

**BASE DE PROBLEMAS
PARCIAL 2**

EJERCICIOS VRP_SPREADSHEET_SOLVER_V3.4

- Una empresa de legumbres desea establecer las rutas para el transporte de frijol bola roja desde sus diez silos, distribuidos en los alrededores del municipio hacia alguna de sus plantas de limpieza y empaquetamiento. La empresa actualmente cuenta con dos plantas limpieza y empaquetamiento, las cuales están representadas por los nodos 1 (Planta 1) y 2 (Planta 2). Los silos están representados por los nodos 3 al 12. La siguiente tabla muestra las distancias mínimas $d(i,j)$ en kilómetros para desplazarse entre un par de nodos i,j y la cantidad de frijol almacenado en los respectivos silos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Frijol almacenado (T)
1	0	25	9	35	22	37	17	43	43	28	23	13	
2	18	0	20	33	25	43	34	21	23	31	15	16	
3	9	28	0	26	13	36	26	45	46	29	31	21	8
4	18	13	25	0	20	10	31	25	20	28	19	19	7
5	27	26	36	13	0	23	44	38	33	41	32	32	9
6	8	21	17	9	29	0	25	34	29	35	9	9	10
7	29	11	31	35	27	45	0	26	34	11	26	27	8
8	29	11	25	12	32	22	13	0	31	24	26	27	11
9	30	16	30	17	24	27	18	5	0	8	31	32	6
10	43	42	44	29	16	39	31	35	49	0	24	33	6
11	36	21	27	35	40	30	37	42	37	35	0	9	11
12	27	12	18	26	31	32	28	33	30	26	10	0	7

La capacidad de los camiones es **25 toneladas**. Adicionalmente, se sabe qué el número de camiones de cada deposito es 3. Además, tenga en cuenta lo siguiente:

- La cantidad de frijol recolectado en cada silo debe ser enviada únicamente a una de las dos plantas de producción.
- Cada ruta debe salir y llegar a la misma planta de producción.
- La velocidad promedio de los camiones es de 0.37 km/minuto y la operación de la empresa empieza desde las 6:00 am

Se busca minimizar la distancia total recorrida para recolectar los frijoles de los silos.

Nota: En caso de que dos o más arcos tengan el mismo ahorro seleccione aquel cuyo

nodo i sea menor. Si el nodo i es el mismo, seleccione aquel cuyo nodo j sea menor.

- a. **(0.3 puntos)** Haga el ruteo para la empresa haciendo uso del algoritmo Clark & Wright y muestre las iteraciones en la siguiente tabla:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Iteración	Planta Asociada	Arco	Ahorro	¿Es factible agregarlo?
1	1	9,8	68	SI
2	1	8,4	52	SI
3	2	10,5	51	SI
4	2	5,6	46	SI
5	1	11,9	42	NO
6	1	4,9	41	NO
7	1	11,12	40	SI
8	1	12,9	40	NO
9	1	7,9	38	NO
10	2	3,7	36	SI
11	2	7,10	31	NO
12	2	6,3	24	NO
13	1	4,11	22	NO
14	2	6,10	17	NO

- b. **(0.2 puntos)** Reporte las rutas finales, la carga de cada vehículo (cada ruta), y tiempo de inicio y finalización de cada ruta:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Ruta Consolidada	Tiempo inicio ruta	Tiempo fin ruta	Carga Camión
1-9-8-4-1	6:00 AM	9:30 AM	24
2-10-5-6-2	6:00 AM	10:05 AM	25
1-11-12-1	6:00 AM	8:39 AM	18
2-3-7-2	6:00 AM	8:34 AM	16

- c. **(0.3 Puntos)** Haciendo uso del **VRP_Spreadsheet_Solver** resuelva el problema de la empresa y reporte las rutas finales, la carga de cada vehículo (cada ruta), y tiempo de inicio y finalización de cada ruta:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Utilice la siguiente configuración de vehículos en el VRP_Spreadsheet_Solver:

Starting depot	Vehicle type	Capacity	Fixed cost per trip	Cost per unit distance	Duration multiplier	Distance limit	Work start time	Driving time limit	Working time limit	Return depot	Number of vehicles
1	T1	25	0.00	1.00	1.00	560.00	06:00	9:00	10:00	1	3
2	T1	25	0.00	1.00	1.00	560.00	06:00	9:00	10:00	2	3

Ruta Consolidada	Tiempo inicio ruta	Tiempo fin ruta	Carga Camión
1-3-4-6-1	6:00 AM	8:23 AM	25
1-7-10-5-1	6:00 AM	9:11 AM	23
2-9-8-2	6:00 AM	7:45 AM	17
2-11-12-2	6:00 AM	7:37 AM	18

- d. (0.2 Puntos) Haga una comparación entre los resultados obtenidos con el método de **Clark & Wright** y el **VRP_Spreadsheet_Solver**. Adicionalmente mencione que ventajas y desventajas tiene cada uno de los métodos. ¿Con que método se obtienen mejores resultados?

2. Fruitbana es una empresa de distribución de productos frescos y perecederos. La empresa se especializa en entregar frutas y verduras de alta calidad a restaurantes, tiendas de comestibles y negocios locales.

Actualmente, Fruitbana se enfrenta a un desafío diario de ruteo desde su bodega (nodo 0). Debe entregar productos a 6 clientes en diferentes ubicaciones de la ciudad. Los clientes tienen ventanas de tiempo específicas durante las cuales las entregas deben ser realizadas para cumplir con sus restricciones operativas. Además, cada cliente tiene una demanda específica de productos que debe ser satisfecha. Fruitbana desea optimizar sus rutas de entrega para minimizar los costos operativos y garantizar la satisfacción de los clientes. Haciendo uso del algoritmo de Clark and Wright y la siguiente información haga el ruteo para el día de mañana.

Matriz de distancias mínimas (Km)

	0	1	2	3	4	5	6
0	0	38.08	30.81	39.36	36.06	40.31	33.3
1	38.08	0	10.44	3	7.071	5	12.21
2	30.81	10.44	0	10	5.385	10.2	4
3	39.36	3	10	0	5.385	2	10.77
4	36.06	7.071	5.385	5.385	0	5	5.385
5	40.31	5	10.2	2	5	0	10.2
6	33.3	12.21	4	10.77	5.385	10.2	0

Pedidos

Cliente	Demanda (Paquetes)	Tiempo Entrega (Minutos)		Tiempo de Servicio (Minutos)
1	20	0	191	10
2	30	0	199	10
3	10	0	190	10
4	40	141	180	10
5	20	91	119	10
6	20	0	125	10

Usted cuenta con la siguiente información:

- Fruitbana empieza a despachar sus pedidos desde las 6:00 am.
- En la tabla de pedidos se puede observar la demanda de cada cliente, la ventana de tiempo en la cual el pedido debe ser entregado y el tiempo de servicio (tiempo promedio de descarga del pedido una vez es entregado al cliente).
- Adicionalmente, se conoce que la capacidad de los camiones es de 90 paquetes y la velocidad promedio de los camiones es de 0.37 km/minuto.
- Las rutas deben terminar en $t=260$ min (deben estar de vuelta antes de ese tiempo).
- Las ventanas de tiempo son restricciones duras del problema, lo que significa que el tiempo de servicio se tiene en cuenta dentro de la ventana de tiempo.
- Por último, los camiones pueden esperar. Esto significa que pueden llegar antes del rango de tiempo en el que el cliente quiere su pedido y esperar hasta poder atenderlo.

Nota: En caso de que dos o más arcos tengan el mismo ahorro seleccione aquel cuyo nodo i sea menor. Si el nodo i es el mismo, seleccione aquel cuyo nodo j sea menor.

