



ALGORITMOS DE BÚSQUEDA MULTIARRANQUE

Ihar Myshkevich



Universidad
de Huelva

Contenido

Introducción..... 2

Resultados..... 2

 VNS..... 2

 GRASP..... 2

 ILS..... 2

Comparación de resultados 3

Comparación con algoritmos basados en entornos y trayectorias 4

Conclusiones 4

Introducción

En este documento se estudia de la implementación de algoritmos de búsqueda multiarranque. En concreto se estudiará la implementación de GRASP, ILS y VNS.

Para su correcto estudio, no se estudiarán sus ejecuciones sino su funcionamiento interno. Esto es debido a que los resultados sen bastante constantes entre sus ejecuciones.

Resultados

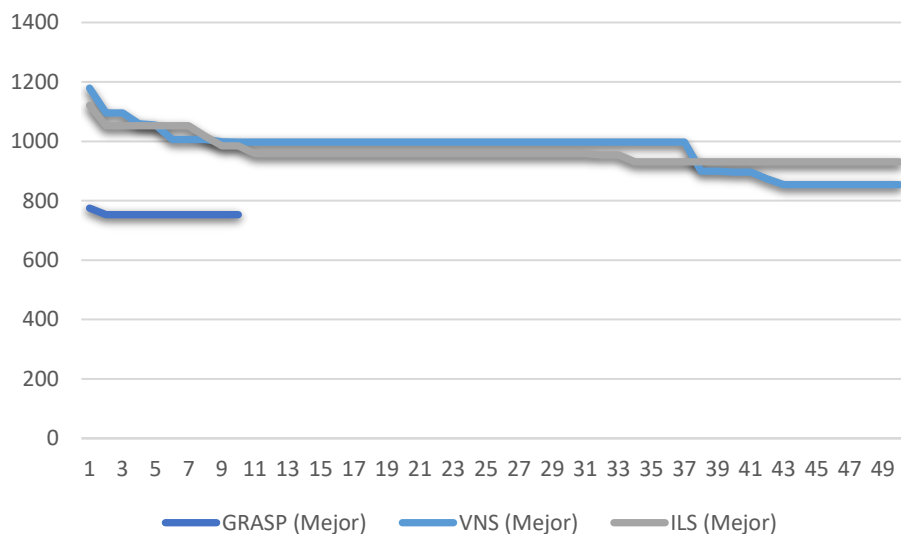
	Sx70					Ch130					A280				
	S. ini	S. opt	Mej. S.	#Ev	T(seg)	S. ini	S. opt	Mej. S.	#Ev	T(seg)	S. ini	S. opt	Mej. S.	#Ev	T(seg)
k.1	3475.0	1179.0	1179.0	112001	0.3	43026.0	22848.0	22848.0	208001	0.57	35081.0	27442.0	27442.0	448001	1.4
k.2	1328.0	1096.0	1096.0	50716	0.13	26472.0	18135.0	18135.0	208001	0.6	28516.0	22701.0	22701.0	448001	1.29
k.3	1380.0	1097.0	1096.0	16306	0.04	19495.0	15543.0	15543.0	208001	0.6	25251.0	21087.0	21087.0	448001	1.3
k.4	1531.0	1059.0	1059.0	43471	0.11	17708.0	13245.0	13245.0	208001	0.59	22340.0	18820.0	18820.0	448001	1.29
k.5	1245.0	1054.0	1054.0	14491	0.04	16437.0	12786.0	12786.0	208001	0.57	19824.0	17156.0	17156.0	448001	1.31
k.6	1431.0	1006.0	1006.0	36228	0.09	15685.0	11876.0	11876.0	208001	0.65	19708.0	16312.0	16312.0	448001	1.32
k.7	1817.0	1009.0	1006.0	19321	0.05	15399.0	11510.0	11510.0	208001	0.54	17055.0	15072.0	15072.0	448001	1.24
k.8	1258.0	1006.0	1006.0	26566	0.07	14043.0	10395.0	10395.0	208001	0.55	16355.0	14217.0	14217.0	448001	1.3
k.9	1253.0	999.0	999.0	31396	0.09	13517.0	10546.0	10546.0	208001	0.53	16798.0	13886.0	13886.0	448001	1.29
k.10	1323.0	997.0	997.0	24151	0.07	13463.0	9979.0	9979.0	208001	0.57	16405.0	13433.0	13433.0	448001	1.3
k.11	1284.0	997.0	997.0	31396	0.08	13506.0	9862.0	9862.0	208001	0.56	16119.0	13645.0	13433.0	448001	1.26
k.12	1262.0	997.0	997.0	26566	0.07	12595.0	9679.0	9679.0	208001	0.56	14185.0	13161.0	13161.0	448001	1.25
