


Alejandro Rodríguez Villalobos

Departamento de Organización de Empresas
Escuela Politécnica Superior de Alcoy
Universidad Politécnica de Valencia




UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA

¿Qué es Grafos?

Es un software para la construcción, edición y análisis de grafos.

Pretende ser una herramienta de utilidad para la docencia y el aprendizaje de la **Teoría de Grafos**, y otras disciplinas relacionadas como la ingeniería de organización industrial, la logística y el transporte, investigación operativa, diseño de redes, etc.



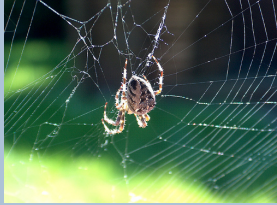
Se puede usar perfectamente para el modelado y resolución de problemas reales.

SOME RIGHTS RESERVED
CC BY SA
CREATIVE COMMONS

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos/>

Origen

El proyecto nace a principios del 2003, como una inquietud personal:



'disponer de una herramienta útil y fácil de usar para la enseñanza de redes de transporte (teoría de grafos), y la experimentación de algoritmos en el contexto de problemas reales'

Actualmente el proyecto sigue en activo... ya está disponible la nueva versión!

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>


Objetivos

Aprendizaje a través del juego ...

La filosofía de Grafos es la siguiente:

"dibujar, modelar, resolver y analizar"

con esto se pretende que el usuario tenga libertad absoluta para tratar y abordar los problemas de grafos.



Posibilidad de dibujar libremente el grafo sin preocuparse del análisis o algoritmo que utilizará posteriormente. Grafos avisará en caso de no factibilidad o de cualquier otro requerimiento para un análisis en particular.

Los estudiantes que usen Grafos experimentarán un proceso de aprendizaje basado en su libertad y en etapas de prueba-error.

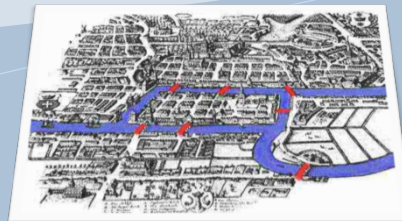
Otros programas existentes, a diferencia de este, guían al usuario paso a paso, descartando de entrada su libertad de elección y construcción.

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Teoría de grafos

El antecedente científico documentado más remoto es del siglo XVIII.

El matemático Leonhard Euler (1736) demostró que el esquema gráfico de los 7 puentes de Königsberg no podía recorrerse partiendo de un punto cruzando cada puente una sola vez y volviendo al punto de partida.



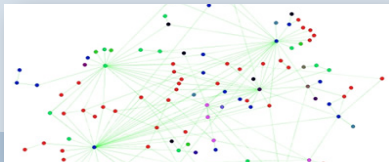
Los 7 puentes de Königsberg

Este problema y su trabajo pudo haber sido la primera aplicación en teoría de grafos, por lo que en su nombre, a esta idea se le denomina ciclo o circuito Euleriano de un grafo.

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Teoría de grafos - Aplicaciones



La Teoría de Grafos tiene muchas aplicaciones en problemas de ingeniería, computación, biología, física, urbanismo, comunicaciones, economía y empresa, redes sociales, etc..

- Internet y los protocolos de comunicaciones (TCP/IP, SMTP, FTP, routers, etc.)
- El diseño de redes de comunicaciones y transporte (carreteras, aguas, electricidad, telecomunicaciones, aviación, satélites, aero-espacial, flotas de vehículos, etc.).
- El navegador GPS (Google Maps)
- Economía (Bolsa, transacciones económicas, modelos de mercado, etc.)
- Empresa (Localización, estrategia, teoría de juegos, análisis de la competencia, logística, CRM, ERP, MRP, scheduling, etc.)

- Las redes sociales (Facebook, Skype, MSN)
- Política y marketing
- Seguridad y prevención del terrorismo
- Inteligencia militar

- Ocio (video juegos, simulación e IA)
- Domótica, robótica, automatización, control y gestión de redes, etc.
- Investigación médica, biogenética (secuenciación ADN)
- Biología, medio-ambiente, cambio climático

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Teoría de grafos - Aplicaciones

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Análisis disponibles en la herramienta

```

    graph LR
      Grafos --- Caminos
      Grafos --- Arboles
      Grafos --- Flujos
      Grafos --- Rutas

      Caminos --- Camino_minimo[Camino mínimo]
      Camino_minimo --- Dijkstra[Algoritmo de Dijkstra]
      Camino_minimo --- Floyd_Warshall[Algoritmo de Floyd-Warshall]
      Camino_minimo --- Bellman_Ford_min[Algoritmo de Bellman-Ford]
      Caminos --- Camino_maximo[Camino máximo]
      Camino_maximo --- Bellman_Ford_max[Algoritmo de Bellman-Ford]
      Camino_maximo --- Dijkstra_max[Algoritmo de Dijkstra]

      Arboles --- Arbol_minimo[Árbol mínimo]
      Arbol_minimo --- Dijkstra_min[Algoritmo de Dijkstra]
      Arboles --- Arbol_maximo[Árbol máximo]
      Arbol_maximo --- Dijkstra_max[Algoritmo de Dijkstra]
      Arboles --- Arbol_valor_minimo[Árbol de valor total mínimo]
      Arbol_valor_minimo --- Kruskal_min[Algoritmo de Kruskal]
      Arbol_valor_minimo --- Prim_min[Algoritmo de Prim]
      Arboles --- Arbol_valor_maximo[Árbol de valor total máximo]
      Arbol_valor_maximo --- Kruskal_max[Algoritmo de Kruskal]
      Arbol_valor_maximo --- Prim_max[Algoritmo de Prim]

      Flujos --- Flujo_maximo[Flujo máximo]
      Flujo_maximo --- Ford_Fulkerson[Algoritmo de Ford-Fulkerson]
      Flujos --- Problema_Transbordo[Problema de Transbordo]
      Problema_Transbordo --- Equilibrado[equilibrado a coste mínimo]
      Problema_Transbordo --- MILP1[Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)]
      Flujos --- Problema_Asignacion[Problema de Asignación]
      Problema_Asignacion --- Coste_minimo[coste mínimo]
      Problema_Asignacion --- MILP2[Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)]

      Rutas --- Problema_Viajante[Problema del Viajante de Comercio (TSP)]
      Problema_Viajante --- Coste_minimo_TSP[coste mínimo]
      Problema_Viajante --- MILP3[Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)]
      Rutas --- Problema_m_Viajante[Problema de los m Viajantes de Comercio (m-TSP)]
      Problema_m_Viajante --- Coste_minimo_mTSP[coste mínimo]
      Problema_m_Viajante --- MILP4[Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)]
      Rutas --- Ruta_minimo[Ruta a coste mínimo]
      Ruta_minimo --- MILP5[Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)]
      Rutas --- VRP[VRP (Vehicle Routing Problems)]
      VRP --- Ruta_minimo_VRP[Ruta a coste mínimo]
      Ruta_minimo_VRP --- MILP6[Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)]
      VRP --- m_Rutas_minimo[m-Rutas a coste mínimo]
      m_Rutas_minimo --- MILP7[Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)]
      Rutas --- CVRP[CVRP (Vehículos capacitados)]
      CVRP --- MILP8[Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)]
    
```

