

Sistema de Información de Redes Productivas  
UN MAPA DE LA ECONOMÍA NACIONAL

Matías Battocchia      Gonzalo Flores Kemec

27 de marzo de 2013

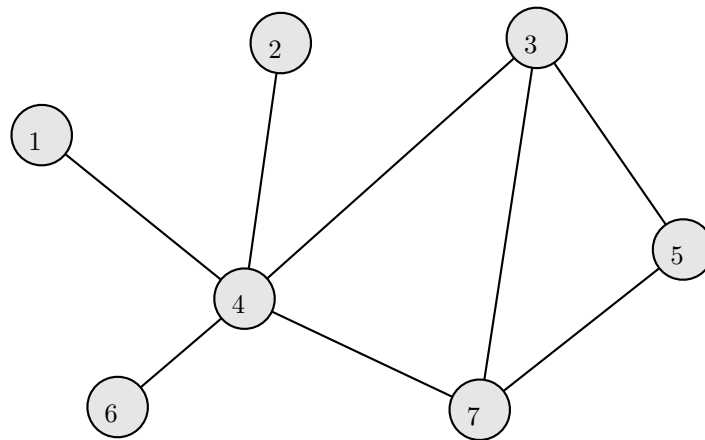


Figura 1: Un grafo feliz.

## Introducción

El Gobierno Nacional dentro del marco del Plan Estratégico Industrial 2020 ha asumido el compromiso de promover la industria nacional<sup>1</sup>.

Con el fin de aportar a este proceso, se presentan las bases de una herramienta original que modela a la industria como una red de redes de valor. Se espera que la misma permita:

- Un seguimiento integral de la dinámica productiva sectorial y regional.
- El diseño de propuestas y la evaluación de medidas y políticas públicas.
- La elaboración de diagnósticos para la toma de decisiones en materia de desarrollo económico.

El sistema de información propuesto, en esencia, consiste en representar la estructura de la industria nacional como un *grafo* —definido a continuación—, y en revestir esta representación con información de diversos tipos: económica, social, territorial y tecnológica<sup>2</sup>.

El grafo de la red de cadenas de valor es utilizado por el sistema para **situar el análisis de datos en el contexto de la red**<sup>3</sup>.

## Redes Productivas

### Una definición formal de red

Los *grafos* son objetos matemáticos que modelan conexiones entre elementos de un conjunto; están compuestos por *nod*os y *relaciones* (figura 1). Muchas estructuras naturales y hechas por el hombre pueden representarse mediante

<sup>1</sup>Este párrafo debe ser mejorado.

<sup>2</sup>Esta es la primera de las dos ideas fundamentales detrás del sistema.

<sup>3</sup>Esta es la segunda idea: Conocer las relaciones subrepticias entre los datos por medio del grafo.

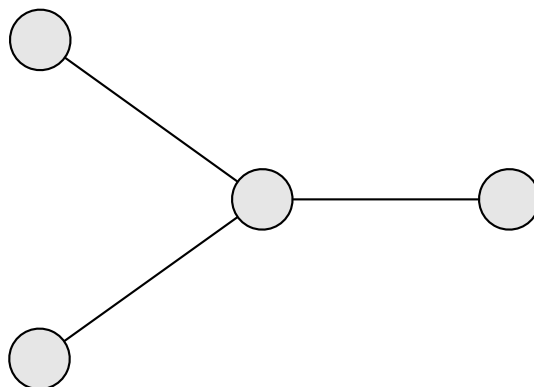


Figura 2: Un grafo feliz.

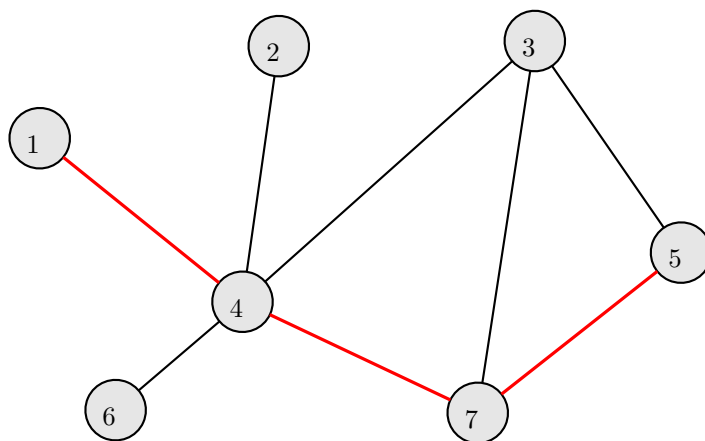


Figura 3: Un grafo feliz.