k.13	1189.0	1056.0	997.0	14491	0.04	9679.0	9623.0	9623.0	41926	0.11	15474.0	13057.0	13057.0	448001	1.28
k.14	1359.0	1036.0	997.0	24151	0.06	11294.0	9748.0	9623.0	176066	0.47	15038.0	13191.0	13057.0	448001	1.34
k.15	1786.0	1046.0	997.0	41056	0.11	12382.0	10125.0	9623.0	208001	0.55	16319.0	13305.0	13057.0	448001	1.28
k.16	1240.0	1091.0	997.0	14491	0.05	15347.0	10819.0	9623.0	208001	0.54	16262.0	13236.0	13057.0	448001	1.34
k.17	1284.0	1115.0	997.0	19321	0.05	16914.0	12742.0	9623.0	208001	0.54	13346.0	12371.0	12371.0	448001	1.23
k.18	1531.0	1110.0	997.0	31396	0.08	17214.0	12545.0	9623.0	208001	0.59	14311.0	12259.0	12259.0	448001	1.27
k.19	1568.0	1108.0	997.0	26566	0.1	13281.0	11831.0	9623.0	208001	0.57	14074.0	12471.0	12259.0	448001	1.24
k.20	1749.0	1085.0	997.0	57361	0.15	16777.0	11832.0	9623.0	208001	0.54	15963.0	13014.0	12259.0	448001	1.25
k.21	1255.0	1085.0	997.0	28981	0.08	15352.0	11811.0	9623.0	208001	0.53	15677.0	13036.0	12259.0	448001	1.35
k.22	1342.0	1112.0	997.0	16906	0.05	11811.0	11737.0	9623.0	75466	0.2	16331.0	13308.0	12259.0	448001	1.22
k.23	1367.0	1187.0	997.0	14491	0.04	11874.0	11737.0	9623.0	25156	0.07	17902.0	14179.0	12259.0	448001	1.33
k.24	1738.0	1061.0	997.0	57361	0.16	15360.0	11495.0	9623.0	192856	0.52	15664.0	13705.0	12259.0	448001	1.33
k.25	1976.0	1076.0	997.0	55546	0.15	14084.0	11667.0	9623.0	150931	0.45	16573.0	13506.0	12259.0	448001	1.36
k.26	1227.0	1112.0	997.0	21736	0.05	16867.0	11732.0	9623.0	208001	0.55	14704.0	12911.0	12259.0	448001	1.47
k.27	1336.0	1112.0	997.0	24151	0.06	17684.0	11481.0	9623.0	208001	0.56	12911.0	12093.0	12093.0	448001	1.38
k.28	1180.0	1112.0	997.0	9661	0.03	19750.0	12189.0	9623.0	208001	0.53	14768.0	12304.0	12093.0	448001	1.32
k.29	1501.0	1114.0	997.0	45886	0.12	15144.0	12227.0	9623.0	208001	0.56	15880.0	12280.0	12093.0	448001	1.24
k.30	1636.0	1144.0	997.0	48301	0.12	13336.0	12099.0	9623.0	208001	0.54	15064.0	12369.0	12093.0	448001	1.26
k.31	1308.0	1129.0	997.0	16306	0.05	16049.0	11788.0	9623.0	153316	0.45	15334.0	12581.0	12093.0	448001	1.28
k.32	1473.0	1124.0	997.0	48301	0.13	16717.0	11823.0	9623.0	208001	0.57	17851.0	13819.0	12093.0	448001	1.44
k.33	1496.0	1063.0	997.0	24151	0.06	18539.0	12183.0	9623.0	208001	0.57	15222.0	12847.0	12093.0	448001	1.35
