UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TESIS

DESARROLLO DE UN PLANIFICADOR DE RUTAS PARA RECOJO DE DESECHOS SÓLIDOS UTILIZANDO ALGORITMO DE BELLMAN FORD

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS

Autor:
Bach. Reyes Esquén Jeremy Octavio

Asesor:
Mg. Samillán Ayala Alberto Enrique

Línea de Investigación:
Ciencias de la computación

Pimentel, Perú
2018

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

DESARROLLO DE UN PLANIFICADOR DE RUTAS PARA RECOJO DE DESECHOS SÓLIDOS UTILIZANDO ALGORITMO DE BELLMAN FORD

Aprobación de la Tesis

Mg. Alberto Enrique Samillán Ayala
Asesor Metodólogo

Ing. Jaime Arturo Bravo Ruiz
Asesor Especialista

Presidente del Jurado de Tesis

Secretario del jurado de Tesis

Vocal del Jurado de Tesis

Pimentel, Perú
2018
INFORMACIÓN GENERAL

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

1.1 Título del Informe de Investigación:
"DESARROLLO DE UN PLANIFICADOR DE RUTAS PARA RECOJO DE DESECHOS UTILIZANDO ALGORITMO DE BELLMAN FORD"

1.2 Línea de Investigación:

Ciencias de la computación

1.3 Autor:

Reyes Esquén Jeremy Octavio

1.4 Asesor Metodólogo:

Mg. Samillán Ayala Alberto Enrique

1.5 Tipo y diseño de investigación.

Tipo experimental, metodología cuantitativa.

1.6 Facultad y Escuela Académico Profesional:

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

1.7 Periodo: 2017-II

1.8 Fecha de inicio y término del proyecto:
Abril – Diciembre 2017

1.9 Firma de los autores del proyecto:

_____
Reyes Esquén Jeremy Octavio
AUTOR

1.10 Aprobado:

Mg. Samillán Ayala Alberto Enrique	Ing. Jaime Arturo Bravo Ruiz
ASESOR METODÓLOGO	**ASESOR ESPECIALISTA**

1.11 Fecha de Presentación:

Diciembre del 2017

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

DEDICATORIA

Dedico de manera especial esta tesis a Dios el que en todo momento está conmigo guiándome en cada paso que doy, a mis queridos profesores que me inculcaron sus grandes enseñanzas en cada clase con mucho esmero y a mis padres, pues ellos fueron los principales cimientos para mi desarrollo profesional, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlos cada día más.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

AGRADECIMIENTO

Sus esfuerzos son impresionantes y su amor son para mi invaluables. Junto con mi hermana me han educado, me han proporcionado todo y cada cosa que he necesitado. Sus enseñanzas y consejos a diario son lo mejor que he podido recibir para mi desarrollo como persona. Les doy las gracias a mis padres Karina Lila Esquén Vásquez y Segundo Octavio Reyes Tejada. Así mismo a mis estimados profesores por tener la dedicación de formarme como profesional desde el inicio de carrera hasta el final y no perder nunca la fe en mí.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

INDICE

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

INDICE DE FIGURAS

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

INDICE DE TABLAS

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

RESUMEN

En esta tesis se desarrolla un planificador de rutas en el cual simulará un punto de inicio que será el punto de partida del móvil recolector de desechos sólidos, el cual tendrá distintos puntos de destino que serán los focos infecciosos seleccionados por el usuario; para ello el algoritmo de Bellman Ford se encargará de encontrar la ruta óptima para que el móvil haga su recorrido entre los distintos focos infecciosos. Se creó en el sistema gestor de base de datos MySql dos tablas donde almacenarán las coordenadas de cada punto mapeado y sus puntos adyacentes hacia cada punto con su coste respectivamente. Para obtener información de cada punto se utilizó el mapa de Google Maps.

Para desarrollar este planificador se utilizó el lenguaje de programación PHP, de la mano del API V3 de Google Maps para obtener sus librerías la cual nos facilite el trazado de la ruta óptima.

Todo esto se aplicó en dos ordenadores distintos, uno con procesador Core i5 y otro con procesador Core i7.

Palabras Claves: Algoritmo de Bellman Ford, desechos sólidos, grafo, ruta óptima.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

ABSTRACT

In this thesis a route planner is developed in which it simulates a starting point that will be the starting point of the mobile solid waste collector, which will have different points of destination that will be the infectious foci selected by the user; for this Bellman Ford algorithm will be responsible for finding the optimal route for the mobile to make its way between the different infectious foci. Two tables were created in the MySql database manager system, where they will store the coordinates of each mapped point and its adjacent points to each point with their cost respectively. To obtain information on each point, the Google Maps map was used.

To develop this planner we used the PHP programming language, hand in hand with the Google Maps API V3 to obtain its libraries, which facilitates the mapping of the optimal route.

All this was applied to two different computers, one with a Core i5 processor and the other with a Core i7 processor.

Keywords: Bellman Ford algorithm, solid waste, graph, optimal route.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la contaminación ambiental es un tema que está en todos lados, por lo que los desechos sólidos generados por la población son un gran factor en el crecimiento de esta. En su gran mayoría las entidades encargadas de desarrollar rutas para el recojo de estos desechos sólidos tienden a utilizar muchos recursos como el tiempo y la distancia con resultados no óptimos; estos resultados se deben a que las planificaciones de estas rutas son hechas de manera inadecuada. En esta investigación se plantea utilizar el algoritmo de Bellman Ford para optimizar el recorrido de desechos sólidos hacia los diferentes focos infecciosos, así mismo también se trabajará con el API V3 de Google Maps para obtener las coordenadas y distancias del territorio del distrito de Chiclayo donde será simulada una serie de demandas de focos infecciosos que el algoritmo de Bellman Ford evaluará y dará como resultado una ruta óptima.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática

En el mundo, cada año entre 7000 y 10000 millones de toneladas de residuos urbanos son producidos, pero la gestión y control de éstos es inadecuado, haciéndolo un problema global que no solo afecta al medio ambiente, sino también a la salud y la economía. Según la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), citado por Fernández (2016), expresan que las ciudades que destacan en el mundo, por tener la mejor gestión de residuos son: Singapur (Asia), Kiribati (Oceanía), Cochabamba (Bolivia), Bo en Sierra Leona, Cebú (Filipinas), Daca (Bangladés), Flandes (Bélgica), Milán (Italia), Malmo (Suecia) y Bogotá (Colombia), donde solo el 0,7% de los residuos terminan en basurales.

Sin embargo, casi la totalidad de los países que integran América Latina, el escenario, no es tan así de positivo, por ejemplo, en algunos barrios pobres de Buenos Aires, Argentina, los camiones recolectores de basura no cumplen con pasar las tres veces por semana que tienen programado, la basura se acumula en las calles transformándose en un foco infeccioso de enfermedades. Un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo – BID, citado por Rebossio (2015), dio a conocer que para las ciudades latinoamericanas, sigue siendo un desafío, la recolección de los residuos, pues el problema muestra que solo mientras que el 45.5% de pobladores se benefician gracias a un revestimiento diario de recojo de desechos solidos, pero el otro 53% entre dos y cinco veces por semana y un 1.8% de la población solo una vez. La cobertura diaria del recojo de basura es casi nula en países como Costa Rica y Nicaragua. En Brasil, la cobertura alcanza al 44.5% de la población, en Chile al 22.3% y en Perú al 57.2%.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

A nivel nacional, en el Perú, según el Ministerio del Ambiente (2014), la composición de los residuos es predominantemente orgánica (50,43%) y solo Lima genera casi 6 000 toneladas diarias de residuos domiciliarios, el 42% del total nacional, tal es así la contaminación, que los residuos de restaurantes y mercados obstruyen el 50% de los desagües, lo que supone pérdidas de 40 millones de soles por año (La República, 2015). En ese contexto, la Municipalidad distrital de San Isidro (2016) en la ciudad capital Lima, desde el 01 de abril del presente año (2017), ha reestructurado sus horarios, en lo que respecta a la recolección de los residuos sólidos, como una estrategia alternativa de recojo planificado en horarios estandarizados adecuados que permitan el libre tránsito de los camiones fuera de las horas punta de tráfico, ello en el intento de mantener más limpias las calles del distrito y evitar los problemas de rutas repetidas, pérdida de tiempo por tráfico, entre otros, por lo que no habrá repaso de ruta.

Pero el problema es común a una variedad de municipios a lo largo del país, en Puno, la Municipalidad Provincial de Puno no abastece a la ciudad con camiones recolectores, existe una falta de recojo de basura inadecuada, solo se recolecta una vez a la semana y otras veces ni siquiera ello, y tal acumulación es esparcida por los perros y viento generando mal aspecto (Los Andes, 2017). En Ica también se ha reportado la indignación de los ciudadanos por la gran cantidad de basura desparramada y no hay respuesta alguna de parte de las autoridades (RPP Noticias, 2017).