- e. **(0.3 puntos)** Haga el ruteo de mañana para Fruitbana haciendo uso del algoritmo Clark & Wright y muestre las iteraciones en la siguiente tabla:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Iteración	Arco	Ahorro	¿Es factible agregarlo?
1	3,5	77.67	NO
2	5,3	77.67	SI
3	3,1	74.44	SI
4	1,5	73.39	NO
5	4,5	71.37	NO
6	1,4	67.07	NO
7	4,6	63.98	NO
8	6,4	63.98	SI
9	4,2	61.49	SI
10	2,5	60.92	NO
11	2,6	60.11	NO
12	1,6	59.17	NO

- f. (0.2 puntos) Reporte las rutas finales, la carga de cada vehículo (cada ruta), y tiempo de inicio y finalización de cada ruta:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Ruta Consolidad	Tiempo inicio ruta	Tiempo fin ruta	Carga Camión
0-5-3-1-0	6:00 AM	10:15 AM	50
0-6-4-2-0	6:00 AM	10:18 AM	90

- g. (0.3 Puntos) Haciendo uso del **VRP_Spreadsheet_Solver** resuelva el problema de Fruitbana y reporte las rutas finales, la carga de cada vehículo (cada ruta), y tiempo de inicio y finalización de cada ruta:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Utilice la siguiente configuración de vehículos en el **VRP_Spreadsheet_Solver**:

Starting depot	Vehicle type	Capacity	Fixed cost per trip	Cost per unit distance	Duration multiplier	Distance limit	Work start time	Driving time limit	Working time limit	Return depot	Number of vehicles
Depot	T1	90	0.00	1.00	1.00	560.00	06:00	9:00	10:00	Depot	3

Ruta Consolidad	Tiempo inicio ruta	Tiempo fin ruta	Carga Camión
0-6-4-2-0	6:00 AM	10:18 AM	90
0-5-3-1-0	6:00 AM	10:15 AM	50

h. (0.2 Puntos) Haga una comparación entre los resultados obtenidos con el método de **Clark & Wright** y el **VRP_Spreadsheet_Solver**. Adicionalmente mencione que ventajas y desventajas tiene cada uno de los métodos. ¿Con que método se obtienen mejores resultados?

3. Bavaria es una empresa cervecera reconocida a nivel nacional e internacional, con una amplia red de distribución que abarca todo el país. La empresa produce una variedad de cervezas que son populares entre los consumidores colombianos, desde las marcas más reconocidas hasta cervezas artesanales de alta calidad.

Para garantizar que sus productos lleguen a los puntos de venta y a los clientes de manera eficiente, Bavaria opera una flota de vehículos que recorren diversas rutas para abastecer a una extensa red de distribuidores, bares, supermercados y otros puntos de venta en todo el país. Cada día, estos vehículos tienen que recoger botellas vacías de los establecimientos y dejar nuevas cervezas según los pedidos realizados.

La restricción de recoger y dejar botellas implica una logística más compleja, ya que cada punto de entrega también puede ser un punto de recogida de botellas vacías. Esto significa que los vehículos deben ser capaces de gestionar eficientemente la carga de cerveza fresca y el espacio necesario para las botellas vacías, manteniendo un equilibrio entre la capacidad de carga y la demanda variable de cada cliente. Bavaria desea optimizar sus rutas para minimizar los costos operativos y garantizar la satisfacción de los clientes. Haciendo uso del algoritmo de Clark and Wright y la siguiente información haga el ruteo para la empresa.

Matriz de distancias mínimas (Km)

	0	1	2	3	4	5	6
0	0	38.08	30.81	39.36	36.06	40.31	33.3
1	38.08	0	10.44	3	7.071	5	12.21
2	30.81	10.44	0	10	5.385	10.2	4
3	39.36	3	10	0	5.385	2	10.77
4	36.06	7.071	5.385	5.385	0	5	5.385
5	40.31	5	10.2	2	5	0	10.2
6	33.3	12.21	4	10.77	5.385	10.2	0

Pedidos

Cliente	Demanda (Canastas)	Recoger (Canastas)	Tiempo de Servicio (Minutos)
1	20	15	10
2	30	18	10
3	10	18	10
4	40	40	10
5	20	35	10
6	20	27	10

Usted cuenta con la siguiente información:

- Bavaria empieza a operar desde las 6:00 am.
- En la tabla de pedidos se puede observar la demanda de cada cliente, el número de canastas con botellas vacías que se deben recoger en cada cliente y el tiempo de servicio (tiempo promedio de descarga del pedido una vez es entregado al cliente).
- Adicionalmente, se conoce que la capacidad de los camiones es de 90 canastas y la velocidad promedio de los camiones es de 0.37 km/minuto.