k.34	1506.0	1061.0	997.0	31396	0.08	15474.0	12045.0	9623.0	208001	0.53	15050.0	12360.0	12093.0	448001	1.23
k.35	1449.0	1069.0	997.0	43471	0.11	15657.0	12256.0	9623.0	208001	0.55	12908.0	11626.0	11626.0	448001	1.24
k.36	1219.0	1034.0	997.0	31396	0.1	18242.0	11453.0	9623.0	208001	0.57	14683.0	12087.0	11626.0	448001	1.2
k.37	1034.0	1034.0	997.0	2416	0.01	12220.0	11060.0	9623.0	208001	0.54	15373.0	12441.0	11626.0	448001	1.27
k.38	1372.0	899.0	899.0	65206	0.19	17982.0	11136.0	9623.0	208001	0.61	15000.0	12871.0	11626.0	448001	1.29
k.39	1101.0	920.0	899.0	26566	0.09	15110.0	10658.0	9623.0	208001	0.54	16246.0	13274.0	11626.0	448001	1.26
k.40	1126.0	896.0	896.0	24151	0.06	14557.0	10612.0	9623.0	208001	0.56	18453.0	15005.0	11626.0	448001	1.31
k.41	1070.0	921.0	896.0	21736	0.06	13834.0	10429.0	9623.0	208001	0.61	16893.0	14268.0	11626.0	448001	1.49
k.42	1173.0	873.0	873.0	16906	0.04	12257.0	10172.0	9623.0	208001	0.54	16942.0	13806.0	11626.0	448001	1.43
k.43	969.0	854.0	854.0	16906	0.05	14944.0	11407.0	9623.0	208001	0.56	17976.0	14181.0	11626.0	448001	1.26
k.44	983.0	930.0	854.0	16906	0.05	13294.0	10239.0	9623.0	208001	0.57	17514.0	14384.0	11626.0	448001	1.31
k.45	930.0	930.0	854.0	2416	0.01	16086.0	9965.0	9623.0	208001	0.59	18494.0	14478.0	11626.0	448001	1.26
k.46	1345.0	999.0	854.0	26566	0.08	11056.0	9517.0	192856	0.49	16364.0	13607.0	11626.0	448001	1.28	
k.47	1279.0	1051.0	854.0	43471	0.12	11781.0	9594.0	9517.0	192856	0.54	16219.0	12936.0	11626.0	448001	1.25
k.48	1235.0	1050.0	854.0	9661	0.02	14342.0	9769.0	9517.0	208001	0.55	15294.0	12806.0	11626.0	448001	1.29
k.49	1247.0	1050.0	854.0	21736	0.06	13231.0	9644.0	9517.0	208001	0.54	16656.0	13753.0	11626.0	448001	1.22
k.50	1254.0	1068.0	854.0	16906	0.04	16906.0	9800.0	9517.0	208001	0.59	18611.0	13917.0	11626.0	448001	1.25
Media	1370.0	1044.26	974.24	23868.6	0.08	15813.08	11598.8	10441.78	194709.8	0.53	17019.42	14128.68	13288.2	448001.0	1.3
Des. tp.	361.83	77.41	71.82	18855.48	0.05	4903.53	2229.71	2405.18	38661.79	0.11	3801.47	2847.32	3113.96	0.0	0.06
Sum	-	-	-	1493430	4.05	-	-	-	9735490	26.38	-	-	-	22400050	64.95