Lambayeque genera más de 601 toneladas de residuos sólidos diariamente, debido a la ausencia de planes que gestiones los residuos en la región. Entre las ciudades más contaminantes en toda la región, son: el distrito de José Leonardo Ortíz y el distrito ciudad capital Chiclayo, con 208 toneladas diarias de desechos. En el caso de José Leonardo Ortíz, con 103 tn/día, principalmente de residuos orgánicos (60%) por el mercado Modelo en el primero y el mercado mayorista de Moshoqueque en el segundo distrito. El Organismo de Evaluación y Fiscalización

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Ambiental, así mismo, en el 2016 desaprobó la gestión de residuos sólidos de parte de la comuna chiclayana. La República (2016) dio a conocer que una de las evaluaciones de la OEFA, que examinó 15 componentes de un plan integral para gestionar los residuos sólidos, ubicó en el último lugar la gestión de estos en la ciudad. Otras afirmaciones negativas al respecto son el que no se ha ejecutado el plan de cierre y recuperación de la planta para el tratamiento de los residuos sólidos y orgánicos, además de carecer de un equipo técnico especializado en temas ambientales y de residuos. Solo en la avenida Chiclayo, 60 toneladas de basura son recogidas diariamente, pero, aun así, este espacio público es uno de los más grandes focos contaminados de la ciudad a pesar de las labores del gobierno regional. Ello se da en principio, por la ausencia de un eficiente sistema de recojo de desechos sólidos (RPP Noticias, 2017).

Por tal, la distribución óptima de rutas para el recojo de residuos sólidos, es fundamentalmente operativa, como estratégica; pero estas decisiones de rutas son usualmente tratadas de manera totalmente empírica y sin tomar en cuenta principios teórico-prácticos. Desde años atrás ha existido la necesidad del transporte con el mínimo de recursos pero que a la vez cumpla con lo demandado. Así surgen distintos modelos de programación lineal como el problema del agente viajero TSP o el ruteo por vehículos VRP (Toapanta, 2017). La finalidad de éstos y sus derivados u otros modelos de optimización de rutas, es poder afrontar la problemática del transporte de los residuos, pues es normal que las rutas sean generadas por criterio subjetivos, lo cual es realmente deficiente ya que se observan numerosas repeticiones de recorrido en las calles, se seleccionan caminos muy largos, entre otros, que añadido a una serie de camiones, no adecuados, por su diseño y capacidad y que son asignados, derivan en deficientes operaciones, expansión de botaderos clandestinos al aire libre, disminución de las coberturas del servicio de limpieza y el desperdicio de personal, (Taquia Valdivia, 2013).

En general, según Garrido y Onaindia (2014), el estudio de problemas distributivos fueron tocados con técnicas de investigación

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

operativa y programación dinámica. La teoría de programación lineal y grafos, utilizada por la mayoría, sirvió para trabajar los problemas clásicos como el problema del viajante de comercio y obtención de la ruta más corta. Sin embargo, existe un límite de complejidad y las innumerables restricciones envueltas en el problema, aumenta, se complica su resolución mediante estas técnicas. El algoritmo de Bellman-Ford es en tanto, según Herrera, Salcedo y Gallego (2014), un algoritmo que asignado en cualquier vértice, puede desarrollar el ejercico para encontrar el camino más corto en base a cualquiera de los vértices del grafo. Este algoritmo se puede aplicar en forma general, es decir ejecutan un grafo con diferentes rutas posibles que se puede entrelazar desde el punto de inicio a los demás y se puede aplicar a todos los sistemas que utiliza la red. Por último, a la entrada requiere un grafo cuyas aristas posean pesos incluso negativos para detectar la existencia de un ciclo negativo, esto último es justamente la diferencia de este algoritmo con los demás.

Entonces, el utilizar un método para la optimización de procesos de decisión por etapas, adecuado para resolver problemas más avanzado como la programación dinámica, es cuando se ha trabajado con algoritmos de representación en grafos que buscan optimizar procesos, cuya solución puede caracterizarse recursivamente y en la que los sub problemas de la recursión se solapan de algún modo. En tales casos la programación dinámica representa una solución eficiente en la resolver los problemas de optimización, que colectivamente, presentan diversas soluciones, por lo que se quiere localización de la solución de valor óptimo con esta técnica. Solución que se fundamenta en el principio óptimo de Bellman en 1957: "En una cadena de decisiones óptimas, sub-secuencia ha de ser también óptima" (Herrera, Salcedo y Gallego, 2014).

Los costos altos para implementar un sistema y evaluar la falta de conocimiento de los Jefes de Operaciones en implementar proyectos relacionados al tema, son motivos por las que no se ejecutan. Para la optimización de rutas se encuentran en ese marco, la partición de rutas es elegida arbitriariamente por acuerdo, y comunmente se dirigen a guías

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

del municipio, estructurados sin una optimización declarada, no existe una demostración ejecutivamente que explique la simbolización de las rutas y que afirme la ruta óptima. Por ello se busca realizar este estudio para así mejorar eficientemente la designación de rutas para el recojo de desechos sólidos, en base al algoritmo de Bellman-Ford.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo se podrá determinar la ruta más óptima para el recojo de desechos sólidos en el distrito de Chiclayo?

1.3 Delimitación de la Investigación

Esta tesis de investigación fue realizada en el distrito de Chiclayo, simulando los puntos de focos infecciosos generados por el usuario en un planificador de rutas para el recojo de desechos sólidos.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

El problema del manejo inadecuado de la gestión logística en el traslado se hace demasiado más notable si se tiene en monto que la flotilla automotriz que se utilice para el recojo de los desechos sólidos en una ciudad, debe estar conforme al nivel de estos residuos, ya que, de otro modo, provocará mayor congestión en la circulación de las vías principales o troncales, en un contexto en el que el parque automotriz está en aumento continuo. Esto indica que la circulación incrementa los pagos de una repartición de rutas no proyectada, no optimizada, por precios de traslado y periodo más elevados. Por tal, reducir el gasto mediante la optimización de rutas, no solo beneficia a la empresa que brinda el servicio en sí, sino también a la población en su conjunto por dejar de sumar tráfico a su diario vivir. Es por dichas razones que la presente investigación surge

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

para aprovechar la oportunidad de mejora de la problemática planteada, al desarrollar un planificador de rutas para el recojo de desechos sólidos.

1.5 Limitaciones de la Investigación

- Se tiene que mapear en la base de datos primero si se desea poner nuevas calles.
- El mapa de Google Maps no funciona sin internet.

1.6 Objetivos de Investigación

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar un planificador de rutas para el recojo de desechos sólidos en el Distrito de Chiclayo utilizando el Algoritmo de Bellman-Ford.

1.6.2 Objetivos específicos

- Preparar el conjunto de datos.
- Aplicar el algoritmo de Bellman Ford sobre el grafo.
- Realizar pruebas sobre el algoritmo de Bellman Ford.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 A nivel internacional

Santos (2015) en su investigación "Estudio y simulación de algoritmos para la evacuación de personas en situaciones de emergencia sobre una estructura similar al rectorado de la ESPOL", puso a prueba los algoritmos Bellman-Ford y Dijkstra. Con simulador realizaron pruebas, obteniendo, que el algoritmo Dijkstra era ligeramente superior a Bellman-Ford en rendimiento para el cálculo de rutas de evacuación. Basándonos en la estadística, se concluye que Dijkstra, uno de los algoritmos, tiene un mejor y mayor porcentaje promedio de personas evacuadas en todos los lugares, a excepción de un terremoto, comparando con Bellman-Ford. Es importante mencionar que, los dos algoritmos viabilizan la evacuación de un edificio en menos de 15 minutos (tiempo límite estipulado), cabe precisar que el algoritmo Dijkstra lo hizo en un tiempo promedio menor a Bellman-Ford; aunque para la estadística, ambas son similares. Finalmente, debido a que la desviación estándar de los datos es inferior al 5% de la media en todos los casos estudiados, la confiabilidad de los instrumentos Bellman-Ford y Dijkstra es estadísticamente igual.

Yépez (2015) en su investigación "Optimización del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia Moraspungo, Cantón Pangua – Provincia de Cotopaxi, año 2014", tuvo como objetivo optimizar el sistema municipal de recojo y el transporte para los residuos sólidos no peligrosos generados en el lugar. Para recolectar datos utilizó encuestas, entrevista al responsable del manejo de residuos sólidos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pangua

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

(GADMUPAN) y la observación directa sobre la recolección y transporte de los no peligrosos; además de pesar los residuos de 96 viviendas de la zona urbana para conocer la producción percápita (PPC) y la totalidad de residuos generados en la parroquia. Los cálculos matemáticos determinaron la capacidad y equipamiento óptimo para la ejecución del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos no peligrosos y elaboró mapas temáticos de nuevas rutas de recolección empleando el programa AutoCAD 2010. Sus resultados muestran una producción per cápita de 0,31 kg de residuos en el día, mientras que la cantidad total fue de 3394,81 kg por día. En respuesta a ello propone nuevas rutas de recolección conformadas por cuatro macro rutas para las vías asfaltadas y lastradas de fácil acceso, y tres micro rutas (dos rurales conformadas por caminos vecinales y lastrados, y una urbana).