grafos<sup>4</sup>. Con la industria también es factible hacerlo: Los nodos bien pueden ser actividades industriales y las relaciones —*definidas a partir de parejas de nodos*—, pares de actividades inmediatamente conectadas (figura 2).

La Teoría de Grafos se ha encargado de estudiar en profundidad a estos objetos. Ha desarrollado un sinnúmero de medidas y procedimientos que ponen en evidencia características de los mismos. Mencionaremos ahora algunos de sus conceptos con el fin de ilustrar la teoría en relación al análisis del aparato productivo nacional.

Un grafo introduce una noción de *distancia*. Esta se mide en la cantidad de vínculos por los que hay que transitar para ir de un nodo a otro (figura 3). Es común que dos nodos estén conectados por varios posibles caminos; cuando hablamos de distancia nos estamos refiriendo al camino más directo. En el sistema la distancia indica la proximidad entre actividades industriales<sup>5</sup>.

Al número de *primeros vecinos* (nodos a distancia 1) que un nodo tiene se le llama *grado* (figura 4). Normalmente el grado varía de nodo a nodo. En

<sup>4</sup>Ejemplos no estarían de más.

<sup>5</sup>Y la proximidad el grado de influencia.

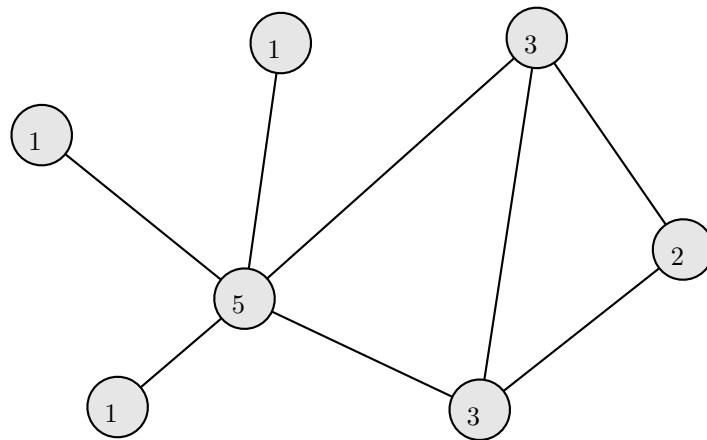


Figura 4: Un grafo feliz.

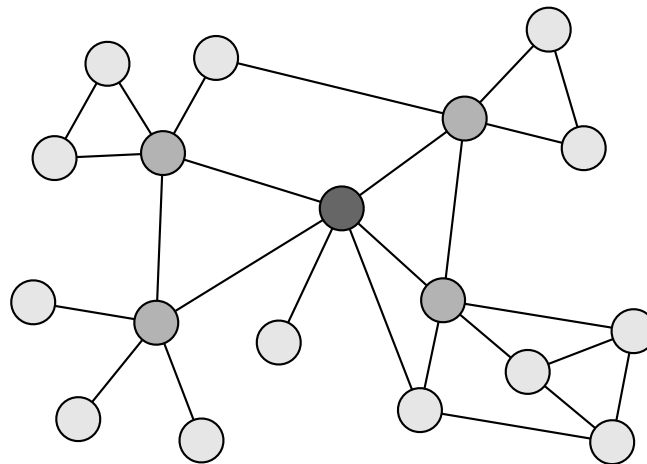


Figura 5: Un grafo feliz.

determinadas redes se encuentran nodos que acaparan significativamente más conexiones que el promedio; a estos se los denomina *hubs*, anglicismo para concentrador o conector (figura 5).

