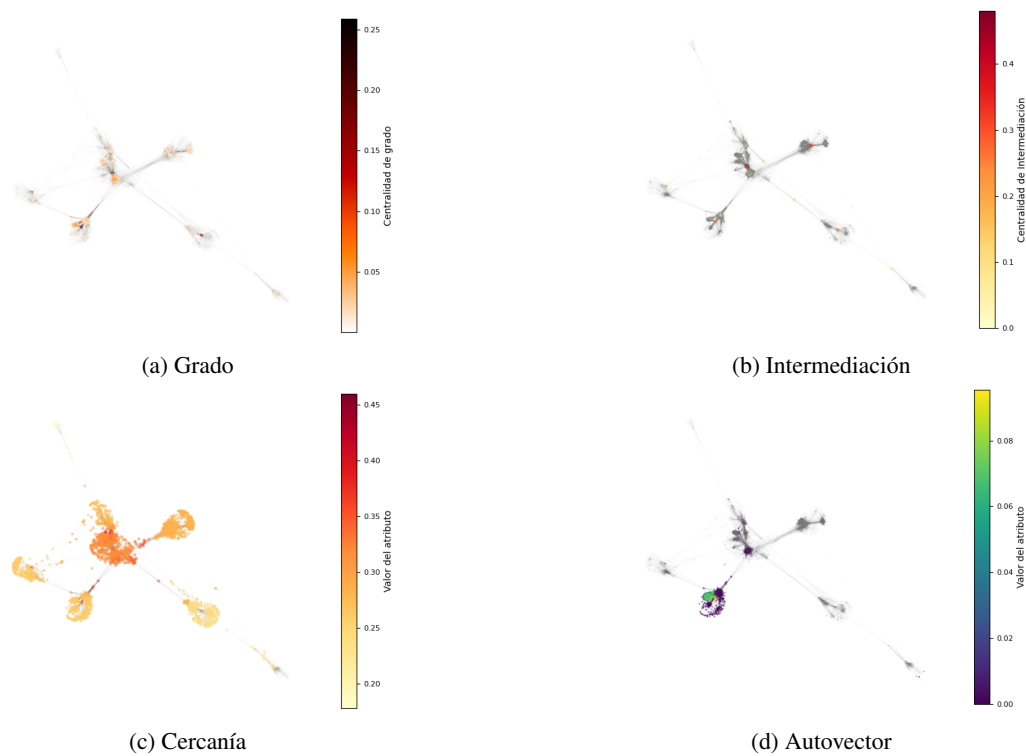


Figure 2: Medidas de centralidad en la red Facebook.

3.4 Análisis de robustez de los grafos

El **Análisis de Robustez de los Grafos** sirve para estudiar cuan vulnerable o resistente es una red frente a la eliminación de nodos o enlaces. Con este tipo de análisis se pretende entender cómo se desenvuelven las redes ante ataques o desconexiones.

En la **Figura 3** se observan los resultados del análisis de robustez para la red de Facebook y la red de Email, considerando ataques aleatorios, ataques dirigidos a los nodos de mayor centralidad de grado y ataques dirigidos a los nodos de mayor centralidad de intermediación. En la **Figura 3 a)** se observa el tamaño relativo de la componente gigante sobre el número total de nodos en función de la fracción de nodos eliminados. En la **Figura 3 b)** se muestra la eficiencia global en función de la fracción de nodos eliminados.