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Desarrollo

- Plataforma Microsoft Windows
- Desarrollado en **Microsoft Visual Studio**
- Programado en Visual Basic .net

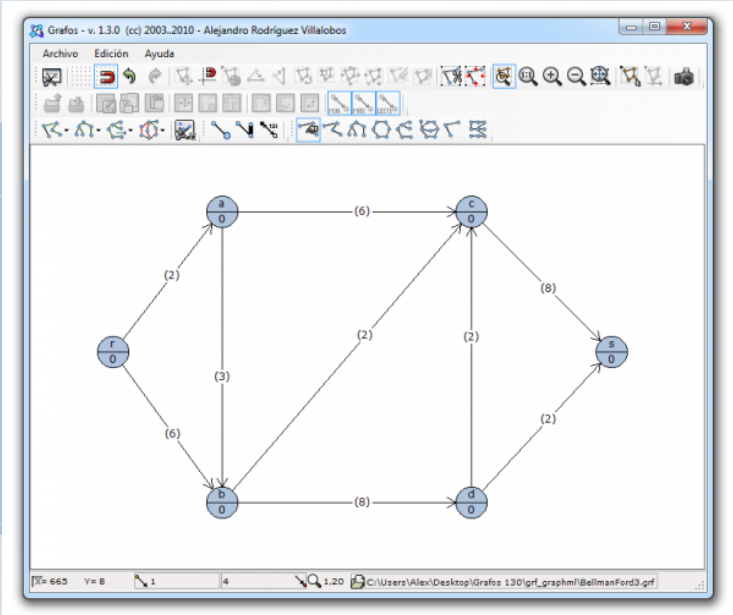



- Estructura modular, flexible y escalable
- Programación orientada a objetos
- Programación de funciones
- Programación de clases y librerías (.dll)
- Fácil adaptación a futuros Windows

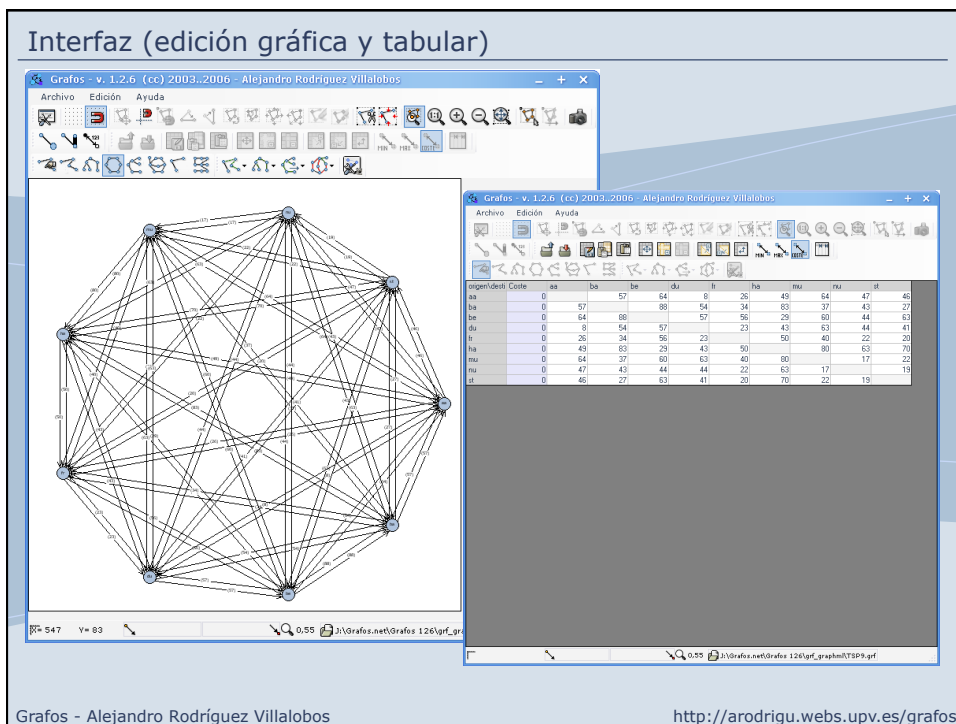
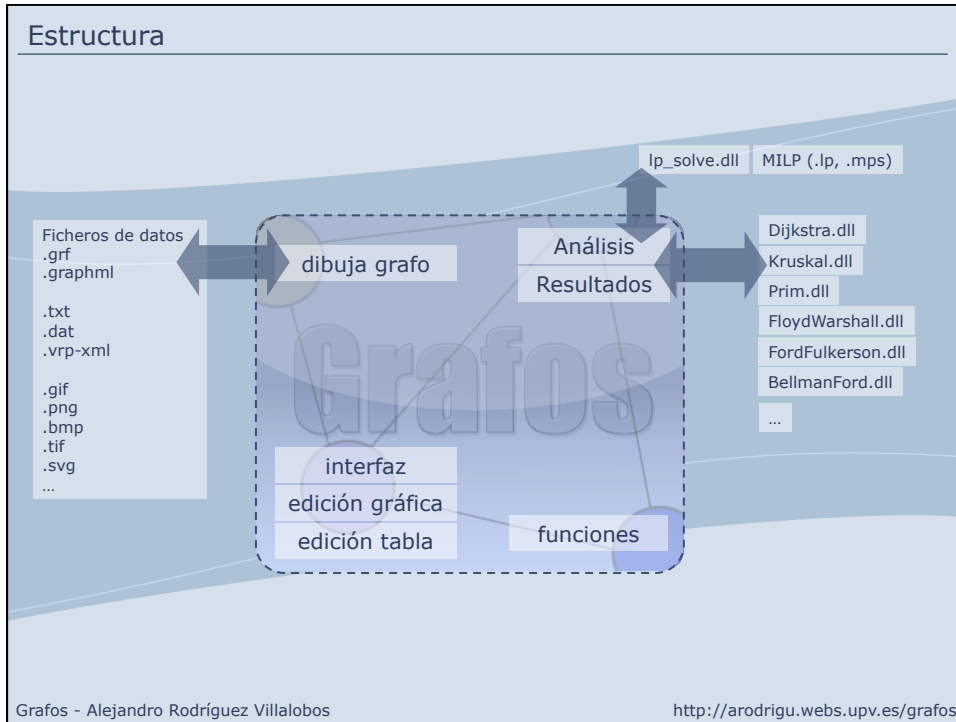



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Grafos



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>



Interfaz (intercambio de datos abierto)

The screenshot displays the Grafos application window with a spreadsheet of data and two dialog boxes for data exchange. The spreadsheet lists various locations and their associated costs. The 'Opciones para Importar datos' dialog allows selecting data types like 'Matriz binaria (arcos)', 'Matriz etiqueta (nodos)', 'Matriz mínimo (arcos)', 'Matriz valor (nodos)', 'Matriz máximo (arcos)', 'Matriz etiqueta y valor (nodos)', and 'Matriz coste (arcos)'. The 'Opciones para Exportar datos' dialog offers options for 'Matriz binaria', 'Matriz etiqueta', 'Matriz valor', 'Matriz mínimo', 'Matriz máximo', 'Matriz etiqueta y valor', and 'Matriz coste', along with checkboxes for 'Fichero de info. Grafos' and 'Tabulador' as a separator.