En las redes sociales las personas “populares” cumplen el rol de hubs. Aparte de poseer un gran número de contactos (y debido a esto) suelen oficiar de puente entre distintas comunidades, mejorando la conectividad en la red<sup>6</sup>. El rasgo distintivo de una comunidad es ser un conjunto de personas que se conocen entre sí: nodos agrupados, mutuamente conectados. En el sistema lo más parecido a las comunidades serían las cadenas de valor. Las actividades industriales altamente conectadas que se comportan como nexo entre cadenas, de existir, serían hubs<sup>7</sup>.

Hacemos hincapié en los hubs porque son **la fortaleza y la debilidad**

<sup>6</sup>Los hubs son en parte responsables de los 6 *grados de separación*. Sin ellos el mundo no sería tan pequeño.

<sup>7</sup>Estamos suponiendo que la red industrial es del tipo *scale-free*, aunque probable, podría no ser cierto.

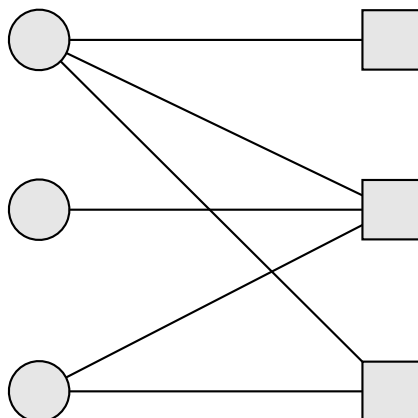


Figura 6: Un grafo feliz.

de las redes que se caracterizan por tenerlos. Como se dijo, hacen un aporte importante a la conectividad de la red; sin embargo el coste de esta ventaja es una red susceptible a fallos ante la anulación o al mal funcionamiento de sus hubs.

Expresar a la industria en el lenguaje de los grafos nos permitirá tomar conocimiento acerca de su topología o forma —particularmente identificar hubs en en la misma— y de un gran número de sus propiedades. Las acciones que se deben tomar para impulsar su desarrollo, las prioridades de aplicación, dependen fuertemente de las características de la red<sup>8</sup>.

## Más tipos de nodos

Es posible añadir otras clases de nodos a la representación de la industria para hacerla más realista. Hasta ahora hicimos referencia únicamente a actividades industriales con el fin de allanar la introducción. El sistema de información propuesto en su versión más básica agrega a la red de actividades, productos, en una configuración que se conoce como *grafo bipartito*: las actividades se conectan exclusivamente con productos, y los productos con actividades, sin posibilidad de que nodos del mismo tipo se relacionen directamente (figura 6).

El sistema dispone de una colección de **actividades** y otra de **productos**, creadas a partir de la CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL INDUSTRIAL UNIFORME<sup>9</sup> y del SISTEMA ARMONIZADO<sup>10</sup> respectivamente. Un extracto de estas clasificaciones puede verse en las tablas ?? y ?. Sus elementos son las piezas interconectables con las que se construye el grafo de la industria (figura 7). Es una característica fundamental del sistema el implementar nomenclaturas utilizadas por organismos nacionales e internacionales para la identificación de los nodos; es lo que posteriormente permite incluir estadísticas con naturalidad, ya que estas se elaboran en base a las clasificaciones mencionadas.

<sup>8</sup>Añadir acciones concretas que conviene realizar fundamentadas en este tipo de información.

<sup>9</sup>Nomenclatura en uso por la AFIP y la ONU para clasificar procesos productivos.

<sup>10</sup>Nomenclatura ampliamente difundida en el comercio internacional para clasificar manufacturas.

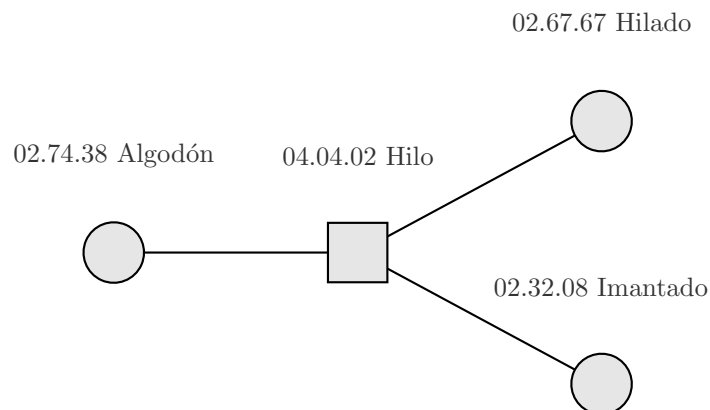


Figura 7: Un grafo feliz.

