

# Robustez y resiliencia de la red comparativa

Mathias Hualtibamba, Giorgio Mancusi y Fabio Osorio  
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas  
Curso: Complex Networks  
2025-2

12 de octubre de 2025

## Resumen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

**Palabras clave:** redes complejas, comparativas, analisis de resiliencia, grafos

ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 1. Introduccion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero

## 2. Marco Teorico

### 2.1. Redes Complejas

Segun Ding et al., 2025, las redes complejas constituyen una representacion abstracta de sistemas reales formados por multiples componentes interconectados. Este tipo de redes puede describir entre los reacciones quimicas hasta las conexiones entre paginas web. Su estudio permite indentificar patrones globales de

comportamiento a nivel macro, como la formación de comunidades o estructuras, mientras que a nivel micro reflejan el desorden y heterogeneidad característicos de los sistemas reales.

## 2.2. Grafos

Según Zamora-López y Gilson (2024), un grafo es una estructura matemática compuesta por un conjunto de vértices (o nodos) y un conjunto de aristas (o enlaces) que representan las relaciones entre dichos vértices. Los grafos permiten modelar y analizar sistemas reales de manera abstracta, facilitando su descripción formal y cuantitativa. A través de la teoría de grafos, es posible identificar la arquitectura oculta de un sistema complejo, estudiar sus propiedades estructurales y comprender su comportamiento global. Matemáticamente, un grafo puede representarse mediante una matriz de adyacencia, donde cada elemento  $a_{ij}$  indica la existencia (y, en redes ponderadas, la intensidad) de la conexión entre los nodos  $i$  y  $j$ .

## 3. Metodología

### 3.1. Datos

El conjunto de datos utilizado está conformado por seis columnas: *Año*, *Persona*, *Tipo de servicio*, *Nombre de la tarea*, *Modalidad* y *Complejidad*. El dataset cuenta con un total de 10,384 registros, de los cuales aproximadamente 3,600 correspondían a duplicados. Estos registros fueron eliminados durante la etapa de limpieza, dado que no aportaban información adicional a la estructura del grafo y su presencia incrementaba innecesariamente el costo computacional en la construcción y análisis de la red.

### 3.2. Analisis Exploratorio de los datos - EDA

Después de eliminar los 3,600 registros duplicados, se observó que las columnas *Tipo de servicio* y *Nombre de la tarea* presentaban la siguiente distribución:

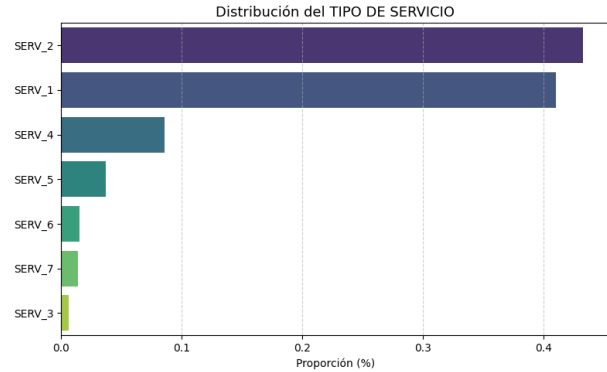


Figura 1: Distribución del TIPO DE SERVICIO.

Los servicios 1 y 2 concentraron la mayor parte de los datos, representando aproximadamente el 40 % cada uno, como se muestra en la Figura 1.

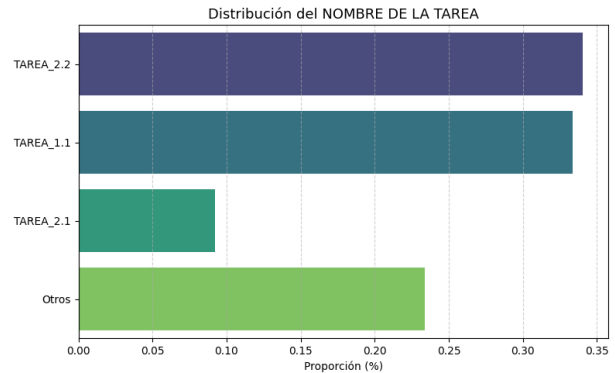


Figura 2: Distribución del NOMBRE DE LA TAREA (80 % + Otros).

De manera similar, las tareas 2.2 y 1.1 representaron alrededor del 30 % cada una, como se observa en la Figura 2.

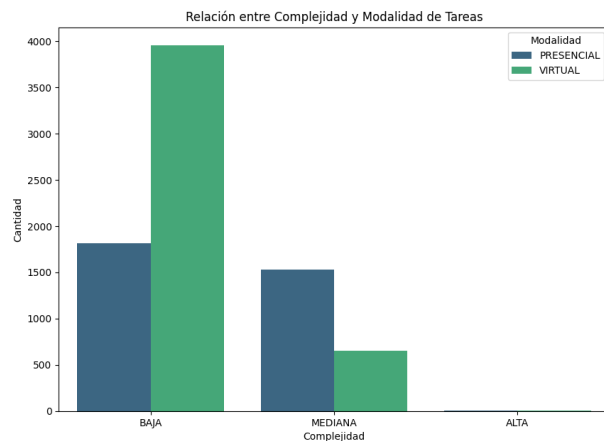


Figura 3: Relacion entre Complejidad y Modalidad

Por otro lado, la relación entre la *complejidad* y la *modalidad* de las tareas mostró que las tareas de baja complejidad en modalidad virtual concentraron la mayor proporción del conjunto de datos, como se aprecia en la Figura 3.

### 3.3. Construcción de la red

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.4. Analisis y Metricas

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et

neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.5. Herramientas

Las herramientas utilizadas para la creación del grafo fueron las siguientes:

- Python 3.13
- NetworkX
- Pandas
- VSCode

## 4. Resultados

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper,

felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## Referencias

- Ding, J., Liu, C., Zheng, Y., Zhang, Y., Yu, Z., Li, R., Chen, H., Piao, J., Wang, H., Liu, J., & Li, Y. (2025). A Comprehensive Survey on Artificial Intelligence for Complex Network: Potential, Methodology and Application. <https://arxiv.org/abs/2402.16887>
- Hualtibamba, M., Mancusi, G., & Osorio, F. (2025). Repositorio del proyecto. <https://github.com/Giorgio6846/UPC-TF-ComplexNetwork>
- Zamora-López, G., & Gilson, M. (2024). An integrative dynamical perspective for graph theory and the analysis of complex networks. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 34(4). <https://doi.org/10.1063/5.0202241>

## 5. Anexos

El código, notebook y datos se encuentran en el siguiente repositorio (Hualtibamba et al., 2025)