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Interfaz (WYSIWYG)

The screenshot shows the Grafos application in WYSIWYG mode. A graph is displayed with nodes labeled with location names: Cocentaina, Muro, Alqueria, Benamet, Cella de Nuñez, Millena, and Fenilla. Edges between nodes are labeled with numerical values representing weights or costs. A 'Print preview' window is open on the right, showing a simplified version of the graph. The application's menu bar and toolbar are visible at the top.

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Interfaz (exportar imágenes, copiar y pegar)

.gif
.png
.bmp
.tif

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Interfaz (archivos: estándar, propietario, y personalizado)

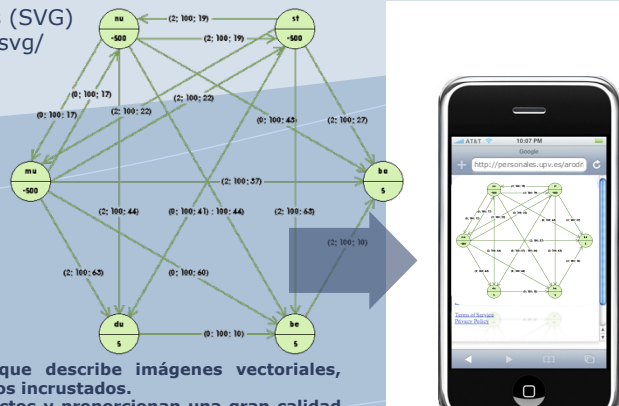
GRAPHML File Format
<http://graphml.graphdrawing.org/>

```
<?xml version="1.0"?>
<xs:schema targetNamespace="http://graphml.graphdrawing.org/xmlns"
xmlns="http://graphml.graphdrawing.org/xmlns/1.0rc"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified"
```

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Interfaz (gráficos vectoriales para la web y otros dispositivos)

Scalable Vector Graphics (SVG)
<http://www.adobe.com/svg/>



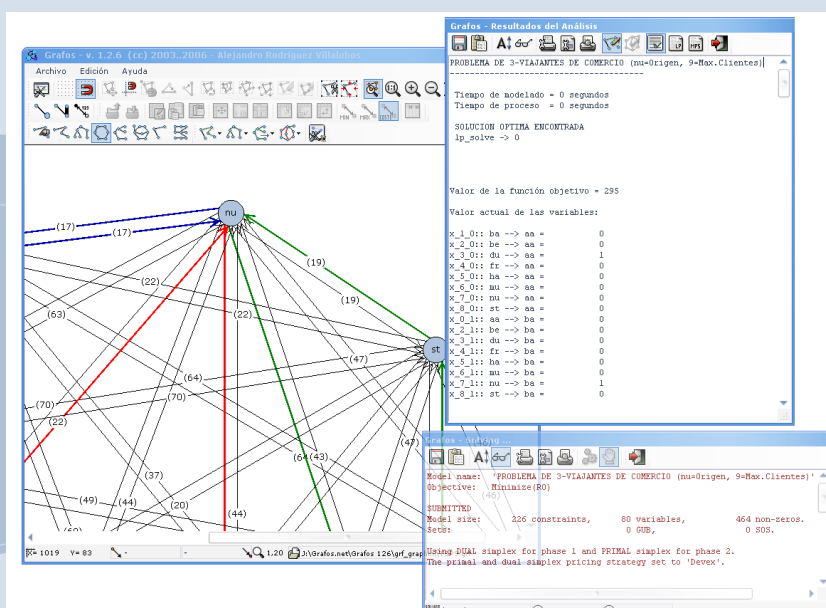
Es un lenguaje de texto que describe imágenes vectoriales, formas, textos y otros gráficos incrustados. Los ficheros SVG son compactos y proporcionan una gran calidad gráfica en la web, en la impresión y en dispositivos de recursos limitados.

Además, SVG soporta códigos y animación, lo que lo hace ideal para la interacción, el manejo de datos, y la personalización de los gráficos.

SVG está libre de royalties y es un estándar abierto e independiente desarrollado bajo la supervisión de W3C (World Wide Web Consortium).

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Interfaz (análisis de resultados)



Grafos - Resultados del Análisis

PROBLEMA DE 3-VIAJANTES DE COMERCIO (nu=Origen, 9=Max.Clientes)

Tiempo de modelado = 0 segundos
 Tiempo de proceso = 0 segundos

SOLUCION OPTIMA ENCONTRADA
 lp_solve -> 0

Valor de la función objetivo = 295

Valor actual de las variables:

x_1_0:	ba -> aa =	0
x_2_0:	be -> aa =	0
x_3_0:	du -> aa =	1
x_4_0:	fr -> aa =	0
x_5_0:	ha -> aa =	0
x_6_0:	mu -> aa =	0
x_7_0:	nu -> aa =	0
x_8_0:	st -> aa =	0
x_0_1:	aa -> ba =	0
x_1_1:	be -> ba =	0
x_2_1:	du -> ba =	0
x_3_1:	fr -> ba =	0
x_4_1:	ha -> ba =	0
x_5_1:	mu -> ba =	0
x_6_1:	nu -> ba =	1
x_7_1:	st -> ba =	0

Model name: 'PROBLEMA DE 3-VIAJANTES DE COMERCIO (nu=Origen, 9=Max.Clientes)'
 Objective: Minimize(50)
 SUBMITTED (45)

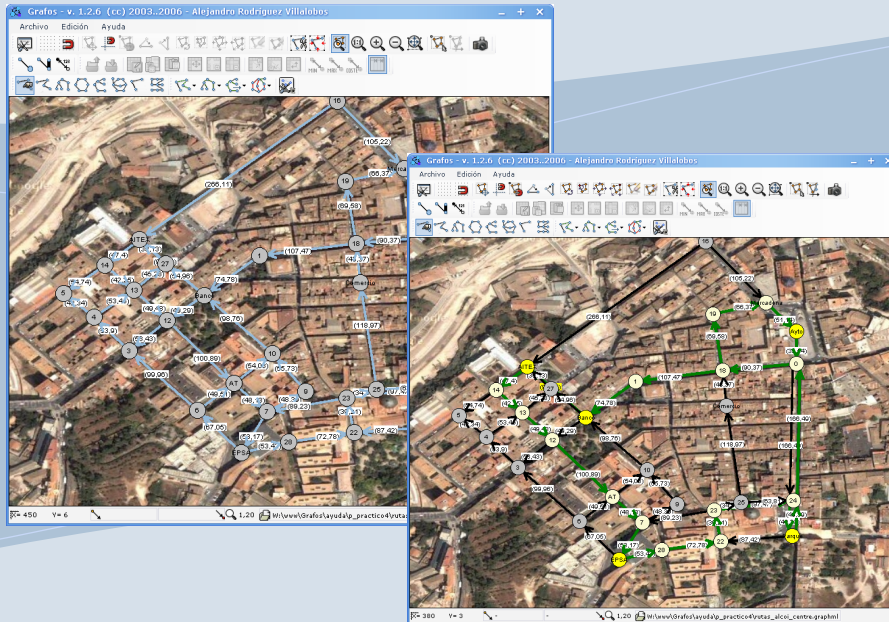
Model size: 326 constraints, 80 variables, 464 non-zeros.
 Sets: 0 GUB, 0 SOS.

