

Route Optimization for Transporting Personnel of a Company using Clarke and Wright Algorithm

Wilmer Atoche, Msc.¹, Fiorella Portocarrero, Bs.¹

¹ Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, watoche@pucp.edu.pe, fiorella.portocarrero@pucp.pe

Abstract— This research shows the evaluation of alternative routes you want to get a company providing transportation services to their employees, which is the movement of a point in common for the district to the plant by the algorithm savings Clarke & Wright. The current situation shows that the transport leaves the plant, follows a route that picks up workers established bus stops and moves to the company; however, it is proposed to establish a central whereabouts on a street or strip easily accessible to all workers in a district. The main objective is to reduce the costs of this service and offer workers: comfort, safety and satisfaction. The results show significant savings in time and money for the company if the new vehicle routes are established.

Keywords— Optimal route, vehicle routing, transport of workers.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.107>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic **ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6 **ISSN:** 2414-6668
DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.107>

Optimización de rutas para el transporte de personal de una empresa usando algoritmo de Clarke y Wright

Wilmer Atoche, Msc¹, Fiorella Portocarrero, Bs²,

¹Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, watoche@pucp.edu.pe

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, fiorella.portocarrero@pucp.pe

Abstract– This research shows the evaluation of alternative routes you want to get a company providing transportation services to their employees, which is the movement of a point in common for the district to the plant by the algorithm savings Clarke & Wright. The current situation shows that the transport leaves the plant, follows a route that picks up workers established bus stops and moves to the company; however, it is proposed to establish a central whereabouts on a street or strip easily accessible to all workers in a district. The main objective is to reduce the costs of this service and offer workers: comfort, safety and satisfaction. The results show significant savings in time and money for the company if the new vehicle routes are established.

Keywords: Optimal route, vehicle routing, transport of workers.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años se ha podido comprobar la importancia de los colaboradores (trabajadores) en una empresa. El cumplimiento de sus diversas funciones son vitales para obtener una mejor y mayor productividad; teniendo colaboradores altamente comprometidos, se puede garantizar el cumplimiento de los objetivos de la empresa. Pero, ¿cómo es posible lograr tal compromiso hoy en día?; las empresas ofrecen a sus trabajadores servicios y beneficios que buscan la comodidad y satisfacción del trabajador. Entre algunos de los beneficios que muchas empresas brindan a su personal se encuentra el servicio de transporte que contribuye a incrementar la puntualidad y responsabilidad de los colaboradores. Para suplir esta necesidad se deben definir las rutas que deben realizar los vehículos de transporte de personal.

II. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

A. El algoritmo de Clarke & Wright

El algoritmo de Clarke & Wright también llamado “algoritmo del ahorro”, es la heurística clásica más significativas para el problema de ruteo de vehículos (VRP). Este algoritmo se basa en una idea muy simple que es la de encontrar el “ahorro” de distancia entre dos puntos que inicialmente tienen una ruta establecida, además es importante la eliminación de cruces en los arcos. Tiene gran aplicabilidad en la vida real ya que el tiempo de resolución es menor y menos complejo que el de un algoritmo más exacto. Es un procedimiento simple que realiza una exploración limitada del espacio de búsqueda y da una solución de calidad más o menos aceptable en tiempo de cálculo moderado.

El algoritmo de Clarke & Wright consiste en encontrar los caminos más cortos mediante la activación de todos los puntos que conforman el grafo empezando en un nodo inicial “i” hasta un nodo final en común. Para la realización de este trabajo se considera clústeres que agrupan un grupo de trabajadores y para cada clúster se determina por medio del centro de gravedad, sólo un paradero por clúster. En los distritos pueden encontrarse más de un clúster. La ruta de recojo queda restringida por la capacidad de la unidad de transporte que realiza el recojo y regreso de los trabajadores hacia y desde la planta, según su necesidad. Se determina la distancia ahorrada para evaluar la propuesta.

La figura 1 muestra gráficamente la descripción del algoritmo, nótese el ahorro al hacer el recorrido antes de regresar al punto de partida.