ILS

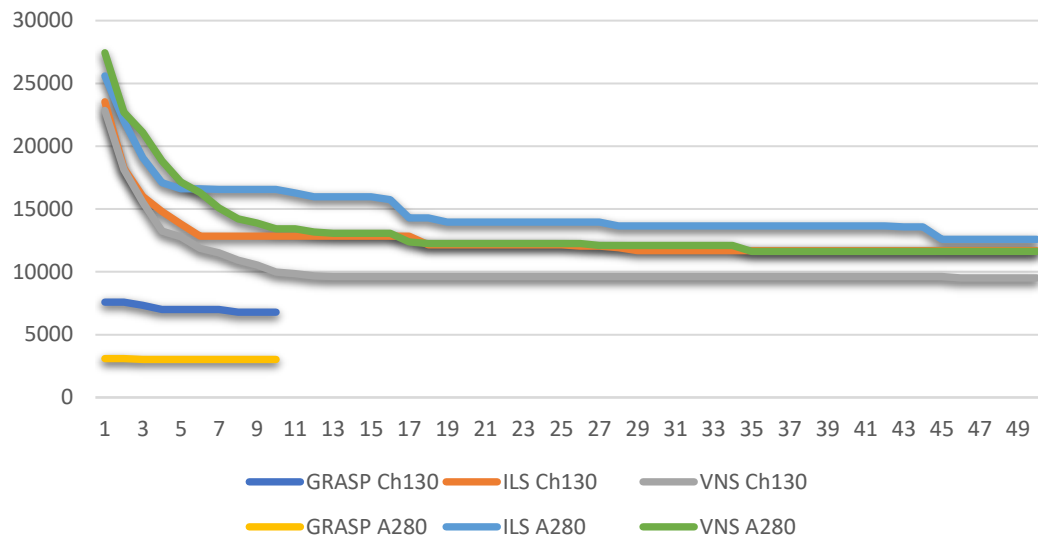
	Sx70					Ch130					A280				
	S. ini	S. opt	Mej. S.	#Ev	T(seg)	S. ini	S. opt	Mej. S.	#Ev	T(seg)	S. ini	S. opt	Mej. S.	#Ev	T(seg)
k.1	3638.0	1121.0	1121.0	112001	0.3	43666.0	23538.0	23538.0	208001	0.54	32548.0	25596.0	25596.0	448001	1.26
k.2	1144.0	1052.0	1052.0	41056	0.1	29057.0	18238.0	18238.0	208001	0.49	26488.0	22004.0	22004.0	448001	1.11
k.3	1064.0	1052.0	1052.0	4831	0.01	24771.0	15996.0	15996.0	208001	0.55	22093.0	19085.0	19085.0	448001	1.18
k.4	1702.0	1164.0	1052.0	50716	0.13	23311.0	14812.0	14812.0	208001	0.5	20741.0	17096.0	17096.0	448001	1.14
k.5	2095.0	1208.0	1052.0	33811	0.08	20771.0	13811.0	13811.0	208001	0.49	20561.0	16605.0	16605.0	448001	1.19
k.6	2152.0	1246.0	1052.0	53131	0.13	13830.0	12846.0	12846.0	208001	0.54	21146.0	16791.0	16605.0	448001	1.2
k.7	1246.0	1246.0	1052.0	2416	0.01	20118.0	13576.0	12846.0	208001	0.5	20681.0	16560.0	16560.0	448001	1.12
k.8	1977.0	1017.0	1017.0	111091	0.28	21453.0	13799.0	12846.0	208001	0.5	20840.0	16856.0	16560.0	448001	1.14
k.9	1656.0	984.0	984.0	57961	0.13	26056.0	13983.0	12846.0	208001	0.49	20966.0	17135.0	16560.0	448001	1.16
k.10	1512.0	1011.0	984.0	43471	0.1	20922.0	13398.0	12846.0	208001	0.51	21669.0	16966.0	16560.0	448001	1.13
k.11	1396.0	959.0	959.0	48301	0.12	22529.0	13847.0	12846.0	208001	0.66	19986.0	16282.0	16282.0	448001	1.16
k.12	1557.0	1012.0	959.0	50716	0.13	21418.0	13951.0	12846.0	208001	0.54	22029.0	15975.0	15975.0	448001	1.14
k.13	1827.0	1038.0	959.0	45886	0.11	22571.0	14504.0	12846.0	208001	0.49	21371.0	16786.0	15975.0	448001	1.15
k.14	1760.0	1007.0	959.0	111091	0.27	22744.0	15283.0	12846.0	208001	0.49	20567.0	16717.0	15975.0	448001	1.17
k.15	1404.0	1033.0	959.0	38641	0.09	22281.0	14944.0	12846.0	208001	0.49	18962.0	15975.0	15975.0	448001	1.16
k.16	1602.0	1068.0	959.0	41056	0.1	22105.0	13736.0	12846.0	208001	0.49	19044.0	15735.0	15735.0	448001	1.24
k.17	1526.0	1075.0	959.0	43471	0.1	20204.0	13395.0	12846.0	208001	0.5	15735.0	14232.0	14232.0	448001	1.14
k.18	1650.0	1057.0	959.0	72451	0.17	19887.0	12411.0	12411.0	208001	0.53	19705.0	14989.0	14232.0	448001	1.21
k.19	1505.0	1103.0	959.0	38641	0.15	19511.0	12763.0	12411.0	208001	0.49	16144.0	13971.0	13971.0	448001	1.18
k.20	1844.0	1109.0	959.0	55546	0.18	19181.0	13128.0	12411.0	208001	0.5	18319.0	14549.0	13971.0	448001	1.15
k.21	1427.0	1173.0	959.0	31396	0.1	18873.0	13542.0	12411.0	208001	0.49	16990.0	14560.0	13971.0	448001	1.18
k.22	1846.0	1175.0	959.0	60376	0.16	22730.0	14326.0	12411.0	208001	0.51	18319.0	14867.0	13971.0	448001	1.1
k.23	1542.0	1172.0	959.0	31396	0.08	19964.0	12884.0	12411.0	208001	0.5	19328.0	14533.0	13971.0	448001	1.25
k.24	1860.0	1104.0	959.0	53131	0.13	14028.0	12309.0	12411.0	208001	0.5	19017.0	14877.0	13971.0	448001	1.17
k.25	1823.0	1007.0	959.0	94186	0.25	22054.0	12870.0	12411.0	208001	0.53	19889.0	15646.0	13971.0	448001	1.15
k.26	1532.0	1002.0	959.0	41056	0.11	14094.0	12046.0	12046.0	208001	0.5	18893.0	15239.0	13971.0	448001	1.22