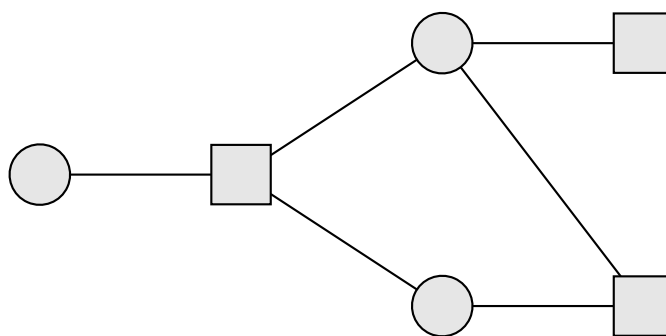


Figura 8: Un grafo feliz.

Las actividades industriales se conectan con productos en **relación de aprovisionamiento**, discriminando si son insumos, o en **relación de producción**, si son manufacturas de la actividad. Este rompecabezas es armado a partir de informes sectoriales y regionales existentes, generados por organismos como el Ministerio de Economía y la AFIP, entre otros.

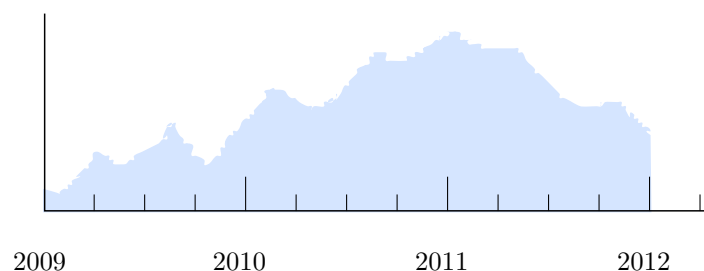
En el modelo considerado, las actividades son **procesos de transformación** y los productos **materia** capaz de ser transformada. A su vez las relaciones de aprovisionamiento y producción establecen direcciones preferenciales dentro de la red: la materia fluye por caminos que van agregándole valor en cada proceso.

No habíamos recurrido a relaciones direccionadas en la sección anterior. Cuando un grafo las incorpora, se lo conoce como *grafo dirigido* (figura 8).

## El significado de las estadísticas

La clase de estadísticas a la que el sistema recurre Las estadísticas vienen en forma de *series temporales*.

se refieren a la evolución temporal de indicadores. A la versión sencilla del modelo en cuestión le resultan de particular interés dos tipos de indicadores: **cantidades** y **valores**. A partir de estos luego se pueden calcular otros, como precios unitarios.



02.74.38 Algodón Producción

Figura 9: Un grafo feliz.

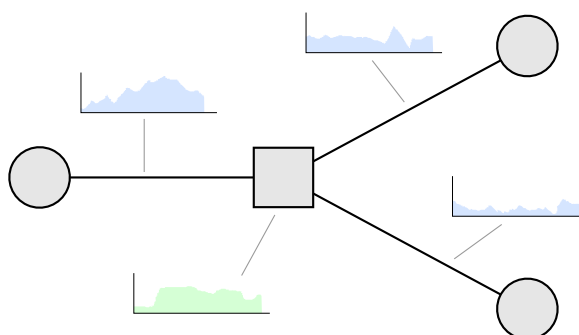


Figura 10: Un grafo feliz.

Decimos que el grafo de la industria se comporta como un sustrato para las estadísticas. Por un lado, los nodos de la red están identificados por nomencladores, por otro, las estadísticas sobre productos y actividades se elaboran a partir de los mismos nomencladores; el sistema entonces adquiere estadísticas y, según los nomencladores, las almacena adjuntándoselas a los nodos (figura 10). Esta práctica da lugar a una semántica: hace que las series de **cantidades** aplicadas a **nodos** signifiquen el **stock** de los productos o el **nivel de actividad** de los procesos, dependiendo del tipo de nodo. Asimismo es posible asociar series a las **relaciones** entre nodos; en este caso denotan la **producción** o el **consumo** del material que circula por la red, dependiendo del tipo de relación.