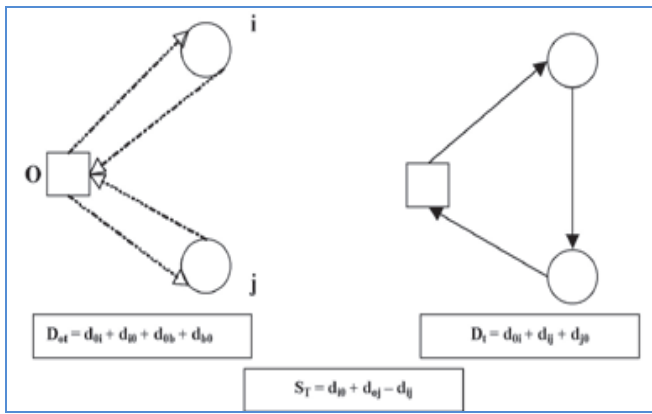


Fig. 1: Descripción gráfica del algoritmo

La obtención de la distancia entre la casa de los trabajadores y el paradero (clúster) por distrito se obtiene por medio de la métrica de Manhattan que se define por la fórmula:

$$\text{distancia (P1,P2)} = (|x1-x2| + |y1-y2|)$$

Donde (x1,y1) y (x2,y2) son las coordenadas del punto P1 y P2 respectivamente.

Es importante tener en cuenta que para encontrar los puntos en donde se ubicarán los paraderos establecidos por clúster se debe utilizar el principio de Centro de gravedad.

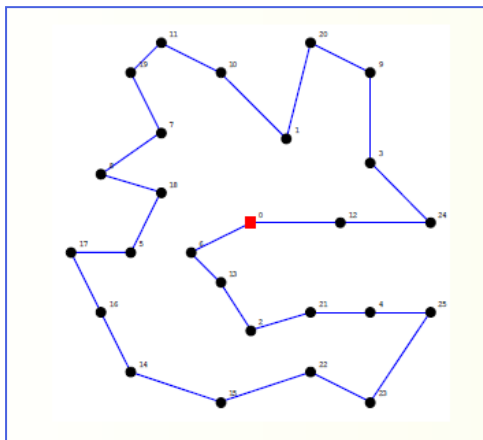


Fig. 2: Descripción gráfica del Centro geométrico

III. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El personal encargado del transporte de los trabajadores recoge su unidad desde la planta y sigue una ruta en la cual irá recogiendo a los trabajadores en paraderos establecidos a lo largo de su trayecto hasta completar la capacidad.

Es posible que muchos de los trabajadores no vivan cerca o a una distancia prudente de los paraderos, lo que provoca que tales trabajadores prefieran muchas veces tomar otro tipo de transporte para llegar a la planta con lo que les llevaría más tiempo en llegar a la empresa y esto afecta en su puntualidad creando disminución en el tiempo de trabajo y una baja en la productividad.

A. El proceso

El proceso se puede describir en dos etapas:

Etapla 1: Transporte de trabajadores de los domicilios hacia la planta

-El transportista se acerca a la empresa para recoger el vehículo con el que realizará el servicio.

- El transportista sale de la planta, comienza su ruta y en el trayecto recoge a los trabajadores de los paraderos establecidos, la ruta es establecida por la ubicación geográfica de los trabajadores.

- Luego de recoger el último trabajador, el vehículo de transporte con los trabajadores se dirige a la planta.

-Finalmente, el transportista deja a los trabajadores en la planta y coloca el vehículo en el estacionamiento de la empresa.

Etapla 2: Transporte de trabajadores desde la planta hacia los domicilios

- El transportista se dirige a su vehículo ubicado en el estacionamiento y recoge al personal de la empresa.

- El transportista comienza con su ruta y deja a los trabajadores. En el trayecto, el transportista va dejando a los trabajadores en los paraderos.

- Luego de dejar al último trabajador, el transportista regresa a la empresa y deja el vehículo en el estacionamiento.

El diagrama siguiente en la figura 3 muestra la relación de los elementos: conductor, pasajero, dirección, cluster.

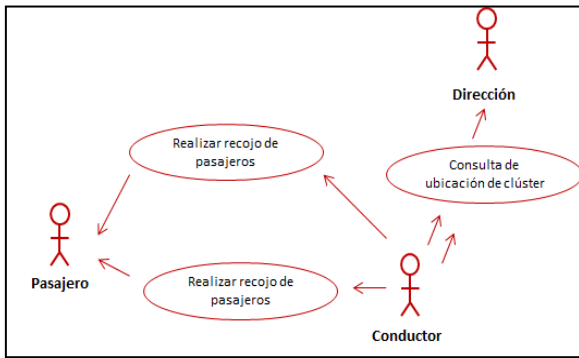


Fig. 3: Diagrama del proceso

B. Modelo Actual

Etapa 1:

Para el estudio, se realiza una recolección de datos acerca de las direcciones de los trabajadores y se clasifican los distritos en común. De esta manera se puede saber la cantidad de kilómetros que recorre el transportista y los gastos en los que actualmente incurre la empresa para la realización de este servicio. Se clasifica por distrito.