Alfonso (2014) en su investigación “Optimización de rutas de recogida de residuos en zonas mixtas urbana-rurales y orografía singular”, tuvo como propósito el modelado y conclusión de una pregunta de planificación óptima de rutas de recojo de basura en municipios con sectores urbanos y rural; bajo limitaciones de composición de zonas de condensación, difusión de población, y propiedades orográficas particulares que determinan la ubicación de las rutas. El modelo es el Problema de Rutas de Vehículos con Arcos Capacitados y el procedimiento metaheurístico implementado es una diferencia del método de Búsqueda Voraz Adaptativo Probabilista. Para la generación de ruta utiliza el algoritmo GRASP. Sus resultados fueron positivos incluso sin necesidad de bastantes iteraciones y el tiempo de ejecución no fue muy elevado.

2.1.2 A nivel nacional

Ruiz y Vidal (2016) en su tesis “Modelo de optimización del sistema de recojo de residuos sólidos en el distrito de Reque para mejorar la eficiencia de operaciones Chiclayo-2016”, tuvieron como objetivo optimizar distancias implementando el método Agente Viajero para la

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

optimización de rutas, que a la par de disminuir los tiempos de recolección, también abarca la cantidad máxima de los vehículos. Utilizaron un criterio lógico, marchando de las 4 fases para el recojo de residuos sólidos, del Distrito de Reque: 28 de Julio, Reque Centro, Villa y La Esperanza. Como instrumentos de recolección de datos aplicaron encuestas en dichos sectores, también una lista de cotejo y observación. Construyeron el método lineal, así mismo, con variables de decisión que pasan las cien y el número de restricciones los 20, lo que planteaban y resolvían para cada una de las rutas. EL agente viajero fue modelo usado con programación entera, generando rutas óptimasm logrando así alejamiento como puesto objetivo y dado que el camión transita todos las zonas en un día. La simulación del modelo de programación lineal fue a través del software GRAFOS, con la extensión de Solver. Para el diseñar y evaluar el modelo de optimización, se pudo recoger como medida a la distancia optimizada de trayecto y el comburente que se utiliza. Se finaliza que para la zona Reque medio se disminuye a 42% llos trayectos; para 28 de julio se disminuye a 38%; para la zona Villa el sol a 31%. y Esperanza se disminuye a 13%

Ramírez (2014) en su tesis “Uso de la dinámica de sistemas para optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto”, utilizó la dinámica de sistemas en tres fases; primero, la presentación; luego, la especialización y agua sin la, conceptualización; y el análisis y evaluación Se proyecta el comportamiento de los residuos sólidos; puesto que se tiene el desarrollo de estas fases. Los diagramas de Forrester. Para que simulen el comportamiento del sistema en base a las variables y ecuaciones.se diseñaron mediante la dinámica de sistemas. Además, el distrito de Tarapoto fue el de programación lineal, el cual evidenció que con un efectivo uso de recursos se puede minimizar una ruta 102 kilómetros de recorrido ahorrando combustible y la depreciación del vehículo. Por otro lado, lingo, un software, como la herramienta de fácil uso y para optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos. En conclusión, la metodología contribuyó a mejorar en plan de recojo de

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

residuos sólidos, con el uso de la dinámica de sistemas como en el distrito de Tarapoto y con la programación lineal propuso una opción para optimizar .

Taquia (2013) en su tesis “Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos” cuyo objetivo fue mejorar la empresa de transporte de residuos sólidos, donde se llegó a planificar el método más adecuado de optimización de rutas. La propuesta para la conclusión de manera axacta. Por el borde del microruteo, la fórmula para diagnosticar el número de vehículos indispensables para recolectar los residuos en todo el distrito, mientras que para el macroruteo acomodó el procedimiento del Agente Viajero (TSP). Esta solución de rutas primero; se sectorizó en ruta, seguro: detalló el número de trayectos imprescindibles en el distrito y los recursos imprescindibles para desarrollarla, mediante la maximización del volumen de camiones basureros libres; en cuanto a la segunda ha sido plantear el modelo de optimización. Sus resultados mostraron una reducción a 2 del número de vehículos diarios necesarios para recoger los residuos sólidos del distrito. El método de optimización ha permitido la reducción en el periodo total de recorrido en 20% como origen. La evaluación económica del rendimiento se realizó en un horizonte de 10 años, logrando un Valor Presente Neto de más de 2 millones de soles y una Tasa Interna de Retorno de 75.1%.

2.2 Estado del Arte

El algoritmo de Bellman-Ford, surgió entre los años 1920 – 1940, fue creado por Richard E. Belman y Lester Randolph Ford, con la finalidad de dar solución a los problemas de los grafos, Ya que se basa en el diseño de camino máximo y mínimos, donde se traza una línea desde el punto de salida hasta el punto de llegada, dando soluciones a las rutas cortas y minimizando la distancia en las rutas largas, para lograr tener menores costos (Rodríguez, 2010).

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

El algoritmo de Bellman-Ford, se diferencia de los demás algoritmos existentes, porque permite la existencia de peso y detección de ciclos negativos (Álvarez, Jasso, Méndez, Reta y Ríos, 2013)

El algoritmo de Bellman-Ford, es utilizado cuando existen pesos negativos en las líneas, además es considerado como un diseño básico que relaja todas las líneas o rutas que se tienen que recorrer, en cambio el algoritmo de Dijkstra se basa únicamente en seleccionar el nodo de menor peso (Muños y Arpi, 2013)

En vista de que el algoritmo de Dijkstra no tomaba los ciclos negativos al recorrer las rutas, surgió la necesidad de investigando y dar la solución a ello, el cual dio paso al algoritmo de Belman.Ford, que no solo destaca los valores negativos, si también nace de un vértice y relaja todas las líneas al recorrer permitiendo la obtención resultado positivos (Arias, 2013).

Según Rangel (2015), el algoritmo de Bellman-Ford, es una gran herramienta para dar soluciones a los problemas que se encuentran en los grafos cuando se diseñan las rutas que se tienen que recorrer. Además, se realizan vectores de distancia, para tener una adecuada dirección y eficiencia en el recorrido.

Cruz et., (2016) en su artículo “Items-mapping and Route Optimization in a Grocery Store using Dijkstra’s, Bellman-Ford and FloydWarshall Algorithms” nos comenta que aplicaron en base a tres algoritmos de entre ellos el Algoritmo Bellman Ford en un supermercado, a los clientes se les instalaba una aplicación en su celular la cual tendría información de la ubicación de los diferentes tipos de comida que cada uno sería nodos, el cliente tendría que seleccionar en que sección de comidas se encontraba, luego de eso tendría que seleccionar la sección de comida a donde desea desplazarse. El algoritmo de Bellman Ford fue uno de los que mejor optimizó la ruta logrando mejorar el tiempo de compra de los clientes.

2.3 Bases teóricas científicas

2.3.1 Recolección de Residuos sólidos

2.3.1.1 Residuo

Se le denomina residuo a un material en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que es producto del consumo o uso en actividades de tipo industrial, domiciliaria, comercial, etc. Estos residuos son abandonados, rechazados o entregados por quien los genera, y pueden ser aprovechados para su transformación en otro bien nuevo, con posible económico o simplemente listo para su disposición final (Elías, 2012).

2.3.1.2 Residuo Sólido

Un desecho o residuo sólido según Márquez (2010) es todo tipo elemento generado por el ser humano en forma o estado sólido, resultado de su accionar diario. Este tipo de desecho sólido a diferencia de los líquidos y gaseosos, ocupan un mayor porcentaje de espacio al no asimilarse al resto de la naturaleza, e incluso, muchos de ellos permanecen por años y hasta siglos en el terreno donde se encuentran. Los residuos sólidos están divididos en dos aspectos: aprovechables y no aprovechables (Abad, Cavadia, Madera y Pérez, 2013).

2.3.1.3 Recolección de residuos sólidos

El correcto manejo de los residuos sólidos en las ciudades con poblaciones pequeñas, deben ser realizados con una visión integral pero en consideración de los factores y características propias de ella para asegurar su sostenibilidad y beneficios. En la medida de lo posible, este manejo debe contemplar como características el ser Técnico, es decir de fácil implementación, operación y mantenimiento. Así también Social, para que fomente hábitos positivos y desaliente los negativos; Económico, cuyo costo de implementación, operación, mantenimiento y administración sean acorde a lo que la población

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

puede sufragar por el servicio; Organizativo, esto es, que la administración y gestión del servicio sea simple y dinámico, racional. Por otro lado, debe cumplir con las características de Salud, al prevenir enfermedades infecciosas, y Ambiental, al evitar impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire (Márquez, 2010).