Using DUAL simplex for phase 1 and PRIMAL simplex for phase 2.
 The primal and dual simplex pricing strategy set to 'Devex'.

lp_solve 5.5 130

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

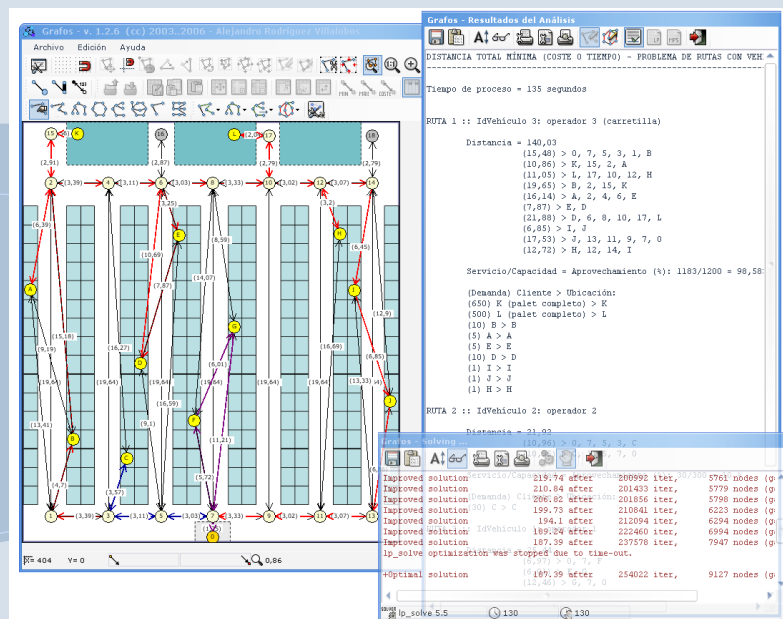
Interfaz (grafo sobre imagen)



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Interfaz (aplicaciones avanzadas)




Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Funcionalidades

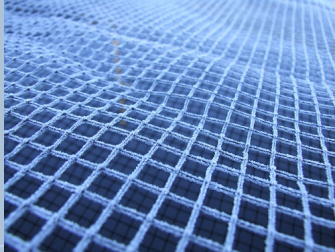
- Arcos bidireccionales (directed graphs)
- Posibilidad de arco con origen y destino sobre un mismo nodo
- Valores en arcos (mínimo, máximo y coste, **etiqueta**)
- Valores en nodos (de coste o de capacidad/demanda, y etiqueta)
- Edición gráfica WYSIWYG ('lo que usted ve, es lo que usted obtiene')
- **Deshacer y rehacer (Undo/Redo)**
- Edición tabular del grafo
- Etiquetado automático de nodos
- Cursores de dibujo contextuales
- Menús y barras de herramientas sensibles al contexto
- Dibujar arcos mediante arrastrar y soltar
- Edición de arcos y nodos con doble-clic
- Guardar y abrir fichero (formato propietario .grf, estándar .graphML)
- Exportar datos del grafo de manera personalizada a ficheros .txt, .csv
- Importar/Añadir datos al grafo desde ficheros .txt, .csv
- Definición de estilo gráfico
- Personalización del aspecto gráfico de cada nodo y arco
- Reordenación automática del grafo en formato (aleatorio, árbol, circular, tabular, flujo, orgánico, radial)
- Zoom, girar, contraer, mover
- Alineación de nodos (horizontal, vertical, a rejilla)
- Rejilla de dibujo
- Función 'Imantar' nodos para su alineado a la rejilla



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Funcionalidades

- Centrar grafo a tapiz, o ajustar tapiz al grafo
- Incluir imagen de fondo ajustada al tapiz del grafo
- Exporta la imagen del grafo a diferentes formatos de gráficos (.gif, .tif, .png, .bmp, .svg)
- Copiar imagen del grafo al portapapeles de Windows
- Selección de impresora y Configuración de página
- Visión preliminar e Impresión
- Crear un nuevo grafo aleatorio (indicando número de nodos y densidad de arcos)
- Utilidades (auto radio-nodo, trazo-arco, coste-arco según distancia)
- Formato automático de radio de nodo y trazo de arco en función de valores.
- Configuración del Solver y log del proceso de optimización.
- Configuración del formato de representación de resultados.
- Ventana de solución del análisis (visualizar, copiar, exportar e imprimir solución). Permutar la visualización (grafo original - grafo solución tras análisis)
- Exportar/Visualizar/Imprimir los modelos MILP utilizados en los análisis. Modelos en formatos (.lp, .mps) que pueden ser usados en otros solvers
- Estructura de datos extensible para problemas VRP en formato (.vrpxml)



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

WWW

Grafos - software para la construcción, edición y análisis de grafos.

Grafos
Software para la construcción, edición y análisis de grafos.
Este software permite en su totalidad para la creación y el desarrollo de la teoría de grafos (a grafos finitos) y otros algoritmos relacionados con la teoría de grafos (grafos dirigidos, la lógica y el algoritmo, el algoritmo de búsqueda, el árbol de búsqueda, etc.). Grafos se puede usar perfectamente para el análisis y resolución de problemas. Este software permite la construcción de grafos.

Un grafo representa un modelo de una realidad empresarial en forma de red con nodos que se conectan entre sí por líneas. Los algoritmos de búsqueda, relacionados con el software Grafos, independientemente de los conocimientos actuales sobre la red, la información recogida en este algoritmo y el uso de un buen punto de partida para el desarrollo en mayor profundidad de la teoría de grafos y su aplicación en la realidad empresarial y educativa.

Análisis y casos
Este software permite la construcción, edición y análisis de grafos. Este software permite la construcción, edición y análisis de grafos. Este software permite la construcción, edición y análisis de grafos.

Descargas
Documentación en línea
Ejemplos y casos prácticos
Manual de usuario
Enlaces ...

Software para la construcción, edición y análisis de grafos.

el libro de Grafos
Tanto si eres un profesional como un estudiante, considera la posibilidad de adquirir este libro, que no sólo te servirá de ayuda o manual de usuario de la herramienta, sino que será un complemento al aprendizaje de la teoría de grafos. En sus páginas encontrarás información adicional sobre los principales algoritmos, sus investigadores y ejemplos de su aplicación.