La tabla 1 muestra de manera general el formato de ingreso de datos, el nodo representa el identificador del trabajador y la localidad ubica en el plano el punto de ubicación del domicilio

Tabla 1: plantilla de datos de ubicación de los trabajadores

Nodo	Localidad – Dirección de los trabajadores del distrito X (ubicación del nodo)
0	A
1	B
2	C
.	.
.	.
.	.
n	N

Ejemplo: Para ejemplificar y resolver el algoritmo, se elegirá como ejemplo el Callao como uno de los distritos en los cuales se requiere aplicar el algoritmo para once trabajadores y encontrar mejores rutas de transporte.

Tabla 2: Ubicación de viviendas del personal del distrito del Callao

Nro.	Nombre	Dirección
0	Refinería La Pampilla	Carretera a Ventanilla, Km. 25, Callao 6
1	Jorge Stronguilo	Arrieta 498, La Punta, Callao
2	Juan Cornelio	Colina 712, Bellavista, Callao
3	César Paredes	Jr. Elías Aguirre Cdra. 3, Bellavista, Callao
4	Isabel Paredes	Jr. Lima 456, La Perla, Callao
5	Jorge Izaguirre	Ciro Alegría 194, Bellavista, Callao
6	Enrique Parra	Astete 145, La Perla
7	Alfonso Ruesta	Alejandro Peralta 172
8	Roxana Figueroa	Av. Insurgentes Cdra.8
9	Edgar Sandoval	Calle Pío XII, San Miguel
10	Juan Boulanger	Av. Venezuela, Cdra. 22, Bellavista, Callao
11	Hernan Aleman	Av. Rafael Escardo, Cdra. 9, San Miguel

Las direcciones se ubican en las coordenadas respectivas en el plano (mapa).

La siguiente figura 4 muestra la ubicación de direcciones en la zona del Callao.

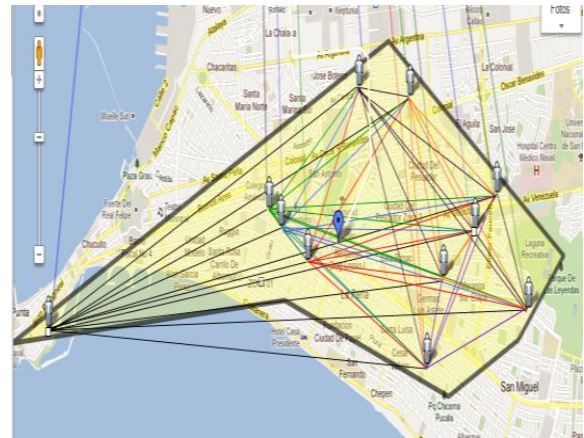


Fig. 4 Ubicación de las viviendas de los trabajadores en el mapa

Fuente: Elaboración propia

Etapa 2: Luego de ubicar todas las direcciones del clúster, se determina las distancias que hay entre cada una de ellas. Se determina la distancia entre la empresa y el punto de recojo de cada trabajador, definiéndose la ruta para el clúster. Se muestra en la figura 5 las distancias para el ejemplo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	17.09	15.79	15.94	16.02	14.79	15.11	17.39	16.73	16.41	16.19	17.3
1		3.59	3.79	4.13	5.36	6.08	6.02	6.31	6.83	7.23	7.59
2			0.298	0.748	1.77	2.41	2.85	2.79	3.24	3.6	4.18
3				0.495	1.73	2.3	2.58	2.59	3.03	3.38	3.94
4					1.7	2.12	2.09	2.09	2.65	3.04	3.48
5						0.827	2.66	2.14	2.23	2.39	3.32
6							2.39	1.66	1.55	1.64	2.61
7								0.805	1.41	1.87	1.67
8									0.665	1.11	1.36
9										0.483	1.08
10											1.12
11											

Fig. 5 Distancias entre cada punto

Fuente: Elaboración propia

Etapa 3: Aplicando el modelo, se selecciona la ruta óptima. El modelo consiste en obtener una nueva ruta (0,..., i, j,...,0) a partir de la combinación de dos rutas diferentes (0,..., i, 0) y (0,..., j, 0). En este caso, se trabajará todas las rutas de manera simultánea.