Nota: En caso de que dos o más arcos tengan el mismo ahorro seleccione aquel cuyo nodo *i* sea menor. Si el nodo *i* es el mismo, seleccione aquel cuyo nodo *j* sea menor.

- i. **(0.3 puntos)** Haga el ruteo de Bavaria haciendo uso del algoritmo Clark & Wright y muestre las iteraciones en la siguiente tabla:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Iteración	Arco	Ahorro	¿Es factible agregarlo?
1	3,5	77.67	SI
2	1,3	74.44	SI
3	5,1	73.39	NO
4	5,4	71.37	NO
5	4,1	67.07	NO
6	4,6	63.98	SI
7	2,4	61.49	SI
8	5,2	60.92	NO
9	6,2	60.11	NO
10	6,1	59.17	NO

- j. **(0.2 puntos)** Reporte las rutas finales, la carga de cada vehículo (cada ruta), y tiempo de inicio y finalización de cada ruta:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Ruta Consolidada	Tiempo inicio ruta	Tiempo fin ruta	Carga Camión
0-1-3-5-0	6:00 AM	10:15 AM	50-45-53-68-0
0-2-4-6-0	6:00 AM	9:52 AM	90-78-78-85-0

- k. (0.3 Puntos) Haciendo uso del **VRP_Spreadsheet_Solver** resuelva el problema de Bavaria y reporte las rutas finales, la carga de cada vehículo (cada ruta), y tiempo de inicio y finalización de cada ruta:

Nota: Utilice las filas que considere necesarias y muestre sus resultados con 2 cifras decimales.

Utilice la siguiente configuración de vehículos en el **VRP_Spreadsheet_Solver**:

Starting depot	Vehicle type	Capacity	Fixed cost per trip	Cost per unit distance	Duration multiplier	Distance limit	Work start time	Driving time limit	Working time limit	Return depot	Number of vehicles
Depot	T1	90	0.00	1.00	1.00	560.00	06:00	9:00	10:00	Depot	3

Ruta Consolidad	Tiempo inicio ruta	Tiempo fin ruta	Carga Camión
0-5-3-1-0	6:00 AM	10:15 AM	50-65-73-68-0
0-2-4-6-0	6:00 AM	9:52 AM	90-78-78-85-0

- l. (0.2 Puntos) Haga una comparación entre los resultados obtenidos con el método de **Clark & Wright** y el **VRP_Spreadsheet_Solver**. Adicionalmente mencione que ventajas y desventajas tiene cada uno de los métodos. ¿Con que método se obtienen mejores resultados?

EJERCICIOS RUTA MÁS CORTA

1. Usted es gerente de TeleCo SAS, una empresa líder en el sector de las telecomunicaciones, y se le ha designado la tarea de viajar a España para representar a la compañía en una serie de reuniones y actividades relacionadas con la expansión de sus servicios en el mercado español. Su tarea se centra en planificar eficientemente sus viajes dentro de España, dado que cuenta con un presupuesto designado por la empresa para los gastos de transporte. De esta manera, su objetivo es identificar las mejores opciones de viaje entre los diferentes aeropuertos de España para llegar a su destino de manera oportuna.

En la hoja **Datos_Aeropuertos** del archivo **Data_Aviones.xlsx** encontrará una base de datos que contiene el código, la ubicación y el nombre de los aeropuertos en España. Además, en la hoja **Vuelos_España** encontrará la información sobre los aeropuertos de origen y destino, junto con los costos de viaje y distancias asociadas entre estos aeropuertos.