Usualmente donde habrá un flujo de cantidad material habrá un contra-flujo de valor monetario.

Anteriormente dijimos que el grafo introduce una noción de distancia entre nodos. Acabamos de mencionar que podemos asociar series temporales a los nodos. Por lo tanto el grafo para establece una noción de distancia entre series temporales. Aquí yace el potencial de la herramienta: no es lo mismo analizar estadísticas “sueltas” que asentadas en una estructura. El grafo incorpora información de la realidad en el sistema, es un mapa en el que se lee cuáles productos y actividades se afectan directamente (primeros vecinos), cuáles indirectamente a través de un intermediario (segundos vecinos), así profundizando hasta donde se lo desee.

Las series temporales pueden estudiarse con técnicas provenientes del Análisis de Series Temporales. Una de las principales medidas que se pueden realizar es la *correlación* entre dos series, cuánto están conectados causalmente dos fenómenos. Puede verse en qué grado el aumento o la disminución de la producción de cierto producto influye sobre la otro y con cuánto retraso temporal.

Si nos servimos de las estadísticas de comercio exterior, podríamos procesarlas para descubrir correlaciones entre el comercio de distintos productos. Esto supone el análisis cruzado de estadísticas mediante técnicas de Minería de Datos. Pero minar datos **sueltos** es pura fuerza bruta comparado con los análisis que se pueden efectuar teniendo en cuenta a la red.

Se podrá discernir entre situaciones como la suba del precio de importación de un insumo de una actividad crítica —un hub— de la suba del precio de una actividad marginal en la red (con escasas conexiones). Desde ya que la propagación de costos a productos finales será distinta en cada caso.

## Aún más posibilidades

Es posible continuar enriqueciendo el modelo adicionando nuevas clases de nodos. Cuatro muy informativas son territorios, labores, mercados y tecnologías. La primera permite manejar datos geográficos para complementar el semblante sectorial del sistema con el regional. La segunda agrega una capa de recursos humanos al mapa, ya que las actividades industriales también los toman como insumos. Mercados tenemos externos e internos, son orígenes y destinos de productos, y una abstracción del comercio: se tratan de partes de la red desconocidas en detalle. Por último, nodos que describen tecnologías existentes, cuyas relaciones con las actividades representan el respectivo grado de transferencia tecnológica.

Vale la pena y está dentro de las posibilidades del sistema distinguir los nodos de productos en subcategorías tales como bienes de capital, insumos y energía.

El grafo de la industria es capaz de asimilar tipos de información de los más diversos. Un modelo más allá de lo simple, holístico, por el momento es una exageración; pero de ninguna forma nos hemos referido a datos que el Estado no recabe a través de la AFIP o el INDEC en la actualidad, o tenga la posibilidad de hacerlo en un futuro si se lo propone. En todo caso los obstáculos se encuentran en la articulación entre sus propios organismos.

## La dinámica de la red

Hay un tipo de análisis dentro del campo de la teoría de grafos que estudia los cambios estructurales de las redes en el tiempo. Los grafos de la realidad están vivos: los nodos surgen y desaparecen; aún más, las conexiones entre ellos se encuentran en permanente alteración.

De la misma forma en la que una persona que conoce a muchas personas tiene mayores chances de hacerse de un contacto nuevo que quien conoce a muy pocas, una actividad o producto muy conectado tiene altas probabilidades de participar en nuevas relaciones en el futuro. Es el concepto de *conexión preferencial*. Desde el punto de vista de la planificación industrial, predicciones de esta índole estiman —sobre nodos individuales— demandas por relaciones inexistentes en la actualidad.



Por otro lado podría utilizarse al sistema para proyectar desarrollos de nuevos complejos productivos. Suponiendo que se quiera producir determinado producto íntegramente en el país y que para concretar tal objetivo sea menester establecer nuevos nodos y relaciones, se los detallaría sobre la red vigente para estudiar una forma ordenada de llevar el desarrollo adelante, inclusive previendo el fortalecimiento de partes existentes de la red.