El libro se puede comprar en internet a través de **bubok.es**, tanto en edición física como en formato electrónico (ebook en PDF y además en otros formatos adicionales).

bubok
El libro electrónico es compatible con Kindle, iPhone (iBooks), Google Play y otros sectores de libros electrónicos (Sony, Oryx, Kindle, etc.).
Además, actualmente está en proceso de redacción un cuaderno de ejercicios y casos avanzados.

Autor: Alejandro Rodríguez Villalobos
Título: Grafos - software para la construcción, edición y análisis de grafos.
Editorial: Bubok Publishing S.L., España.
Año: 2010
ISBN: 978-84-9981-116-5
DL: M-46885-2010

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

El libro de Grafos

Autor: Alejandro Rodríguez Villalobos
Título: Grafos - software para la construcción, edición y análisis de grafos.
Editorial: Bubok Publishing S.L., España.
Año: 2010
ISBN: 978-84-9981-116-1
DL: M-46885-2010

Libro disponible en papel / PDF + ePUB (compatible con iPad, eBooks)

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Licencia Creative Commons <http://creativecommons.org/>



Tipo de licencia:
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual (Creative Commons License)


Está permitida su copia libre y distribución gratuita, no está permitida su comercialización (bajo ningún soporte y condición) sin el consentimiento escrito del autor. Además se debe citar al autor.



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Basta ya de teoría! (de grafos)

- Algún problema sencillo
- Cómo está programado
- Análisis y problemas avanzados
- Otras herramientas



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Edsger Wybe Dijkstra (1930-2002)

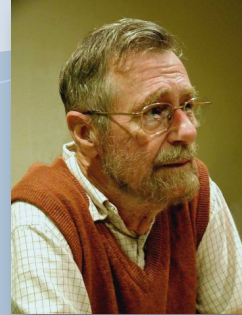
Edsger Wybe Dijkstra nació en Rotterdam, (Holanda) en 1930

Debido a su facilidad para la química, las matemáticas y la física, entró en la Universidad de Leiden, donde decidió estudiar física teórica.

En el verano de 1951, asistió a un curso de verano sobre programación en la Universidad de Cambridge. A su vuelta empezó a trabajar en el Centro Matemático en Ámsterdam (1952), donde se incrementó su creciente interés en la programación.

Cuando terminó la carrera se dedicó a problemas relacionados con la programación. Pero uno de los problemas con que se encontró es que ser **programador no estaba oficialmente reconocido como una profesión**.

En 1972 ganó el Premio Turing ACM, y en 1974 el AFIPS Harry Good Memorial.



Algoritmo de Dijkstra (1956) – camino mínimo

Problemas de rutas

Camino mínimo = itinerario más corto entre dos puntos



- ✓ Menor tiempo
- ✓ Menor distancia
- ✓ Menor coste
- ✓ Tipo de vías
- ✓ Sentido circulación

Búsqueda del óptimo

Algoritmo de Dijkstra – estructura de datos

La red de carreteras o servicio utilizada para el transporte, se describe como un grafo dirigido.

Arcos:

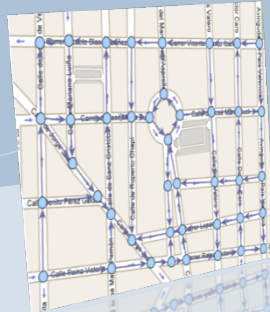
Un sentido de circulación o ambos.

Peso:

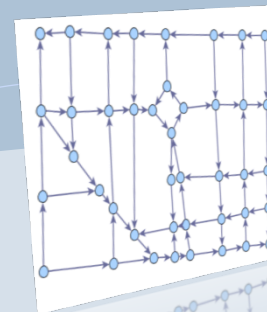
- longitud en distancia
- el tiempo de viaje
- coste, etc.

Pueden depender del tipo de vehículo o del momento en el que se recorra (tráfico).

Calles y sentido de circulación.



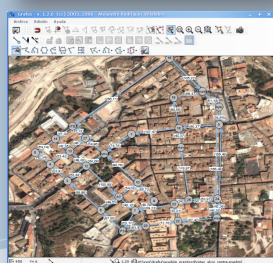
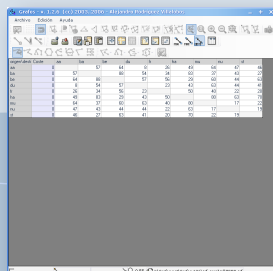
Grafo dirigido con pesos.



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Algoritmo de Dijkstra – estructura de datos

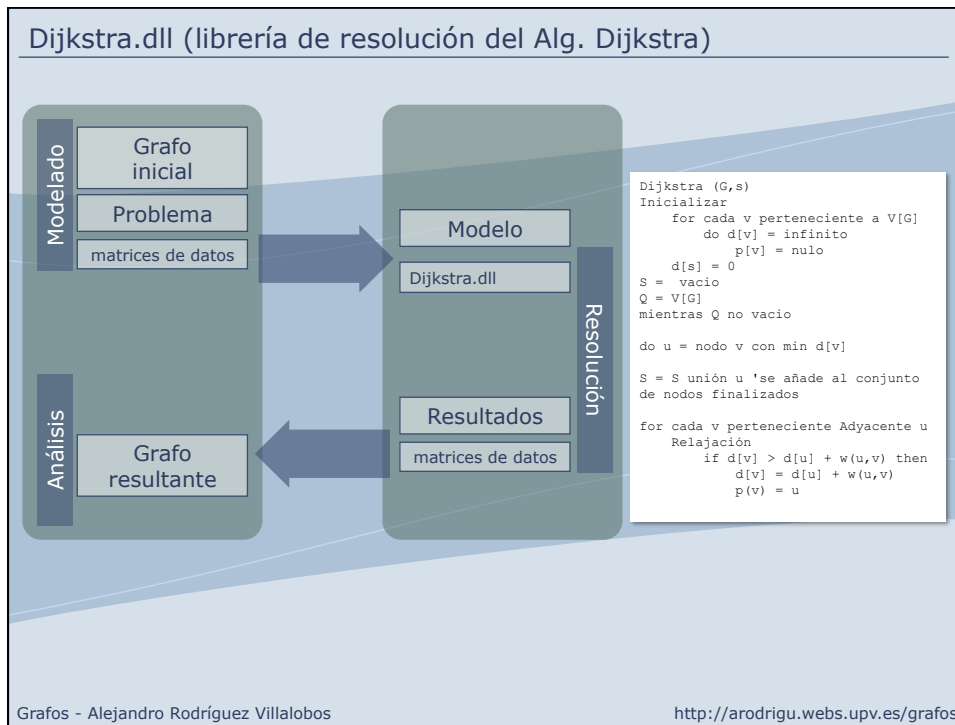


```

57 Public Structure Arco
58     'Dim Texto As String 'etiqueta
59     'Dim Min As Single 'valor de mínimo
60     'Dim Max As Single 'valor de máximo
61     Dim Coste As Single 'valor de coste
62
63     Dim EnRuta As Boolean
64     'Dim Col As Color 'color del arco
65     'Dim Grosor As Single 'trazo del arco
66     Dim Nd1 As Integer 'nodo origen
67     Dim Nd2 As Integer 'nodo destino
68     Dim Camino As Boolean
69     'Dim B As Boolean 'doble flecha si o no
70 End Structure
71
72 'Declara la estructura del objeto Nodo
73 Public Structure Nodo
74     Dim Texto As String 'etiqueta
75
76     Dim EnArco As Long
77     Dim Estatus As Integer
78     Dim Distancia As Single
79
80     'Dim Valor As Single 'valor del nodo
81     'Dim X As Single 'coordenadas
82     'Dim Y As Single
83     'Dim Z As Single
84     'Dim Col As Color 'color de relleno del nodo
85     'Dim Radio As Single 'radio del nodo
86     'Dim Grosor As Single 'trazo del nodo
87 End Structure
    
```