- a. Diseñe un grafo dirigido que represente las conexiones entre los aeropuertos en España. Para ello, asegúrese de especificar en los parámetros que es un grafo dirigido, que los nodos representen los aeropuertos y que los arcos representen tanto el costo de viaje como la distancia asociada entre dichos aeropuertos. **El grafo se calificará en el código que usted envíe.**

- b. Implemente el Algoritmo de Dijkstra **en función del precio de los vuelos** para encontrar la ruta más económica desde el Aeropuerto de León al Aeropuerto de los Cangrejos. Especifique la ruta obtenida, el costo y la distancia total asociada a dicha ruta.

Ruta	['LEN', 'AGP', 'MAD', 'TFN', 'VDE']
Costo (€)	861
Distancia (km)	390

- c. Implemente el Algoritmo de Dijkstra **en función del número de escalas** para encontrar las rutas más económicas desde el Aeropuerto de León al Aeropuerto de los Cangrejos. Especifique la ruta obtenida, el costo total y la distancia total asociada a dicha ruta. Cree tantas tablas como sean necesarias.

Ruta	['LEN', 'AGP', 'TFN', 'VDE']
Costo (€)	971
Distancia (km)	270

- d. Compare la solución obtenida en los literales b y c e indique cuál ruta seleccionaría para su viaje indicando si el criterio de su decisión fue a raíz del costo o del número de escalas.

Ruta seleccionada:

Ruta	a
Distancia (km)	390

Criterio de decisión (**marque con una X**):

Costo (€)	X
Número de Escalas	

Justificación

Es más económico, si buscamos no afectar mucho el presupuesto de la empresa esta es la mejor opción.

- e. Su jefe le ha solicitado realizar un viaje de última hora que consiste en ir desde el Aeropuerto Federico García Lorca Granada al Aeropuerto de Almería, debido a una oportunidad que surgió con un potencial cliente. Para ello, tenga en cuenta que se ha identificado que en el Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, el Aeropuerto de Ibiza y el Aeropuerto de Villanubla se aplica un costo adicional de servicio de 120€. Con esta información presente, determine la ruta más económica para su viaje.

Ruta	['GRX', 'BCN', 'SVQ', 'LEI']
Número de Escalas	3
Costo (€)	846
Distancia (km)	240

RUTEO C&W

1. La distribuidora de cemento “Cento”, cuenta con seis puntos de venta, a los que distribuye el producto. “Cento” quiere evaluar la posibilidad de adquirir un vehículo para realizar sus entregas, el cual tiene una capacidad de 2000 Kg y una velocidad promedio de 50 Km/Hora. Para esto desea realizar primero el diseño de las rutas desde la bodega a los puntos de venta, con los cuales la empresa acordó una política de entrega cada mes.

La siguiente matriz de distancias corresponde a las distancias mínimas de las conexiones (arcos) del grafo entre los puntos de venta y la bodega:

$d(i,j)$	CD	Punto de venta A	Punto de venta B	Punto de venta C	Punto de venta D	Punto de venta E	Punto de venta F
CD	0	38	23	44	38	29	30
Punto de venta A	35	0	51	47	24	50	48
Punto de venta B	24	48	0	21	50	17	36
Punto de venta C	26	51	24	0	29	36	15
Punto de venta D	35	28	27	26	0	32	41
Punto de venta E	27	46	22	36	34	0	19
Punto de venta F	27	48	41	17	28	21	0

Tabla 1: Matriz de distancias mínimas entre puntos (Km)

Para cada uno de los puntos de venta se conoce la demanda en kilogramos y el tiempo que se demoran los dos empleados en cargar el total de la demanda de cada punto:

	Demanda (kg)	Tiempo de preparación pedido (min)
Punto de venta A	860	30
Punto de venta B	563	35
Punto de venta C	589	25
Punto de venta D	574	25
Punto de venta E	572	67
Punto de venta F	565	34

Tabla 2: Información de cada punto de venta

Para la asignación de rutas el gerente de la empresa estableció las siguientes restricciones:

- La demanda del punto de venta C se debe entregar primero que la demanda del punto de venta F.
- El conductor del vehículo debe descansar 1 hora después de finalizar cada ruta, durante este tiempo el camión no se puede cargar.
- El centro de distribución debe abrir a las 7 am y cerrar a las 5 pm.
- Por cada hora de transporte, la empresa debe pagar \$10.000 al conductor.
- Al finalizar cada ruta se debe volver al CD.