2.3.1.4 Métodos de Recolección

El método de recolección de datos es parte fundamental del sistema que se plantee, pues conforme a ello se organiza la información para el desarrollo de los indicadores de atención a los usuarios del servicio de los sistemas de recolección de desechos. De acuerdo con las demandas del servicio y en qué medida se encuentren tecnificados los equipos (lo cual guarda una relación directa con el nivel de servicio pero a su vez es inversamente proporcional a la contribución del usuario en el desempeño del servicio), los métodos de recolección pueden ser clasificados de la siguiente manera según Márquez (2010):

- Método de Esquina
  Se refiere a una demanda discreta semi mecanizada pero con un alto grado de participación del usuario.
- Método de Acera, el cual refiere a una demanda continua semi mecanizada pero a diferencia del anterior método, tiene una mediana colaboración del usuario.
- Método Intradomiciliario,
  Se refiere a una demanda semicontinua, pero con baja e incluso nula participación del usuario.
- Finalmente, el Método de Contenedores que refieren a una demanda discreta, mecanizada y con alta participación del usuario.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

2.3.1.5 Rutas de Recolección

Según Racero y Pérez (2006), el desarrollo económico y los cambios suscitados en las tendencias de consumo, han sacado a la luz los problemas presentes en atención y prestaciones de los servicios públicos, en particular, por el precio, muy elevados del servicio, en la etapa de recolección, manejo y transporte de los residuos sólidos domiciliarios (RSD). La capacidad de los camiones, las distancias recorridas por éstos, el acelerado crecimiento poblacional, además del diseño erróneo de las rutas para hacer funcionar el servicio de recolección, han aportado a que éste último no cumpla lo mínimo esperado de este servicio.

En su mayoría, las rutas son diseñadas empíricamente cuando lo correcto debe ser, basarse en un estudio técnico que justifique los tiempos y el gasto a incurrirse en combustible para cumplir con el servicio de manera óptima. Sin embargo, las personas son también parte del problema, pues es común que arrojen sus residuos en cualquier lugar sin conciencia de lo que dicha acumulación provoca a futuro. Esto complica, además, la recolección en todo su proceso y obliga a los camiones a perder tiempo valioso deteniéndose más de lo debido en ciertos lugares donde no debiese haber basura acumulada. Así también, es usual que los camiones recorran rutas no programadas inicialmente, lo que una vez más, evidencia mayores gastos en ese aspecto, de tiempo, combustible, etc., y por ende, no se cumpla con el servicio esperado en otros lugares (Racero y Pérez, 2006).

Sakurai (1980) ya especificaba que el propósito de diseñar rutas pasa por primero, sectorizar la ciudad para poder asignar a cada uno de estos sectores un equipo y cantidad más apropiado para la recolección (sin excesos ni poca carga a los trabajadores del sistema); y, en segundo lugar, el desarrollo de una ruta por cada subsector para que se facilite el trabajo con cantidades menores de tiempo y recorrido.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

2.3.2 Planificador de rutas

Para el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017), los aspectos a considerar para la planificación de rutas son:

- Tipo y número del equipo equipo seleccionado
- Tamaño de la tripulación
- Frecuencia de recolección
- Distancia entre paradas y estaciones
- Distancia al sitio de disposición final.
- Topografía del terreno
- Tráfico en la ruta y condiciones de los caminos.

Otras deferencias para la planificación de rutas son que las rutas no deben diseñarse fragmentadas o traslapadas, esto es, que las rutas ataquen un área geográfica completa, pero de manera balanceada y razonable en tiempos para cada una. Las calles de un solo sentido y las partes elevadas hay que tomarlas en cuenta primero y desde su principio y minimizar las vueltas en U.

A. Macroruteo

Para SEDESOL (1999) el macroruteo consiste en la sectorización de la ciudad, la determinación del número de camiones para cada uno de estos sectores operativos y para cada vehículo recolector, asignarle un área del sector. En general, implica determinar el tamaño de cada ruta (comúnmente en función a la cantidad de manzanas o vías en kilómetros) de modo que la cantidad diaria trabajada sea similar entre las rutas, pero maximizando el uso de los recursos.

b. Sectorización

Sobre un plano de la ciudad, o bajo herramientas como google maps, realizar la división de la recolección de los RSD

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

en grandes zonas de manera homogénea según ello sea posible, por ejemplo, teniendo en cuenta los aspectos de producción de residuos, tipos de residuos o por áreas que se encuentre delimitadas por accidentes geográficos. El objetivo es la fluidez en las rutas. La norma para constituir límites es reflexionar dentro de lo probable, las vías arteriales y las barreras topográficas; pero siempre cuidando que el recorrido específico con el vehículo, cubriendo la mayor cantidad de viviendas y sea eficiente en carga., para minimizar o evitar pérdidas de tiempo en cruzar estas barreras y vías. (Racero y Pérez, 2006).

B. Microruteo

SEDESOL (1999) denomina microruta al recorrido específico que los vehículos recolectores deben cumplir a diario, en las áreas asignadas, a fin que colaboren en lo mayor posible, los RSD generados por la población de un área. Se desarrolla una ruta de recorrido para cada subsector en la que se recolecte más en menor tiempo y recorrido. Para distribuir las rutas se deben considerar las restricciones que ello conlleva, de acuerdo con el método de recolección, los horarios, etc. Existen dos tipos de trazos de rutas de recolección:

- Peine: Se procede a recoger de ambos bordes de las vías a la misma hora y se transita sólo una vez por cada vía. Es recomendable para zonas de escasa densidad poblacional.
- Doble peine: Se procede a recoger de un lado de las vías; aunque el recojo es por lo menos dos veces por cada vía (se aplica para zonas de alta población)

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

- **Algoritmos para la optimización de rutas:**

De acuerdo con Tan (2012) y Rodríguez et al. (2010) los algoritmos de optimización se pueden organizar en:

- Algoritmos convencionales, que son usados en caminos electrónicos o solo como valor inicial poblacional, ejemplo: Dijkstra, Programación Lineal, Camino de costos mínimos, camino de costos incrementales, Bellman Fulkerson caminos de mínimo retardo, Bellman Ford, entre otros.
- Algoritmos Heurísticos, que son usados en la búsqueda de excelentes rutas y no necesariamente rutas óptimas, tales como: Hormiga, Genéticos, Búsqueda Tabú y Simulated Annealing.

Los métodos más recomendables, son los determinísticos pues en ellos incluye todos los parámetros incidentes en el diseño de las rutas de recojo, lo cual deriva en rutas verdaderamente óptimas, esto es, rutas con costo y tiempo mínimos, pero con un nivel de recolección de residuos sólidos en máximas cantidades posibles. Para el diseño de micro rutas, los dos métodos más usados según Racero y Pérez (2006) son:

- Algoritmo del problema del Agente Viajero, utilizado para diseñar rutas utilizando el método de parada fija y el de contenedores.
- Algoritmo del problema del Cartero Chino, utilizado en el método de recolección por acera y el intradomiciliario.

Con los métodos mencionados, son también observables la eficiencia de cobertura, tiempos muertos, de traslado y otras informaciones útiles. Incluso combinando adecuadamente la intuición, el buen juicio y el apoyo tecnológico y financiero, se pueden reducir los costos de recojo aun cuando se trate de una extensión del servicio.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

- **Teoría de grafos**

Para Henao y Piedrahita (2015), la planificación de rutas de distribución ha solucionado sus problemáticas con la teoría de grafos, gracias a que facilita su modelamiento por ser sus estructuras conceptualmente similares. Similar que las rutas de repartición, los grafos son estructuras discretas que acoplan vértices mediante arcos. Un grafo dirigido (figura 1) se denota por G= (V, A), donde:

- V es un conjunto no vacío de vértices y
- A C V × V es un conjunto de arcos.

Cada a ∈ A tiene asociados dos vértices de V, i y j, i ≠ j:

- i es el origen del arco y
- j, el destino del arco.

El arco a también se denota por (i, j), haciendo referencia al vértice origen y al vértice destino del arco.

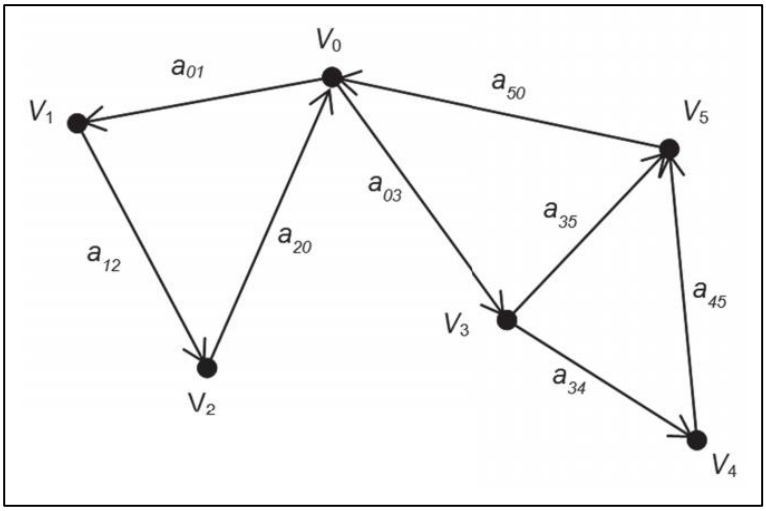


Figura 1: *Representación esquemática de un grafo*

Fuente: Correa, Cogollo y Salazar (2011)

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

- **Algoritmo de Bellman-Ford**

Correa, Cogollo y Salazar (2011) indican que el Algoritmo de Bellman Ford, permite solucionar, el enigma de la ruta más adyacente, con estilo más pluralizado que el Algoritmo de Dijkstra, pues permite lograr valores adversos en los arcos. El algoritmo arroja un valor booleano si encuentra un circuito o lazo de peso adverso, de ser lo opuesto, calcula y retorna el camino mínimo con su coste. Para cada vértice v perteneciente a V, se mantiene el atributo d[v] como cota superior o costo del camino mínimo desde el principio s al vértice v.