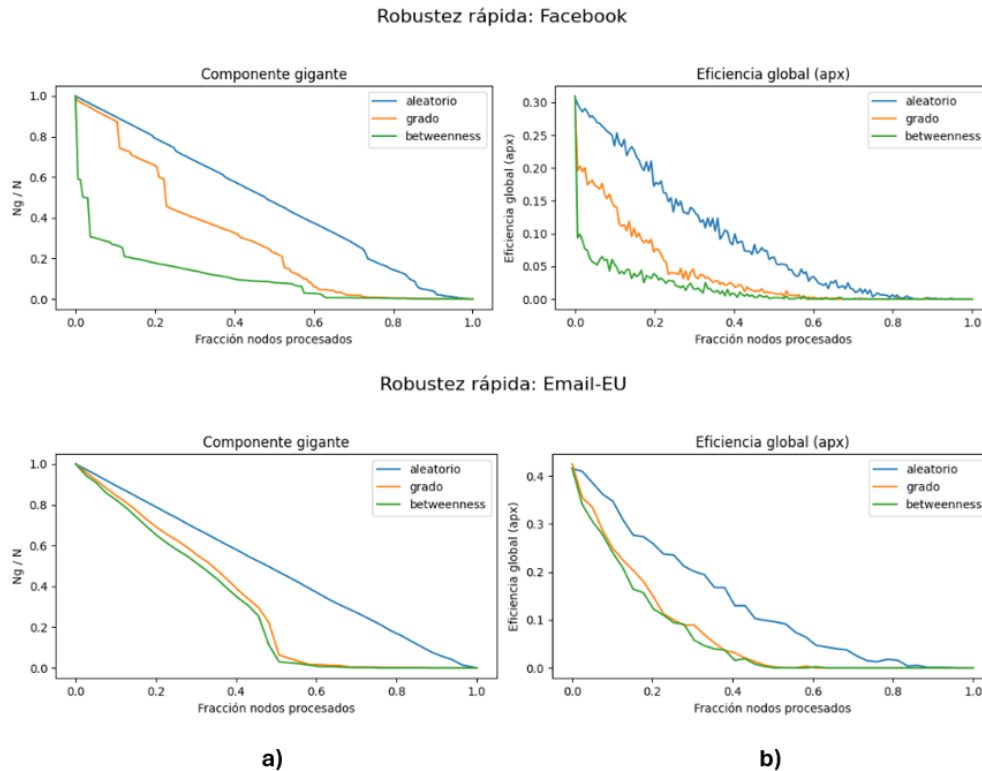


Figure 3: Análisis de robustez | Ataques dirigidos por centralidad de Grado, Intermediación y Ataques Aleatorios.

Con el análisis de Robustez es posible visualizar como en todos los tipos de ataques se reduce el tamaño relativo de la componente gigante y la eficiencia global a medida que se quitan más nodos de la red.

En la Red Facebook el ataque más agresivo es el que se dirige a los nodos de mayor centralidad de intermediación, debido a que se atacan primero los nodos por donde pasan muchos caminos más cortos. Al eliminar dichos nodos se fragmenta la red en componentes más pequeñas y el tamaño de la red (o su componente gigante) tiende a disminuir en mayor medida. Respecto a la Red Email, si bien los ataques dirigidos por centralidad son más agresivos que el ataque aleatorio, se observa que el impacto del ataque dirigido por centralidad de grado o intermediación es similar. Por otro lado, se visualiza un punto crítico en la fracción de nodos eliminados donde el tamaño relativo de la componente gigante cae abruptamente.

Con respecto a la eficiencia global hay una tendencia similar a la encontrada al analizar el tamaño relativo de la red (o de la correspondiente componente gigante) en función de la cantidad de nodos eliminados.

En todos los casos el ataque aleatorio es el menos efectivo, lo cual es algo esperable en redes de tipo "small-world".

3.5 Comunidades en grafos

Se propuso analizar la estructura de comunidades presentes en ambas redes mediante la detección de agrupamientos de nodos con alta densidad de conexiones internas y baja conectividad externa. Este tipo de partición permite identificar estructuras latentes que suelen reflejar relaciones sociales, organizativas o funcionales.

Para ello se aplicó el algoritmo de Louvain, reconocido por su eficiencia y su capacidad de maximizar la modularidad de la partición, una medida que evalúa cuán bien definidos están los límites entre comunidades.