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>



Dijkstra.dll (código fuente)

```

407 Sub CaminoMaximo(ByVal NdInicial As Integer)
408 Dim Candidatos As New Collection()
409 Dim Indice As Integer
410 Dim MejorNd As Integer
411 Dim MejorDist As Single
412 Dim NuevaDist As Single
413 Dim Nd As Integer
414 Dim ANodo As Integer
415 Dim Arc As Integer
416
417 'Resetea el camino mínimo
418 ResetCamino()
419
420 'Comienza el algoritmo poniendo el nodo de inicio en los candidatos
421 Candidatos.Add(NdInicial)
422
423 'El proceso termina cuando la lista de candidatos está vacía
424 Do While Candidatos.Count > 0
425   'Busca el nodo de la colección con mayor distancia total
426   'Ese será marcado como mejor nodo
427   MejorDist = cMinimo
428   For Indice = 1 To Candidatos.Count
429     NuevaDist = Nodos(Candidatos(Indice)).Distancia
430     If NuevaDist >= MejorDist Then
431       MejorDist = NuevaDist
432       MejorNd = Indice
433     End If
434   Next
435   'toma ese nodo como referencia
436   Nd = Candidatos(MejorNd)
437   'antes de quitarlo de la colección
438   Candidatos.Remove(MejorNd)
439   'y de marcarlo como procesado
440   Nodos(Nd).Estatus = cProcesado
441   Nodos(Nd).Distancia = cProcesado
442 End Do
443 
```

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos http://arodrigu.webs.upv.es/grafos

Dijkstra.dll (código fuente)

```

441      'Rastrea todos los arcos
442      For Arc = 0 To UBound(Arcos)
443          'en busca de arcos de origen el nodo actual
444          If Arcos(Arc).Nd1 = Nd Then
445              'y que no sea un arco sobre el mismo nodo
446              If Arcos(Arc).Nd2 <> Nd Then
447                  'toma el nodo de destino
448                  ANodo = Arcos(Arc).Nd2
449
450                  If Nodos(ANodo).Estatus = cSinEstatus Then
451                      Candidatos.Add(ANodo)
452
453                      Nodos(ANodo).Estatus = cCandidato
454                      Nodos(ANodo).Distancia = MejorDist + Arcos(Arc).Coste
455                      Nodos(ANodo).EnArco = Arc
456                  ElseIf Nodos(ANodo).Estatus = cCandidato Then
457                      NuevaDist = MejorDist + Arcos(Arc).Coste
458
459                      If NuevaDist >= Nodos(ANodo).Distancia Then
460                          Nodos(ANodo).Distancia = NuevaDist
461                          Nodos(ANodo).EnArco = Arc
462                      End If
463                  End If
464              End If
465          End If
466      Next Arc
467  Loop
468  'subraya los arcos de la solución
469  Dim i As Long
470  For i = 0 To UBound(Nodos)
471      If Not (Nodos(i).EnArco = -1) Then Arcos(Nodos(i).EnArco).EnRuta = True
472  Next i
473  End Sub
    
```

Sólo con unas 50 líneas!

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Otros problemas de rutas

- Ruta para un conjunto de puntos**
- Problema del viajante de comercio (TSP)
- Problema del cartero chino (CPP)
- Preparación de pedidos (picking)




Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Otros problemas de rutas



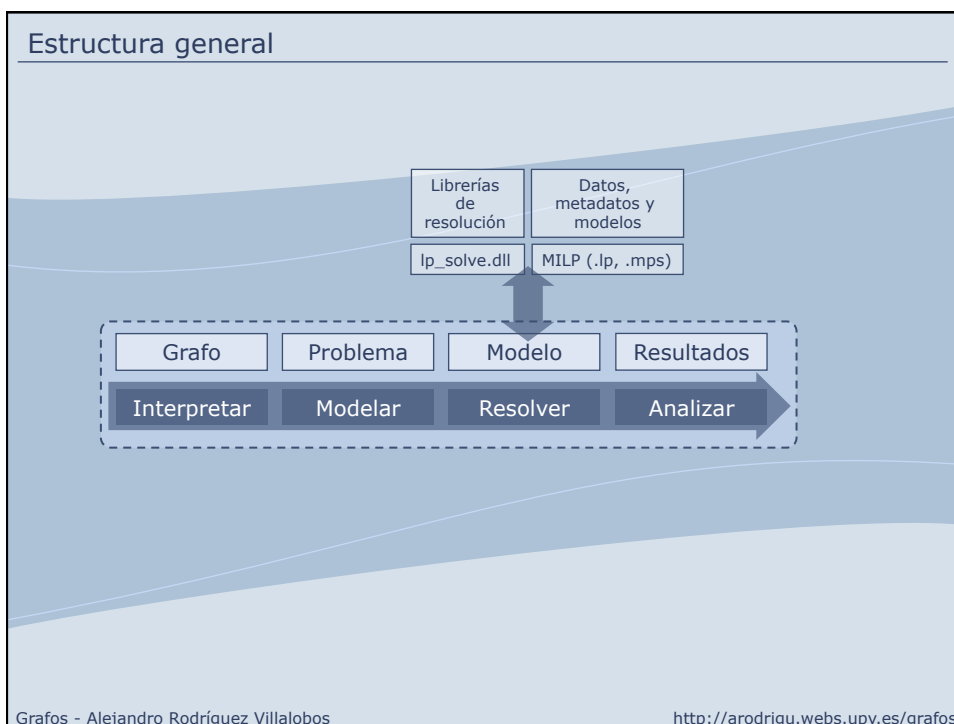
Rutas para flota de vehículos

- Capacidad de vehículos (CVRP)
- Demanda de clientes
- Ventanas horarias (TWRP)
- Recogida y entrega
- Distancia máxima limitada
- Origen múltiple

- ✓ Distancia total mínima
- ✓ Coste mínimo (CF+CV)
- ✓ Menor número de vehículos
- ✓ Rutas equilibradas

- ✓ Menor número de conductores
- ✓ Menor tiempo posible
- ✓ otras...