Meza & Ortega (2006) nos explica la fórmula matemática del algoritmo Bellman Ford partiendo de s que es el vértice de inicio para un grafo G, donde G contiene la lista de todos los vertices adyacentes que forman el grafo G. Nos dice cada uno de los vertices contendrá un previo o vértice de procedencia o grado de entrada $grado(v) = d - (v)$, luego se inicializa el vértice inicial s en 0 $costo(s) = 0$ y los vertices v en ∞ excepto el vértice inicial s $costo(v) = +\infty \; \forall v \neq s$, y su fórmula para aplicar el proceso de relajación es esta:

$$T = \{s\}, costo(s) = 0, costo(v) = +\infty \; \forall v \neq s, Apuntador(s) = NULO.$$

2.4 Definición de términos básicos

- ✓ **Arcos:** Grupo de líneas que juntan ciertos pares de nodos, que simboliza los caminos, cables, tuberías, trayecto de manejo (Correa, Cogollo y Salazar, 2011).

- ✓ **Nodos:** Grupo de puntos dentro de una red, simbolizan cruceros, aeropuertos, señales de conmutación, entre otros (Correa, Cogollo y Salazar, 2011).

- ✓ **Optimización:** Buscar una mejor manera de realizar una actividad (Pérez y Gardey, 2009).

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

- ✓ **Residuos urbanos o municipales:** generados en los domicilios, oficinas, centros de comercio y otros servicios, y no tienen la calificación de desechos peligrosos. Proceden de la limpieza pública, áreas verdes, playas. Son también los animales domésticos muertos, enseres, muebles, vehículos abandonados; los escombros de las obras de construcción domiciliar (Elías, 2012).

- ✓ **Sectorización:** Calificación de las distintas zonas de la ciudad de acuerdo a reglas de la planificación (Sakurai, 1980).

CAPÍTULO III: Marco metodológico

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo Cuantitativa ya que se trabajará con valores numéricos para la recolección de datos sobre las rutas del distrito de Chiclayo, y luego será implementado al algoritmo de Bellman Ford.

3.1.2 Diseño de la investigación

La investigación corresponde a un diseño experimental del sub tipo cuasi-experimental ya que en la investigación se manipulará la variable independiente “Planificador de ruta” para optimizar la ruta de recojo de desechos sólidos.

3.2 Población y muestra:

La población se conformará de acuerdo al libro “Teoría de Grafos” Ruohonen, Keijo (2013) donde menciona la siguiente lista de algoritmos importanes:

• Algoritmo de búsqueda en anchura (BFS)

• Algoritmo de búsqueda en profundidad (DFS)

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

• Algoritmo de búsqueda A*
• Algoritmo del vecino más cercano
• Ordenación topológica de un grafo
• Algoritmo de cálculo de los componentes fuertemente conexos de un grafo
• Algoritmo de Dijkstra
• Algoritmo de Bellman-Ford
• Algoritmo de Prim
• Algoritmo de Ford-Fulkerson
• Algoritmo de Kruskal
• Algoritmo de Floyd-Warshall

Para determinar la muestra será a conveniencia por lo que elegiré el algoritmo de Bellman Ford por ser uno de los mejores para el desarrollo de optimización de rutas.

3.3 Hipótesis

Utilizando el algoritmo de Bellman Ford implementado a un planificador de rutas permitirá mejorar el recojo de desechos sólidos en la Ciudad de Chiclayo.

3.4 Variables

3.4.1 Variable independiente:

El algoritmo Bellman Ford

3.4.2 Variable dependiente:

Planificador de rutas.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

3.5 Operacionalización

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Formula	Descripción
El algoritmo Bellman Ford	Tiempo de Ejecución.	Tiempo.	Segundos y decisegundo.	$TE = TF - TI$	TE = Tiempo de Ejecución. TI = Tiempo de Inicio. TF = Tiempo Final
Variable dependiente	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Unidad de medida**	**Formula**	**Descripción**
Planificador de rutas	Costo.	Distancia.	Metros.	$W_i = L_i$	W = Arco de la ruta. Li = Longitud de la ruta i.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

3.6 Abordaje Metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Abordaje Metodológico

Primeramente, se extraerá las coordenadas de latitud y longitud de las calles donde identificó el usuario en "Google Maps" los focos infecciosos como se describe en la muestra, para luego transmitirla a una matriz de adyacencia donde se procesará inmediatamente estos datos para ser analizados el algoritmo del Bellman Ford. Una vez hecho esto el resultado será la ruta más óptima.

3.6.2 Técnicas de recolección de datos

3.6.2.1 Observación Científica:

Se seleccionó esta técnica porque nos ayuda a observar el ambiente para obtener información requerida que antes a sido elegida para la investigación.

3.6.3 Instrumentos de recolección de datos

- **Guía de Observación:** se utilizará para orientar la atención en lo que necesitamos observar o analizar referenciado en el anexo 01.

3.7 Procedimientos para la recolección de datos

Para el procedimiento de recolección de datos se tendrá como referente la ubicación de los nodos establecidos en el muestreo probabilístico (calles).

1. Captar las coordenadas del sitio capturado por el usuario y pasarlas a un grafo.
2. Efectuar el procedimiento del algoritmo de Bellman Ford sobre el grafo para obtener la ruta óptima.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

3. Obtener resultados en el mapa, previamente realizado una transformación del grafo con la ruta óptima en el mapa.
4. Los datos de utilidad alcanzados del planificador de rutas se ingresarán en la guía de observación.
5. Estos datos almacenados en la guía de observación permitirán realizar la definición de los resultados.

3.8 Análisis estadístico e interpretación de los datos

La Información reunida con las herramientas de recaudación de datos, será filtrada, validada e interpretada de acuerdo a los fines de la investigación planteados en el acápite de objetivos. Para ello se utilizarán algunas herramientas informáticas que permitan realizar las simulaciones del planificador de rutas programado con el algoritmo de Bellman Ford.

3.9 Principios éticos

Los criterios éticos que se respetan en el presente proyecto de tesis es el Código Deontológico del Colegio de Ingenieros de Perú en su Capítulo II "De la Relación con el Público" en su artículo 106 expresa:

Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuarán con seriedad y convicción, cuidando de no crear conflictos de intereses, esforzándose por ampliar el conocimiento del público a cerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad.

3.10 Criterios de rigor científico

La presente propuesta de investigación se realiza siguiendo los juicios científicos establecidos, permitiendo garantizar la calidad de la propuesta de investigación. Así, se sigue la coherencia metodológica durante el desarrollo de la propuesta de la investigación, según el muestreo de datos, los cuales son al azar para ser totalmente imparcial en el recojo de datos.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados en Tablas y gráficos

Para obtener resultados con respecto al algoritmo de Bellman Ford, se basó en 7 casos diferentes, la ejecución del sistema se hizo en dos ordenadores distintos la cuales tienen estas especificaciones:

Intel(R) Core(TM) i7-4700MQ CPU @ 2.40GHz, 12.0 GB RAM, Sistema operativo Windows 8.1.

Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz, 8.00 GB RAM, Sistema operativo

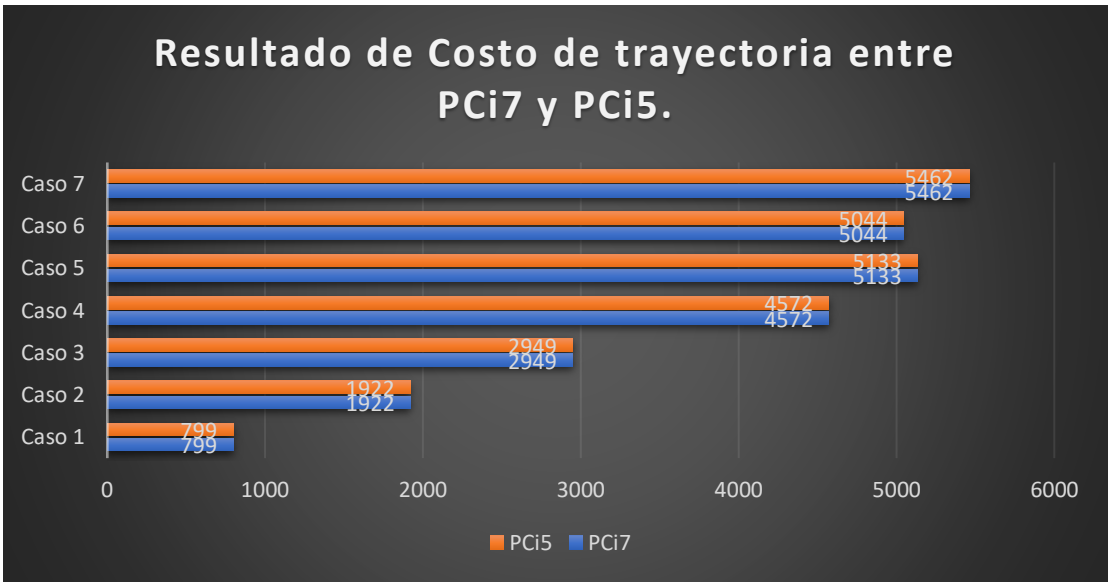
Windows 10.