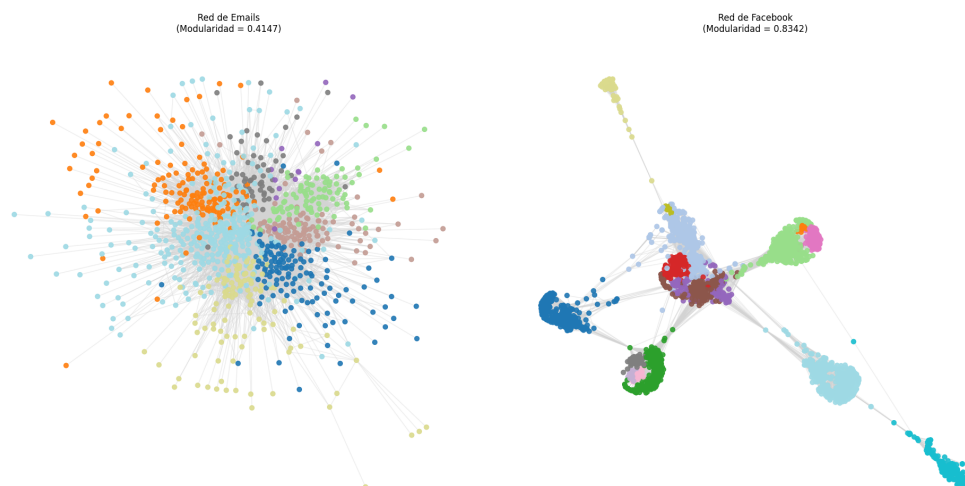


Figure 4: Comunidades halladas por el algoritmo de Louvain

Al comparar los resultados (Figura 4), se evidencia una diferencia significativa en la organización comunitaria de ambas redes. La red de Facebook presenta una estructura altamente modular ($Q = 0.8342$), con comunidades bien definidas y una jerarquía interna marcada, lo cual es característico de redes sociales basadas en vínculos de afinidad. Por el contrario, la red de Email muestra una modularidad moderada ($Q = 0.4147$), con comunidades más difusas y menor segmentación interna. Este patrón se corresponde con entornos funcionales donde la comunicación entre distintos sectores es habitual y necesaria.

Mientras que en la red de Facebook varias comunidades revelan subestructuras significativas (modularidad interna > 0.5), en la red de Emails solo una comunidad presentó subestructura destacable. Estos resultados sugieren que la red social tiende a organizarse en agrupamientos más definidos, mientras que la red de emails refleja una organización más integrada y transversal.

3.5.1 Relación entre Comunidades y Departamentos en Red Email

Para determinar si existe una relación entre las comunidades detectadas y los departamentos a los que pertenecen los empleados dentro de la institución se plantea un test de hipótesis de independencia entre dichas variables. Luego de armar la tabla de contingencia con las frecuencias cruzadas de los nodos por comunidad y departamento, se aplicó el test estadístico Chi-cuadrado. Se calculó también el coeficiente V de Cramér, una medida estadística que indica la fuerza de la asociación entre dos variables categóricas. Se basa en el estadístico chi-cuadrado y proporciona un valor normalizado entre 0 y 1, donde 0 indica ausencia de asociación y 1 una asociación perfecta.

Lo resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Chi-cuadrado: 5535
- p-value < 0.001
- Cramér's V: 0.896 (> 0.6 : indica asociación fuerte)

Por otro lado, al analizar la distribución de los nodos de cada departamento por comunidades (Figura 5), se encontró que las comunidades están formadas por personas de departamentos específicos. Asimismo, es notable que la mayoría de los miembros de un determinado departamento están siempre en una única comunidad.

Estas observaciones, sumado al bajo p-valor obtenido en la prueba de independencia y el coeficiente V de Cramér cercano a 1, permite concluir con bastante confianza que la estructura en comunidades de la red está fuertemente vinculada con la organización formal de la institución a la que representa.

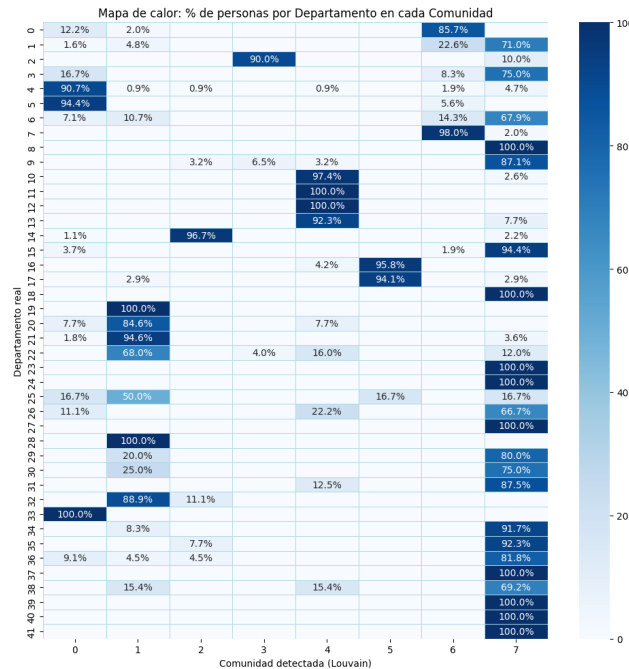


Figure 5: Mapa de calor: distribución de Departamentos [% de personas] por Comunidad.