k.27	1369.0	969.0	959.0	3811	0.08	22032.0	12465.0	12046.0	208001	0.5	15598.0	13959.0	13959.0	448001	1.14
k.28	1246.0	984.0	959.0	36228	0.05	20587.0	11931.0	12046.0	208001	0.5	13939.0	13939.0	13939.0	448001	1.18
k.29	1771.0	1123.0	959.0	413471	0.11	18341.0	11889.0	12046.0	208001	0.54	1784.0	14045.0	13663.0	448001	1.19
k.30	1216.0	1118.0	959.0	7246	0.02	19033.0	12297.0	11889.0	208001	0.5	16128.0	14435.0	13663.0	448001	1.2
k.31	1537.0	1019.0	959.0	31396	0.08	18658.0	12846.0	11889.0	208001	0.53	17060.0	14008.0	13663.0	448001	1.11
k.32	1558.0	954.0	954.0	31396	0.08	16339.0	13271.0	11889.0	208001	0.5	18353.0	14285.0	13663.0	448001	1.2
k.33	1307.0	1102.0	954.0	26566	0.07	20479.0	13374.0	11889.0	208001	0.49	16774.0	14768.0	13663.0	448001	1.26
k.34	1454.0	1311.0	931.0	48301	0.12	17747.0	12994.0	11889.0	208001	0.49	18216.0	15210.0	13663.0	448001	1.14
k.35	1412.0	998.0	931.0	31396	0.08	14593.0	12763.0	11889.0	208001	0.49	19434.0	15562.0	13663.0	448001	1.26
k.36	1512.0	1078.0	931.0	33811	0.09	19082.0	13079.0	11889.0	208001	0.5	19089.0	15588.0	13663.0	448001	1.3
k.37	1078.0	1078.0	931.0	2416	0.01	20270.0	13588.0	11889.0	208001	0.49	16722.0	14345.0	13663.0	448001	1.19
k.38	1504.0	1092.0	931.0	31396	0.08	20498.0	13398.0	11889.0	208001	0.5	18153.0	14631.0	13663.0	448001	1.19
k.39	1704.0	1136.0	931.0	55546	0.14	20023.0	14850.0	11889.0	208001	0.49	19557.0	15501.0	13663.0	448001	1.46
k.40	1656.0	1065.0	931.0	36226	0.1	19538.0	14027.0	11889.0	208001	0.58	19359.0	15704.0	13663.0	448001	1.27
k.41	1642.0	1096.0	931.0	50716	0.13	22054.0	14241.0	11889.0	208001	0.54	18841.0	15165.0	13663.0	448001	1.31
k.42	1632.0	1067.0	931.0	45886	0.12	21273.0	14111.0	11889.0	208001	0.49	16524.0	13984.0	13663.0	448001	1.3
k.43	1753.0	1165.0	931.0	33811	0.1	18804.0	13197.0	11889.0	208001	0.49	16831.0	13581.0	13581.0	448001	1.24
k.44	1737.0	1181.0	931.0	36226	0.09	18474.0	12553.0	11889.0	208001	0.53	16563.0	13798.0	13581.0	448001	1.27
k.45	1413.0	1145.0	931.0	16906	0.04	20365.0	13105.0	11889.0	208001	0.5	17398.0	12588.0	12588.0	448001	1.26
k.46	1644.0	1118.0	931.0	28981	0.07	20519.0	13675.0	11889.0	208001	0.49	18216.0	14090.0	12588.0	448001	1.22
k.47	1591.0	1164.0	931.0	33811	0.09	21172.0	14737.0	11889.0	208001	0.49	17838.0	14390.0	12588.0	448001	1.32
k.48	1822.0	1157.0	931.0	48301	0.12	21093.0	14370.0	11889.0	208001	0.49	18322.0	14177.0	12588.0	448001	1.34
k.49	1611.0	1190.0	931.0	36226	0.11	22808.0	14136.0	11889.0	208001	0.5	17693.0	14097.0	12588.0	448001	1.38
k.50	1413.0	1179.0	931.0	26566	0.07	20269.0	13425.0	11889.0	208001	0.55	18308.0	14155.0	12588.0	448001	1.34
Media	1619.3	1065.3	965.84	43489.2	0.11	20940.76	13807.2	12616.88	208001.0	0.51	19130.8	15504.58	14821.86	448001.0	1.21
Des. typ.	374.92	78.29	43.75	23795.6	0.06	4279.47	1798.72	1974.6	0.0	0.03	2805.87	2139.1	2381.92	0.0	0.09
Sum	-	-	-	2174460	5.61	-	-	-	10400050	25.5	-	-	-	22400050	60.69