El algoritmo de Bellman Ford se implementó en el lenguaje de programación PHP, la matriz de adyacencia se almacenó en el Sistema Gestor de Base de Datos MySql.

Para aplicar el algoritmo de Bellman Ford se tomó en cuenta un terreno de 1078 km2 situado en el distrito de Chiclayo la cual se visualiza en el anexo 2.

El costo de trayectoria para ambos casos tanto PCi7 como PCi5 no varia la cual nos arrojo el resultado a continuación:

Gráfico 1: *Resultado de Costo de trayectoria entre PCi7 y PCi5.*

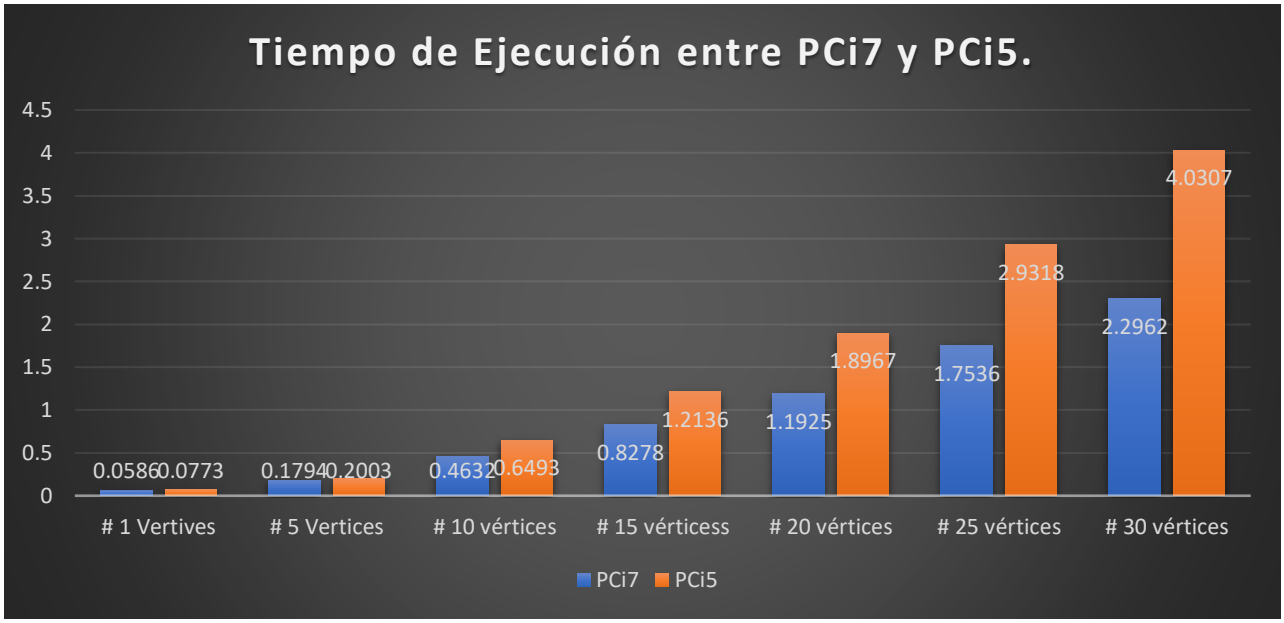


Fuente: Elaboración Propia

La información obtenida del tiempo de ejecución de los 7 casos aplicados con el algoritmo de Bellman Ford se evidencia a continuación.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Gráfico 2: *Tiempo de Ejecución entre PCi7 y PCi5 de acuerdo a los 7 casos.*



Fuente: Elaboración Propia

4.2 Discusión de resultados

Se puede apreciar claramente que si se ejecuta el algoritmo de Bellman Ford entre una PCi7 y PCi5 el costo de trayectoria que arroja no varía, como se realizo en los 7 casos donde el primer caso se selecciono un marcador inicial y un foco infeccioso, de esta manera se llevo una sucesión de los focos infecciosos en crecimiento, para el segundo caso se tomo en cuenta 5 focos infecciosos, para el tercer caso se tomo en cuenta 10 focos infecciosos, para el cuarto caso se tomo en cuenta 15 focos infecciosos, para el quinto caso se tomo en cuenta 20 focos infecciosos, para el sexto caso se tomo en cuenta 25 focos infecciosos, para el septimo caso se tomo en cuenta 30 focos infecciosos.

Donde varió el algoritmo fue en el tiempo de ejecución en ambos ordenadores con procesador i7 e i5, quedando en primer lugar el procesador i7 con el mejor tiempo de ejecución.

Una vez ejecutado el algoritmo de Bellman Ford, lo primero que se debe de hacer es encontrar la ruta más corta desde el vector inicial hacia los diferentes focos infecciosos seleccionados previamente, lo cual el primer foco infeccioso elegido como el más cercano pasaría a evaluarse como vector de inicio y luego se tendría que hacer el mismo procedimiento hacia los focos infecciosos restantes para encontrar el más cercano y así encontrar la ruta óptima. Estos pasos son muy importantes a la hora de obtener el tiempo de ejecución ya que mientras el grafo sea mucho mayor, el algoritmo tendrá que evaluar vértice por vértice por lo

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

que el procesador del computador juega un punto clave a la hora de calcular el tiempo de ejecución.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Generalidades de la Propuesta

La propuesta planteada en esta investigación da inicio primeramente preparando el conjunto de datos, una vez obtenido la ruta de recolección de desechos sólidos de Chiclayo se pasará estos datos a un grafo para que seguidamente se aplique el algoritmo de Bellman-Ford, cabe resaltar que para guiarse se procederá a leer detalladamente investigaciones en cuanto a la forma de aplicar estos pasos, bien sea investigaciones de algoritmo de Bellman-Ford como de otros algoritmos. Después se realizará las pruebas respetivas sobre el algoritmo de Bellman-Ford, y luego se comparará las rutas candidatas.

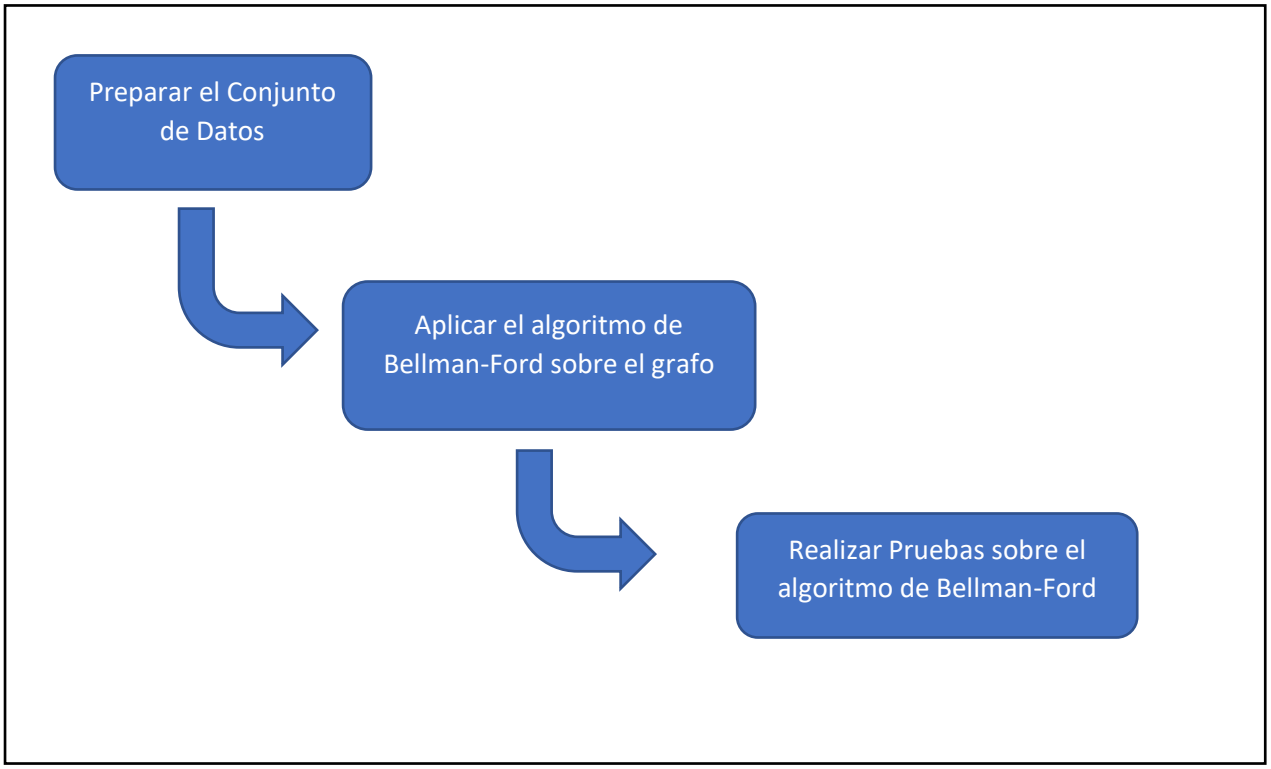


Figura 2: *Diagrama de los Procesos a Desarrollar*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

5.2 Prepara el Conjunto de Datos

5.2.1 Obtener los puntos georreferenciados

Para obtener información de estos puntos georreferenciados que son Latitud y Longitud se utilizó el aplicativo de “Google Maps”, que se ubicó en la Ciudad de Chiclayo. Para seleccionar estos puntos georreferenciados se tomó al azar, simulando una plataforma donde cualquier ciudadano realice una denuncia de focos infecciosos. Luego de esto se procederá a convertir en un grafo para su estudio.