## Los estratos de agregación

Hasta ahora se ha hablado en relación 1-a-1 entre nodos y nomencladores: de una red agregada, porque cada producto y cada actividad aparece una sola vez en el grafo. El sistema también puede ser dirigido hacia el otro extremo, bajando al nivel de los agentes económicos, si considera perfiles de empresas.

Es aceptable comenzar desarrollando el sistema para administrar información agregada, sobre todo porque se la encuentra con mayor facilidad en este formato. Sería ideal que la información desagregada se vuelque en los perfiles de empresas y que sea el propio sistema quien la agregue.

Existen posibilidades de intentar una aproximación: que el sistema siga de cerca aunque sea a las grandes empresas del país, una cifra más asible que si se tratara de todas las empresas que hay; después de todo el principio de Pareto nos indica que este grupo reducido de empresas controla la mayor porción del mercado. Eso alcanzaría para practicar algunas estimaciones.

La red desagregada podría visualizarse como una “red social” de empresas. Cada empresa agrupa actividades industriales (tal cual figuran en su inscripción en la AFIP). Nótese que en general las actividades ahora se repiten, debido a las empresas que se dedican a lo mismo. Las actividades producen y consumen productos. Dos empresas tendrán una relación si la actividad de una produce un producto que la actividad de la otra consume—una manera larga de decir que dos empresas tienen una relación comercial. Relaciones que consisten en un mismo tipo de producto hacen que estos se también se repitan.

Las facturas electrónicas serán un buen recurso para trazar la red social de las empresas.

La agregación sucede cuando se integran los datos de las actividades y los productos de las empresas, discriminando por nomenclador. Este procedimiento también genera la estructura de la red agregada: esta emerge del comportamiento de los agentes. Si un mismo tipo de producto fue intercambiado entre empresas para ser usado en actividades diferentes, el grafo agregado lo reflejará conectando al producto con todas las actividades en las que este participó. Las magnitudes de las relaciones será función de la frecuencia e intensidad de tales intercambios.

Las actividades de las empresas podrán asociarse a localidades geográficas. El plano desagregado le confiere especial interés a la información territorial, permitiría analizar y optimizar la logística de cargas. Los distintos estratos de agregación se enfocarían en provincias y regiones para trabajar sobre estrategias coyunturales. Permitiéndonos pensar en grande, el sistema de información serviría para planificar la integración productiva del MERCOSUR de ser usado por el resto de los países socios.

Un detalle no menor es que los agentes económicos podrían usar la red social para obtener información personalizada de su contexto productivo, buscar clientes y proveedores, administrar operaciones comerciales, recibir sugerencias

de inversión. Esto redundaría en la toma de decisiones más informadas para los agentes.

## Una base de datos pública y abierta

El sistema deberá organizar y almacenar una gran cantidad de datos para su funcionamiento. Tanto los datos crudos como los procesados **considerados públicos** podrán ser consultados y/o descargados para uso general a través de la interfaz web del sistema, mientras que al mismo tiempo estarán disponibles a través de un *servicio web* para ser accedidos por otros sistemas informáticos.

En la actualidad el acceso a datos es restringido principalmente porque no se encuentran compartidos o no lo están en un formato apto para máquinas: informes en PDF, DOC, XLS, fáciles de comprender para el humano pero costosos para la computadora.

El sistema ofrece la posibilidad de abrir el juego a terceros —sobre todo a la academia— para que los datos sirvan para contrastar modelos económicos, crear indicadores, probar nuevas ideas.

## Conclusiones

La combinación de la teoría de grafos y el análisis de series temporales aplicada al diseño de políticas de desarrollo industrial promete superar con creces a los análisis económicos convencionales.

La herramienta propuesta modela la industria para generar información sistematizada relevante para la planificación económica, el desarrollo provincial y regional, el desarrollo sectorial, la integración productiva, la inserción comercial en mercados externos, la substitución de importaciones, la logística de cargas.

La herramienta automatiza diagnósticos que indican y *priorizan* políticas económicas, e informa sobre sus resultados.

Será necesario una integración transversal de los sistemas de información de los diversos organismos del Estado para producir políticas públicas de segunda generación.