Comparación de resultados

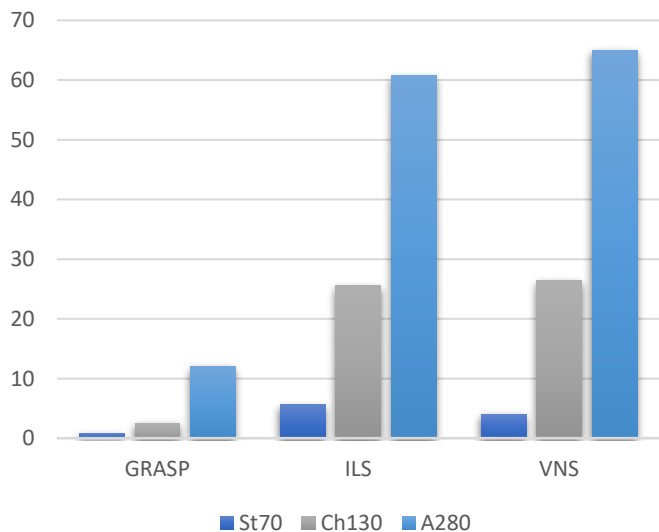
Evolución del mejor coste St70



Evolución del mejor coste Ch130 y A280



Tiempo de ejecución



Con estas gráficas podemos observar que el algoritmo que más rápido consigue la mejor solución es **GRASP**.

Esto es debido a que este algoritmo, en cada iteración, parte de una buena solución generada por un algoritmo **Greedy probabilístico** y la optimiza.

Mientras que los otros algoritmos parten de una solución aleatoria con un mal coste y no consiguen optimizar esta para llegar a los mínimos, debido al límite de evaluaciones establecido.