3.5.2 Asortatividad de Clase de Red Email

La asortatividad de clase de una red es un valor que indica la tendencia de los nodos a conectar con otros nodos similares o diferentes en términos de una característica específica. Un valor cercano a +1 sugiere que los nodos tienden a conectarse con otros nodos que comparten la misma característica (asortatividad), mientras que un valor cercano a -1 indica que los nodos tienden a conectar con nodos que tienen características diferentes (disortatividad). Un valor cercano a 0 sugiere una red aleatoria, donde la conexión de nodos no está determinada por la similitud de características.

En base al departamento al que pertenece cada nodo, se calculó la asortatividad de clase para la red de Email, obteniendo un valor de **0.3024**. Este valor cercano a 0 indica que no hay una tendencia de los miembros de los departamentos a comunicarse exclusivamente con personas del mismo ni, por el contrario, a comunicarse sólo con aquellos fuera de su departamento.

Por otra parte, aunque no sea muy marcado, el valor encontrado indica un mayor grado de comunicación intradepartamental que entre distintos departamentos. Este hallazgo coincide con los resultados obtenidos al comparar los mismos con las comunidades detectadas, donde se encontró la presencia de departamentos enteros dentro de las comunidades.

4 Conclusiones

Al comparar las redes estudiadas con los modelos de Erdős-Rényi, Barabási-Albert, y Watts-Strogatz, las mismas se ajustaron mejor a este último, que replica propiedades de "Small-world" con alto clustering local, indicando estructuras no aleatorias.

La red de Facebook muestra una estructura más descentralizada y modular, con múltiples centros locales de actividad y nodos que actúan como puentes entre comunidades. Posee un coeficiente de clustering más alto, sugiriendo comunidades locales más cohesionadas de forma natural.

La red de Email presenta una estructura centralizada con un núcleo denso de nodos altamente conectados, lo cual es típico de organizaciones jerárquicas. Aunque tiene menor coeficiente de clustering que Facebook, se encontró una fuerte correlación entre las comunidades detectadas y los departamentos formales de la institución. Por otro lado, la asortatividad de clase positiva indica una leve preferencia a la comunicación intradepartamental.

En cuanto al análisis de robustez, la red de Facebook resultó más vulnerable a ataques dirigidos a nodos con alta intermediación, mientras que la red de emails mostró una vulnerabilidad similar a ataques por grado y por intermediación. Ambas fueron resistentes a fallos aleatorios.

El análisis de comunidades reveló diferencias clave entre ambas redes. Mientras que la red social mostró una organización en grupos bien definidos y jerarquía interna marcada, la red de emails presentó una estructura más integrada y transversal. Esto sugiere que los vínculos personales tienden a formar agrupamientos cerrados, mientras que las redes funcionales requieren interconexión entre distintos sectores. Los resultados obtenidos en este análisis apuntan a rechazar la hipótesis inicial planteada de que la formación de comunidades es más clara en la red de e-mails que en la de Facebook, y que la misma debería exhibir una mayor modularidad. A pesar de esto, se puede concluir que la red de Email, basada en interacciones institucionales, refleja claramente la estructura organizacional subyacente, mostrando una modularidad ligada a las divisiones formales, lo cual contrasta con la red de Facebook, donde las comunidades emergen de manera más espontánea y descentralizada.

References

- Albert-László Barabási. *Network Science*. Cambridge University Press, 2016. URL <https://barabasi.com/networksciencebook/>.
- Poonam Bedi and Chhavi Sharma. Community detection in social networks. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 6(3):115–135, 2016. doi: 10.1002/widm.1178.
- Michelle Girvan and M. E. J. Newman. Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12):7821–7826, 2002. doi: 10.1073/pnas.122653799.
- Joachim Mathiesen, Bjørn Jamtveit, and Kim Sneppen. Organizational structure and communication networks in a university environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(44):17259–17263, 2013. doi: 10.1073/pnas.1307750110.
- B. H. Sims, N. Sinitsyn, and S. J. Eidenbenz. Hierarchical and matrix structures in a large organizational email network: Visualization and modeling approaches. In *Lecture Notes in Social Networks*, pages 27–43. Springer, 2014. doi: 10.1007/978-3-319-12188-8_2.