Nota: No olvide considerar el tiempo de desplazamiento desde el último punto de venta visitado hasta el C.D. Cuando el camión vuelve al C.D, se considera terminada la ruta.

- a. Desarrolle un código en Python que le permita implementar la heurística de Clarke & Wright de acuerdo con las restricciones y parámetros del problema.
- b. Calcule la matriz de tiempos mínimos (en minutos) (No incluya el tiempo de preparación en la matriz).

Matriz de tiempos mínimos (min)							
$d(i,j)$	CD	Punto de venta A	Punto de venta B	Punto de venta C	Punto de venta D	Punto de venta E	Punto de venta F
CD	0	45.6	27.6	52.8	45.6	34.8	36
Punto de venta A	42	0	61.2	56.4	28.8	60	57.6
Punto de venta B	28.8	57.6	0	25.2	60	20.4	43.2
Punto de venta C	31.2	61.2	28.8	0	34.8	43.2	18
Punto de venta D	42	33.6	32.4	31.2	0	38.4	49.2
Punto de venta E	32.4	55.2	26.4	43.2	40.8	0	22.8
Punto de venta F	32.4	57.6	49.2	20.4	33.6	25.2	0

c. Construya la matriz de ahorros de tiempos (en minutos).

Matriz de ahorros							
$d(i,j)$	CD	Punto de venta A	Punto de venta B	Punto de venta C	Punto de venta D	Punto de venta E	Punto de venta F
CD	0	0	0	0	0	0	0
Punto de venta A	0	0	8.4	38.4	58.8	16.8	20.4
Punto de venta B	0	16.8	0	56.4	14.4	43.2	21.6
Punto de venta C	0	15.6	30	0	42	22.8	49.2
Punto de venta D	0	54	37.2	63.6	0	38.4	28.8
Punto de venta E	0	22.8	33.6	42	37.2	0	45.6
Punto de venta F	0	20.4	10.8	64.8	44.4	42	0

d. Basándose en la Heurística C&W desarrolle el ruteo de los camiones minimizando los costos totales. Muestre el procedimiento utilizado para desarrollar el ruteo y resuma en la siguiente tabla:

Ahorro a utilizar	Arco	Ruta consolidada (CD...CD)	Capacidad utilizada (Kg)	Tiempo de preparación en el CD (min)	Tiempo Total del Recorrido (desplazamiento entre puntos) (min)	Tiempo Total de la Ruta (min)
63.6	D-C	CD-D-C-CD	1163	50	108	158
49.2	C-F	CD-D-C-F-CD	1728	84	127.2	211.2
43.2	B-E	CD-B-E-CD	1135	102	80.4	182.4
22.8	E-A	CD-B-E-A-CD	1995	132	145.2	277.2

e. Detalle la solución final en la siguiente tabla:

	Ruta Consolidada (CD, .., CD)	Número de puntos de venta	Distancia recorrida (Km)	Capacidad utilizada (Kg)	Hora de inicio de la ruta (hh:mm:ss)	Hora de finalización (llegada al C.D) (hh:mm:ss)	Costo de la ruta (\$)
1	CD-D-C-F-CD	3	106	1728	7:00:00	10:31:12	\$ 35,200
2	CD-B-E-A-CD	3	121	1995	11:31:12	16:08:24	\$ 46,200
Costo total operación:							\$ 81,400

Teniendo en cuenta	
1hr de descanso	\$ 91,400
Teniendo en cuenta	
2hr de descanso	\$ 101,400