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>



Solver (lp_solve) http://groups.yahoo.com/group/lp_solve/

lp_solve es un solver de programación lineal entera mixta libre (LGPL - GNU lesser general public license). **lp_solve.dll**

Resuelve modelos de programación lineal (mixta) puros, con variables enteras/binarias, conjuntos semicontinuos y *special ordered sets* (SOS).

No tiene límite en el tamaño de los modelos y acepta formatos **.lp .mps**.

Se puede usar la librería del solver desde lenguajes de programación: C, VB, .NET, Delphi, Excel, Java, ...

Escrito en C puede ser compilado para distintas plataformas como Linux y Windows. También se puede encontrar LUSOL, un sistema avanzado de factorización LU y resolución de ecuaciones integrado en lp_solve v5 en el paquete bfp.

En el grupo se puede encontrar **código fuente, ejemplos y manuales**.

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Solver (lp_solve) http://groups.yahoo.com/group/lp_solve/

```

Imports Grafos.lpsolve55

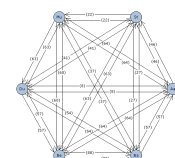
lp1 = lpsolve.read_LP (Fichero.lp)
optimo = lpsolve.solve (lp1)
  
```

```

/* PROBLEMA DEL VIAJANTE DE COMERCIO TSP6 */
/* Objective function */
min: +57 x_1_0 +64 x_2_0 +8 x_3_0 +64 x_4_0 +46 x_5_0 +57 x_0_1
+88 x_2_1 +54 x_3_1 +37 x_4_1 +27 x_5_1 +64 x_0_2 +88 x_1_2 +57
x_3_2 +60 x_4_2 +63 x_5_2 +8 x_0_3 +54 x_1_3 +57 x_2_3 +63 x_4_3
+41 x_5_3 +64 x_0_4 +37 x_1_4 +60 x_2_4 +63 x_3_4 +22 x_5_4 +46
x_0_5 +27 x_1_5 +63 x_2_5 +41 x_3_5 +22 x_4_5;

/* Constraints */
r1: +x_1_0 +x_2_0 +x_3_0 +x_4_0 +x_5_0 = 1;
r2: +x_0_1 +x_0_2 +x_0_3 +x_0_4 +x_0_5 = 1;
r3: +x_0_1 +x_2_1 +x_3_1 +x_4_1 +x_5_1 = 1;
r4: +x_1_0 +x_1_2 +x_1_3 +x_1_4 +x_1_5 = 1;
r5: +x_0_2 +x_1_2 +x_2_2 +x_3_2 +x_4_2 +x_5_2 = 1;
r6: +x_2_0 +x_2_1 +x_2_3 +x_2_4 +x_2_5 = 1;
r7: +x_0_3 +x_1_3 +x_2_3 +x_3_3 +x_4_3 +x_5_3 = 1;
r8: +x_3_0 +x_3_1 +x_3_2 +x_3_4 +x_3_5 = 1;
r9: +x_0_4 +x_1_4 +x_2_4 +x_3_4 +x_4_4 = 1;
r10: +x_4_0 +x_4_1 +x_4_2 +x_4_3 +x_4_5 = 1;
r11: +x_0_5 +x_1_5 +x_2_5 +x_3_5 +x_4_5 = 1;
r12: +x_5_0 +x_5_1 +x_5_2 +x_5_3 +x_5_4 = 1;
r13: +x_1_0 +x_1_1 +x_1_2 +x_1_3 +x_1_4 +x_1_5 = 1;
r14: +x_2_1 +x_2_2 +x_2_3 +x_2_4 +x_2_5 = 1;
r15: +x_3_1 +x_3_2 +x_3_3 +x_3_4 +x_3_5 = 1;
r16: +x_4_1 +x_4_2 +x_4_3 +x_4_4 +x_4_5 = 1;
r17: +x_5_1 +x_5_2 +x_5_3 +x_5_4 +x_5_5 = 1;
r18: +x_0_1 +x_0_2 +x_0_3 +x_0_4 +x_0_5 = 1;
r19: +x_1_0 +x_1_1 +x_1_2 +x_1_3 +x_1_4 +x_1_5 = 1;
r20: +x_2_0 +x_2_1 +x_2_2 +x_2_3 +x_2_4 +x_2_5 = 1;
r21: +x_3_0 +x_3_1 +x_3_2 +x_3_3 +x_3_4 +x_3_5 = 1;
r22: +x_4_0 +x_4_1 +x_4_2 +x_4_3 +x_4_4 +x_4_5 = 1;
r23: +x_5_0 +x_5_1 +x_5_2 +x_5_3 +x_5_4 +x_5_5 = 1;
r24: +x_0_1 +x_0_2 +x_0_3 +x_0_4 +x_0_5 = 1;
r25: +x_1_0 +x_1_1 +x_1_2 +x_1_3 +x_1_4 +x_1_5 = 1;
r26: +x_2_0 +x_2_1 +x_2_2 +x_2_3 +x_2_4 +x_2_5 = 1;
r27: +x_3_0 +x_3_1 +x_3_2 +x_3_3 +x_3_4 +x_3_5 = 1;
r28: +x_4_0 +x_4_1 +x_4_2 +x_4_3 +x_4_4 +x_4_5 = 1;
r29: +x_5_0 +x_5_1 +x_5_2 +x_5_3 +x_5_4 +x_5_5 = 1;

/* Integer definitions */
int
x_1_0,x_2_0,x_3_0,x_4_0,x_5_0,x_0_1,x_2_1,x_3_1,x_4_1,x_5_1,x_0_2,
x_1_2,x_2_2,x_3_2,x_4_2,x_5_2,x_0_3,x_1_3,x_2_3,x_3_3,x_4_3,x_5_3,x_0_4,x_1_4,
x_2_4,x_3_4,x_4_4,x_5_4,x_0_5,x_1_5,x_2_5,x_3_5,x_4_5,x_5_5;
  
```

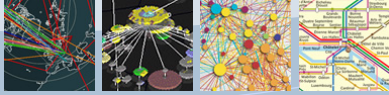


Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Otro software y sitios de interés

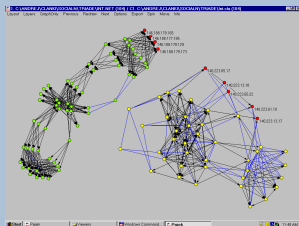
visualcomplexity

<http://www.visualcomplexity.com/vc/>



En internet existen multitud de sitios de interés sobre teoría, análisis y dibujo de grafos.