- Se realizará el cuadro tal como se muestra en el Gráfico de ahorros.
- Se identificará el número máximo de todo el cuadro.
- Se identificará de qué puntos proviene.
- El número de eliminará de la columna de Máximos.
- Se le restará una unidad al número que indica la disponibilidad (ya no será 2 sino 1).

Siguiendo las indicaciones del algoritmo de los ahorros, luego se determinara la ruta adecuada para el clúster.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Máximo
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1		29.29	29.24	28.98	26.52	26.12	28.46	27.51	26.67	26.05	26.8	29.29
2			31.432	31.062	28.81	28.49	30.33	29.73	28.96	28.38	28.91	31.432
3				31.485	29	28.75	30.75	30.08	29.32	28.75	29.3	31.485
4					29.11	29.01	31.32	30.66	29.78	29.17	29.84	31.32
5						29.073	29.52	29.38	28.97	28.59	28.77	29.52
6							30.11	30.18	29.97	29.66	29.8	30.18
7								33.315	32.39	31.71	33.02	33.315
8									32.475	31.81	32.67	32.67
9										32.117	32.63	32.63
10											32.37	32.37
11												33.315

Fig. 6 Gráfico de ahorros

Fuente: Elaboración propia

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

Legenda:

2 : Número que indica la disponibilidad de colocar un punto al costado del punto que indica la cabecera de la columna. Esto determinará el orden de recojo. Cuando en el recuadro indique cero, será porque ya no se puede colocar a ningún otro punto a su costado.

33.315 : El máximo de los máximos

Etapa 4: Al terminar de completar el cuadro se seleccionará la ruta óptima y se determinará la distancia recorrida por el bus. En el clúster de la Zona Callao quedará de la siguiente manera, mostrado en la figura 7:

RUTA	0	1	2	3	4	7	8	11	9	10	6	5
------	---	---	---	---	---	---	---	----	---	----	---	---

KM	
Distancia Recorrida	44.548

Fig. 7 Gráfico de ahorros 1

Fuente: Elaboración propia

Luego, siguiendo las mismas etapas se desarrollará en las demás zonas.

C. Modelo Propuesto

El modelo propuesto tiene las mismas etapas que el modelo actual, pero existe una variante en la etapa 2, donde el punto de recojo para el clúster es único. A continuación, se realizará el Método de Centro de Gravedad, el cual y se explicará a través de un ejemplo. Se tomará en cuenta a la Zona Callao.

Se seleccionará un punto de referencia arbitrario el cual nos permita la asignación de coordenadas (x, y) a las casas de cada trabajador.

Se hallará el centro de gravedad a través del promedio de estas coordenadas que determinaran el “x” y el “y” promedio de cada zona (X, Y). Este centro de gravedad será el nuevo paradero. Debido a que, generalmente, este centro no está

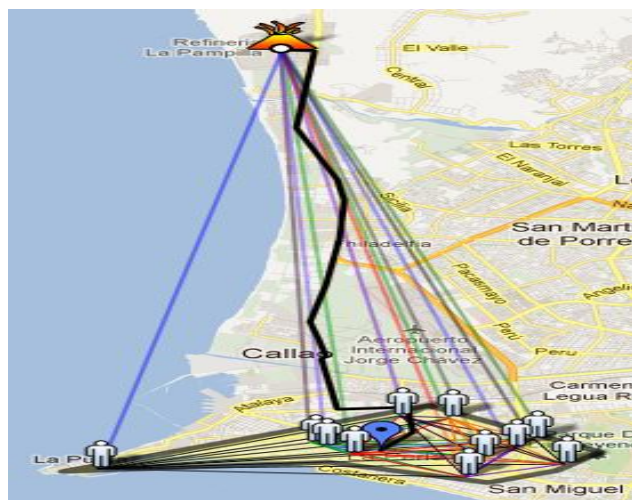
ubicado en una calle o avenida, se aproximará a un punto que sea aledaño y de fácil acceso.