Según Jin-dong et. (2015) en su artículo “Vehicle routing in urban areas based on the Oil Consumption Weight-Dijkstra algorithm” para recolectar la información de las coordenadas y su direccinamiento de las calles lo hacen de Google Maps pero de forma manual, obteniendo resultados precisos.

Se me presento una duda ¿Porqué no se podía realizar de forma automático?, Mis dudas fueron respondidas en el proceso que iba avanzando la implementación de forma automática, pero logrando resultados no precisos, como bien se sabe el api de Google Maps presenta una seria de librerías que nos facilita la obtención de las coordenadas, y para calcular su costo se utilizo la librería geometry, que mediante el método computeDistanceBetween nos da automáticamente el costo de un punto hacia otro pero de forma no consistente ya que lo calcula pero sus resultados no son confiables. Como se puede estimar en la imagen a continuidad se hizo una semejanza entre lo calculado de diseño manual con lo calculado de forma automática utilizando el api de Google Maps:

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

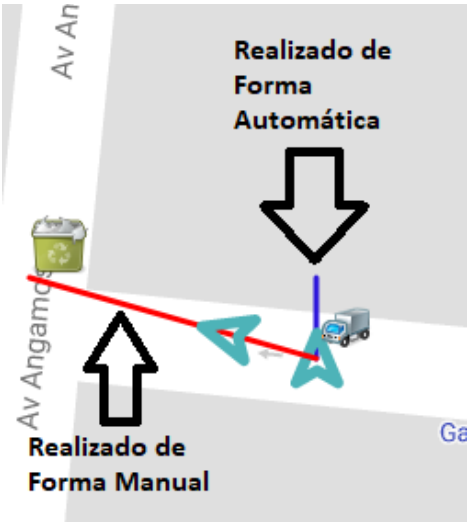


Figura 3: Comparación de Costo de un punto hacia otro realizado de Forma Manual y realizado de Forma Automática

Fuente: Elaboración Propia

Otro punto por el cual no se tomó en cuenta de forma automático fue porque Google Maps a la hora de descargar la información de las calles de un cierto sector solo nos facilita las coordenadas pero no su direccionamiento como se puede apreciar en la imagen a continuación:

```
cemark>
ame>Sector_Chiclayo_Poligono</name>
tyleUrl>#poly-000000-1200-77-nodesc</styleUr
olygon>
<outerBoundaryIs>
  <LinearRing>
    <tessellate>1</tessellate>
    <coordinates>
      -79.8442192,-6.7632286,0
      -79.8442635,-6.7635816,0
      -79.8438773,-6.763752,0
      -79.8437606,-6.7634511,0
      -79.8442192,-6.7632286,0
    </coordinates>
  </LinearRing>
```

Figura 4: Información Descargada de un sector de Chiclayo de Google Maps

Fuente: Elaboración Propia

Por estas razones expuestas es porque se realizo la creación de la matriz de adyacencia de forma automática.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Los datos de las calles que se tomó del aplicativo Google Maps como ejemplo para la investigación son:

Tabla 1: *Simulación de denuncias de focos infecciosos*

Indicador del Mapa	Latitud, Longitud	Lugar Ruta
A	-6.764400, -79.844146	Av. Manuel Pardo 682
B	-6.763466, -79.843228	Alumnos 133
C	-6.764718, -79.842076	Educación 109

Fuente: Elaboración propia

Los datos mostrados en la tabla 2, fueron obtenidos del aplicativo de Google Maps de la Ciudad de Chiclayo como se muestra en la figura 3.

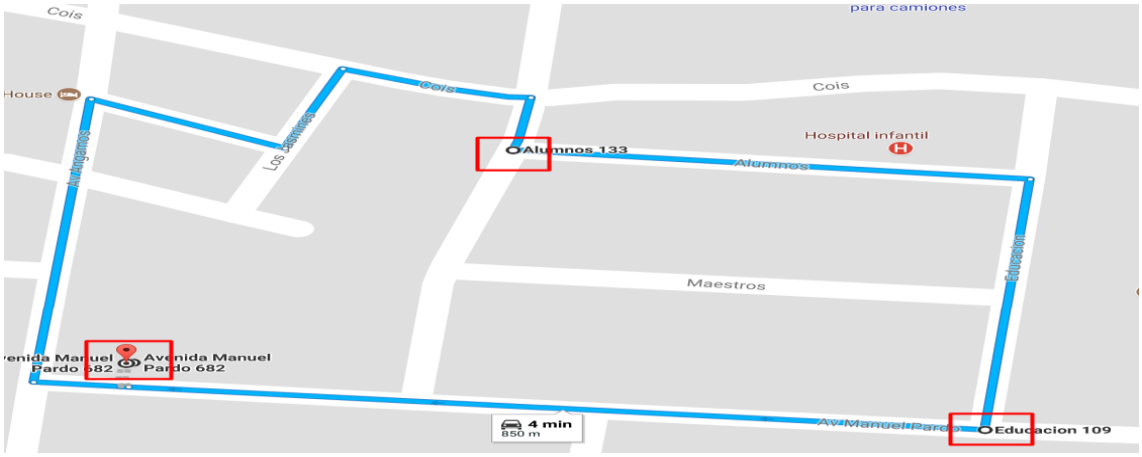


Figura 5: Ruta seleccionadas del aplicativo de Google Maps.

Fuente: Elaboración Propia

Tener en cuenta que la ruta con color celeste de la figura 3 no es la ruta optima, sino que esto se produce automáticamente cuando marcamos los puntos de focos infecciosos en el mapa de Google Maps.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

5.2.2 Convertir puntos georreferenciados a grafos

5.2.2.1 Poner en marcha el problema

El ciudadano hará las denuncias de focos infecciosos para que el camión recolector de desechos sólidos pase por cada denuncia hecha, para ello ¿Cómo se obtendrá la ruta optima, de tal forma que la longitud recorrida sea la menor?

5.2.2.2 Modelado del Problema

El inicio de donde se encuentra el camón hasta donde están los distintos puntos de denuncias de focos infecciosas se debe formar un grafo. El punto de partida del camión será V_0, los puntos de focos infecciosos serán V_1, V_2, y la distancia entre cada V se denomina arista.

5.2.2.3 Solución del Problema

El diseño de esta red de recolección de residuos sólidos se crea de la siguiente forma, V_0 es el punto de partida del camión recolector, el peso de cada arista es equivalente a la distancia que hay entre un nodo o vértice con el otro que se representará en metros (m).

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

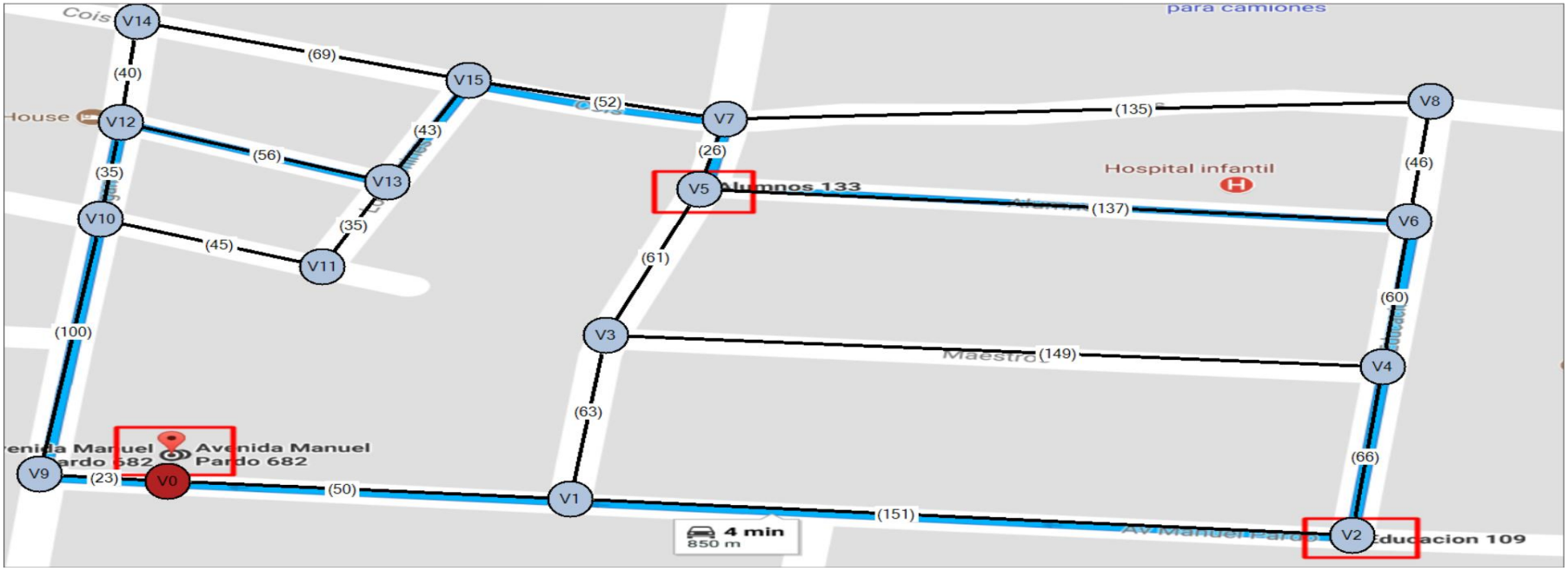


Figura 6: *Diseño del grafo no dirigido de la red de Recolección de residuos sólidos.*