Librerías de programación
Software libre
Documentación
Ejemplos
Algoritmos
Problemas resueltos



Networks / Pajek Program for Large Network Analysis
<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/Pajek/>

GDToolkit

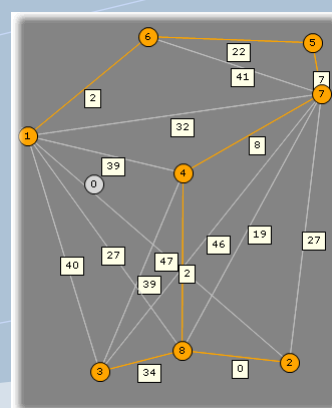
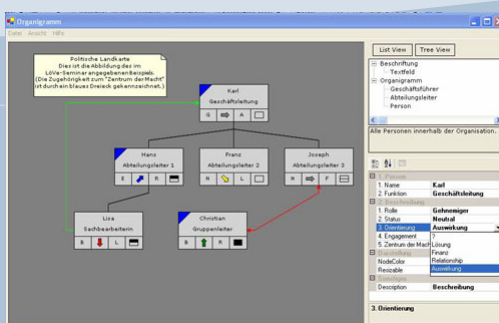
Graph Drawing Toolkit
<http://www.dia.uniroma3.it/~gdt/>

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Netron Project: missing and 'reloaded'

The Netron Project



<http://netron.sourceforge.net/>
Técnicas y recursos de programación avanzados para VS2005.

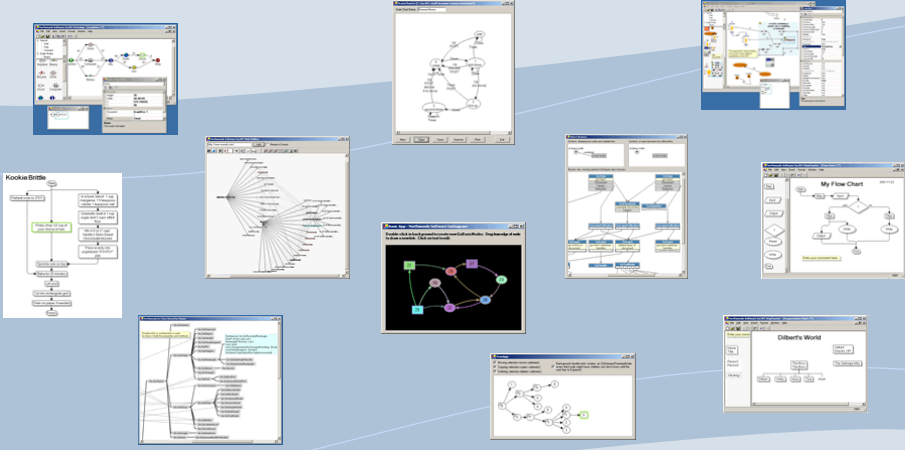
Pequeños programas de ejemplo que se pueden personalizar y extender.

<http://sourceforge.net/projects/netron-reloaded>

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Go Diagram <http://www.northwoods.com/GO/>

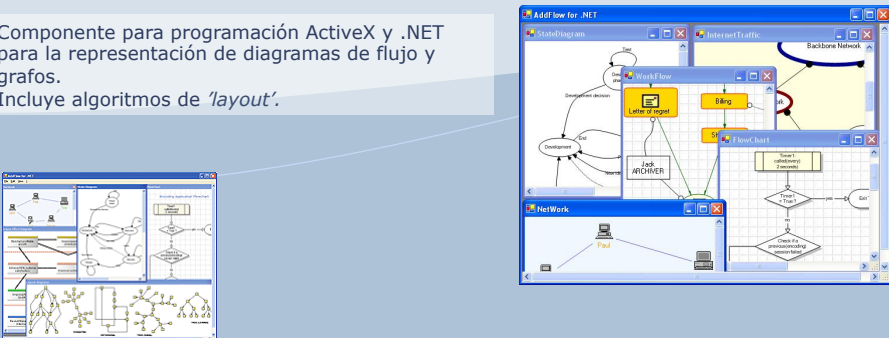


Conjunto de librerías de programación y ejemplos de código fuente para Java, .NET, Web.
Incluye funciones avanzadas como los 'instruments' y algoritmos de 'AutoLayout'.

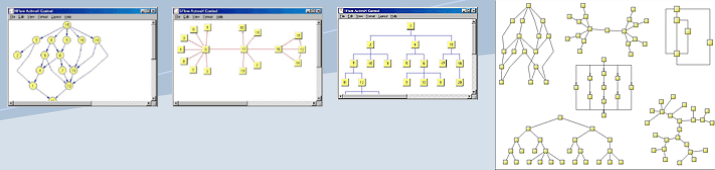
Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

AddFlow Suite for .NET <http://www.lassalle.com>

Componente para programación ActiveX y .NET para la representación de diagramas de flujo y grafos.
Incluye algoritmos de 'layout'.



LayoutFlow



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

yEd - Java™ Graph Editor <http://www.yworks.com/>

yEd es un editor de grafos muy potente, desarrollado enteramente en Java.
Se puede descargar sin restricciones de funcionalidad y gratuitamente.

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

yEd - Java™ Graph Editor <http://www.yworks.com/>

Puede ser usado para construir y organizar grafos de forma automática para un amplio rango de tipos de grafo.

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Futuro

El proyecto **Grafos** sigue en activo...



Más algoritmos de análisis...
Algoritmo de Busacker-Gowen (flujo máx. a mín. coste)
Localización

Mejoras en los algoritmos de dibujado
Mejoras en la edición gráfica del nodo
Mayor personalización del grafo


Evaluación de componente gráfico

Otros proyectos derivados:

Rutas | software
Almacén visual y gestión de picking

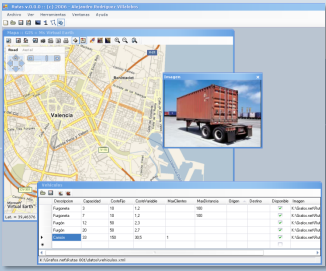
Interoperabilidad OS X, GNU/Linux
mono-project.com



Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos
<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Rutas – Cálculo de rutas y gestión de flotas

<http://personales.upv.es/arodrigu/rutas/>



Entlace con datos GIS
VRP-XML

- HC (Hamiltonian Cycle)
- HP (Hamiltonian Path)
- TSP (viajante de comercio)
- M-TSP (m-viajantes de comercio)
- Asignación (Vehículos-Clientes)
- CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem)
 - restricción máx. núm.de clientes
 - restricción máx. distancia
 - otras extensiones al problema
- OCVRP (Open CVRP)
- DVRP (Distance Vehicle Routing Problem)
- DCVRP (Distance-Constrained VRP)
- TWVRP (Time-Windowed)

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos
<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Futuro (interoperabilidad)

Grafos en GNU/Linux!

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

Futuro (interoperabilidad)

Grafos en OS X (Apple)!


Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

¿Puedo colaborar con el proyecto?

¡Por supuesto!


Estás invitado a:

- Proponer mejoras y nuevas ideas
- Conocer y colaborar con el código fuente
- Publicar ejemplos y casos prácticos en la web
- Compartir experiencias docentes y profesionales
- Difundir nuevos proyectos derivados o similares



Contactar:
arodriguez@doe.upv.es

Grafos - Alejandro Rodríguez Villalobos <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>



Alejandro Rodríguez Villalobos

Departamento de Organización de Empresas
Escuela Politécnica Superior de Alcoy
Universidad Politécnica de Valencia