Tabla 3 Coordenadas Zona Callao

Nro.	Nombre	Dirección	X	Y
0	Refinería La Pampilla	Carretera a Ventanilla, Km. 25, Callao 6		
1	Jorge Stronguilo	Arrieta 498, La Punta, Callao	-6.5	-3.5
2	Juan Cornelio	Colina 712, Bellavista, Callao	-1.4	-2.2
3	César Paredes	Jr. Elías Aguirre Cdra. 3, Bellavista, Callao	-1.1	-2
4	Isabel Paredes	Jr. Lima 456, La Perla, Callao	-0.5	-2.7
5	Jorge Izaguirre	Ciro Alegría 194, Bellavista, Callao	0.7	-0.7
6	Enrique Parra	Astete 145, La Perla	1.9	-0.9
7	Alfonso Ruesta	Alejandro Peralta 172	2.4	-4
8	Roxana Figueroa	Av. Insurgentes Cdra.8	2.7	-3
9	Edgar Sandoval	Calle Pio XII, San Miguel	3.4	-2
10	Juan Boulanger	Av. Venezuela, Cdra. 22, Bellavista, Callao	3.9	-1.6
11	Hernan Aleman	Av. Rafael Escardo, Cdra. 9, San Miguel	4.7	-2.9
Centro de Gravedad			0.93	-2.32

Fuente: Elaboración propia

A partir del paradero, se seleccionará una ruta idónea y su recorrido respectivo que permitirá que el transporte del personal sea más rápido, con menor cantidad de kilómetros y ahorre combustible.



	KM
Distancia Recorrida	36.4

Fig.8 Ruta seleccionada

Fuente: Elaboración Propia

El transportista encargado tenía una ruta establecida para el recojo de los trabajadores de la empresa; sin embargo, luego de aplicar este algoritmo y de haber encontrado el centro de

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”

July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

gravidad dentro de cada distrito, puede afirmarse que después de que en callao tuvo que pasar por casi 25 paraderos ahora solo se dirigirá hacia un único punto del clúster.

Para las demás zonas se debe hacer el mismo procedimiento y encontrar en cada uno de esos distritos un único punto de recojo por clúster aledaño a las casas y de fácil acceso.

La Tabla 4, muestra los ahorros para los diferentes distritos en estudio

Tabla 4: Ahorros entre el recorrido actual y el propuesto

	KM		
	Recorrido Actual	Recorrido Propuesto	Ahorro
Callao	41.45	36.4	5.05
Ventanilla	15.23	10.72	4.51
Comas	39.21	33.3	5.91
Santa Anita	63.98	57.69	6.29
La Molina	75.46	68.82	6.64
San Borja	61.52	55.86	5.66
Independencia	43.88	37.1	6.78
TOTAL	340.73	299.89	40.84

Fuente: Elaboración Propia

Si consideramos que se trabajan en promedio 300 días del año, el ahorro sería de 12 252 Km; el cual representa el 12% menos que el valor actual de recorrido anual.

IV. CONCLUSIONES

- Se confirmó la importancia de los algoritmos heurísticos para solucionar distintos problemas relacionados al diseño de rutas. En este caso se utilizó el algoritmo de ahorros de Clarke & Wright que nos permitirá determinar la ruta óptima para diversas zonas seleccionadas por la empresa.
- Si Dada la naturaleza del proceso de recojo desde la casa hasta la empresa y viceversa, se considera un acierto haber realizado el estudio basándonos en la aplicación de agrupaciones de puntos de entrega o clústeres. Con este supuesto se logró un modelo más acercado a la realidad y por ende resultados más confiables. bien el algoritmo de Clarke & Wright no es exacto, este método nos permite aproximar el resultado y nos ayudará a determinar la mejor solución para el problema.
- El método de Centro de Gravedad permitió determinar un único paradero. La distancia recorrida hasta este punto sirvió como comparativo u otra alternativa para determinar la mejor opción de ruteo.

- Gracias a la combinación de estos dos métodos, se logra conseguir un ahorro considerable en la cantidad total de kilómetros recorridos respecto al recorrido actual. El ahorro es de 12 252 Km menos, que representan una disminución en 12%
- Los ahorros en recorrido, no solo representan ahorro en combustible y mantenimiento de unidades; sino en mejoras significativas en el rendimiento operativo del trabajador.

REFERENCIAS

- [1] Winston W. L. (2005), Investigación de operaciones: Aplicaciones y Algoritmos, Mexico:Thomson
- [2] Ballou, R (2004), Logística: Administración de la cadena de suministro. Naucalpan de Juárez : Pearson Educación.
- [3] Hillier F. S. / Lieberman G.J (2002) Investigación de operaciones, Mexico:McGraw-Hill.
- [4] Eppen, G., Gould, F., Schmidt, C., Moore, J. y Weatherford, L.(2000), Investigación de operaciones en la ciencia administrativa, Mexico: Prentice Hall.
- [5] Ross, S. M. (1999) Simulación, Mexico: Prentice Hall.

Autorización y renuncia

Wilmer Atoche & Fiorella Portocarrero autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.