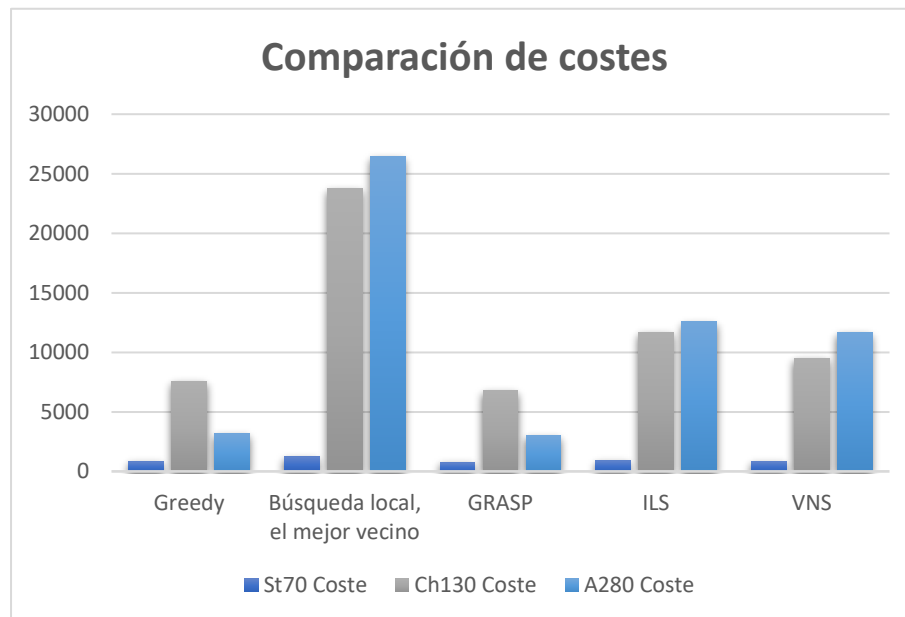
Además, si observamos los tiempos de ejecución, se observa que el algoritmo que menos tiempo tarda en la ejecución es **GRASP** debido a que este es capaz de conseguir una buena ejecución en pocas iteraciones.

En cambio, **VNS** es el algoritmo que más tarda debido a que este debe calcular el tamaño de la solución a mutar en cada iteración.

Comparación con algoritmos basados en entornos y trayectorias

En este apartado se comparará la eficiencia de los algoritmos de búsqueda multiarranque con los algoritmos desarrollados en la práctica anterior. Para ello, como los algoritmos basados en entornos y trayectorias se ejecutaron 10 veces, se usará la media de costes y evaluaciones de una ejecución para la comparación.

	St70		Ch130		A280	
	Coste	#Ev	Coste	#Ev	Coste	#Ev
Greedy	830	1	7579	1	3157	1
Búsqueda local, el mejor vecino	1225.8	112000	23744.2	208000	26414.2	448000
GRASP	753	333280	6789	947515	3027	4480010
ILS	931	2174460	11689	10400050	12588	22400050
VNS	854	1493430	9517	9735490	11626	22400050



Se observa que el algoritmo que obtiene la una de las mejores soluciones, en el mínimo número de iteraciones, es el **Greedy**. Esto es debido a que este algoritmo busca la mejor solución empezando a partir de una ciudad concreta. Y, si tenemos limitado el cálculo computacional, este es el mejor algoritmo a escoger.

El único algoritmo multiarranque que supera al **Greedy** es el **GRASP**. Esto es debido a que este algoritmo usa un algoritmo **Greedy probabilístico** para generar la solución a optimizar. Con esto, se generan habitualmente soluciones muy cercanas a las obtenidas por el **Greedy** y se optimizan. Generado así mejores costes que el **Greedy**.

Por otro lado, otro dato a destacar es el echo de que todos los algoritmos de búsqueda basados en el multiarranque superan con creces el algoritmo de **búsqueda local, el mejor vecino**. Esto es debido a que este algoritmo no consigue llegar a un mínimo y siempre empieza en un punto aleatorio del espacio de soluciones. Mientras que los algoritmos basados en multiarranque empiezan en una solución mutada de la mejor solución, pudiendo profundizar mucho más.

Conclusiones

Como se ha indicado en el apartado anterior. En el caso de que tengamos limitado el cálculo computacional, el algoritmo que nos ofrece mejores resultados es el **Greedy**.

Pero, si tuviésemos el cálculo computacional deslimitado o menos limitado, los algoritmos basados en multiarranque conseguirían superar el rendimiento de los algoritmos basados en entornos y trayectorias a costa de aumentar significativamente el número de iteraciones. Ya que estos, utilizan los algoritmos basados en entornos y trayectorias para optimizar la solución obtenido por la heurística de cada uno. Pudiendo explorar de una forma mas eficiente el entorno de soluciones.