Fuente: Elaboración propia

Este grafo de la figura 4 se transformará en un grafo dirigido gracias a que las calles de Google maps están señalizadas, obteniendo como resultado el grafo dirigido de la figura 5.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

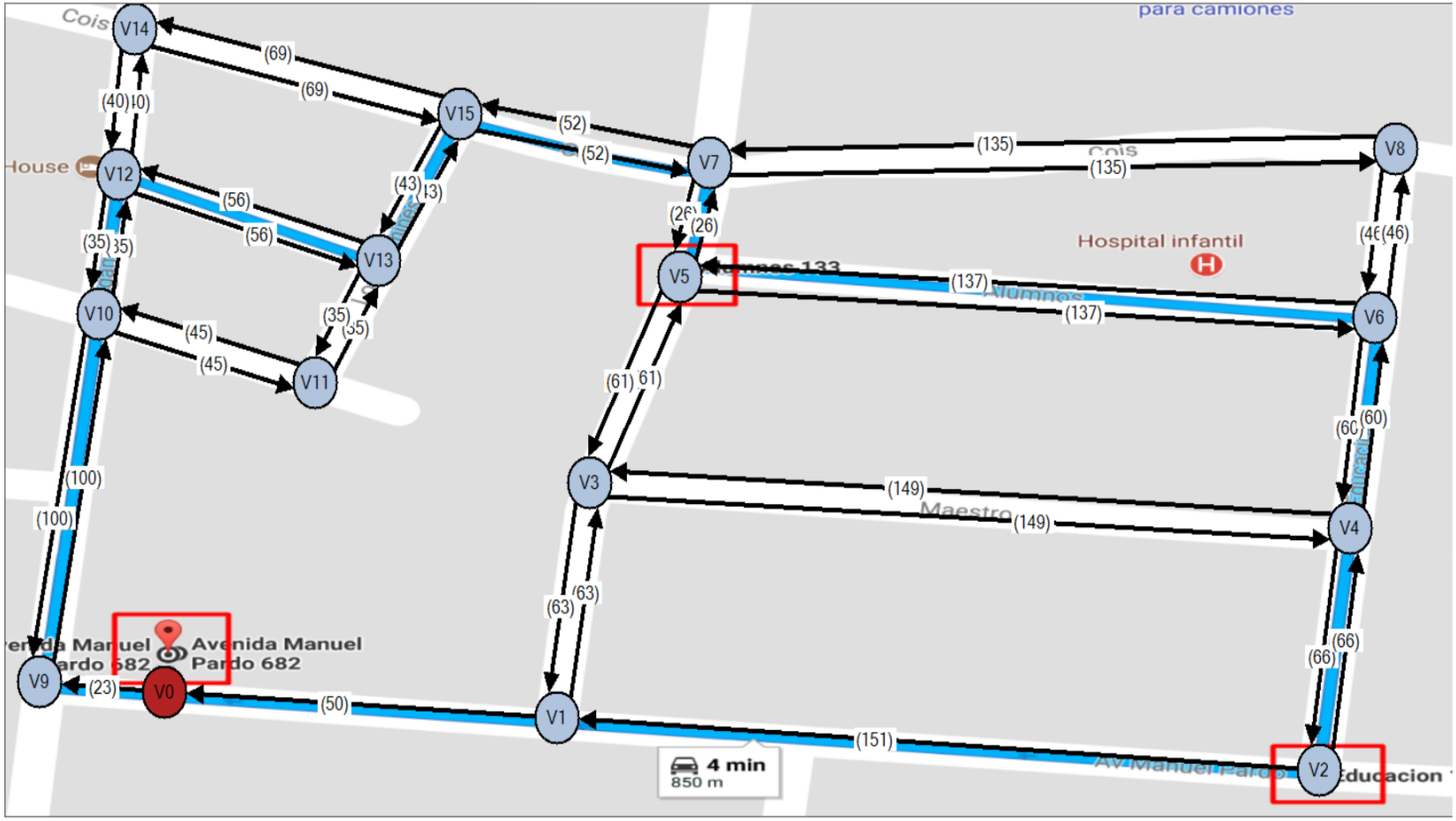


Figura 7: Grafo dirigido del diseño de la red de recolección de residuos solidos

Fuente: Elaboración propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Número del arco (i,j)	Tamaño de la ruta (m) d_{ij}
$(v0, v9)$	23
$(v1, v0)$	50
$(v1, v3)$	63
$(v2, v1)$	151
$(v2, v4)$	66
$(v3, v1)$	63
$(v3, v4)$	149
$(v3, v5)$	61
$(v4, v2)$	66
$(v4, v3)$	149
$(v4, v6)$	60
$(v5, v3)$	61
$(v5, v6)$	137
$(v5, v7)$	26
$(v6, v4)$	60
$(v6, v5)$	137
$(v6, v8)$	46
$(v7, v5)$	26
$(v7, v8)$	135
$(v7, v15)$	52
$(v8, v6)$	46
$(v8, v7)$	135
$(v9, v10)$	100
$(v10, v9)$	100
$(v10, v11)$	45
$(v10, v12)$	35
$(v11, v10)$	45
$(v11, v13)$	35
$(v12, v10)$	35
$(v12, v13)$	56
$(v12, v14)$	40
$(v13, v11)$	35
$(v13, v12)$	56
$(v13, v15)$	43
$(v14, v12)$	40
$(v14, v15)$	69
$(v15, v13)$	43
$(v15, v14)$	69
$(v15, v7)$	52

Tabla 2: *Medida entre intersecciones del grafo*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Luego de obtenido los datos del grafo, se transforma en una matriz de adyacencia donde:

$$A[i][j] = \begin{cases} Wij, cuando < vi, vj > \ \epsilon\, E \\ \alpha, de\ lo\ contrario \end{cases}$$

Figura 8: *Matriz de adyacencia de un grafo dirigido*

Fuente: Optimization of Logistics Route Based on Dijkstra

Esto se describe de esta forma:

- Existirá un arco Wij, entretanto estén enlazados por una arista $< vi, vj > \epsilon\, E$, donde E simboliza el grupo de aristas de un grafo $G = (V, E)$.
- De lo contrario se tomará como α.

Ejemplo:

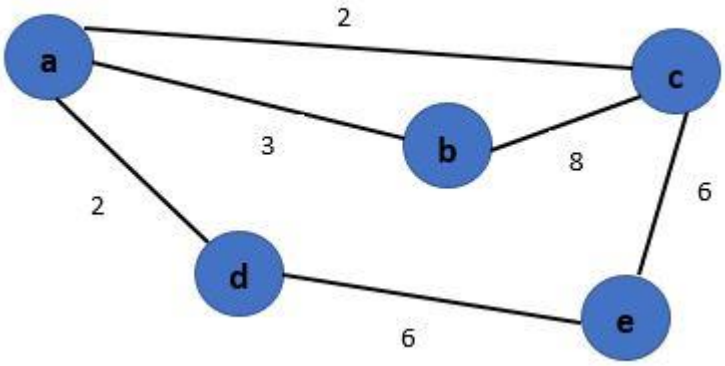


Figura 9: *Ejemplo de un Grafo*

Fuente: Elaboración propia

Se puede formar un arco Wad mientras Va y Vd estén conectados, donde 2 será el peso del arco; de lo contrario se tomará como infinito α.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 3: *Diseño matriz de adyacencia*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	50	α	α	63	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	151	α	α	66	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	63	α	α	149	61	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	66	149	α	α	60	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	61	α	α	137	26	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	60	137	α	α	46	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	26	α	α	135	α	α	α	α	α	α	52
$v8$	α	α	α	α	α	α	46	135	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	100	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	100	α	45	35	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	45	α	α	35	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	35	α	α	56	40	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	35	56	α	α	43
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	40	56	α	69
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	52	α	α	α	α	α	43	69	α

Fuente: Elaboración propia

5.3 Aplicar el Algoritmo de Bellman-Ford sobre el grafo

Según Richard Bellman (1958) el algoritmo partirá de un vértice origen para escoger vértices de mínimo peso y restaurar sus distancias mediante el paso de relajación, Bellman-Ford simplemente relaja todas las aristas y lo hace (|V| – 1) veces, siendo |V| el número de vértices del grafo.

Para la detección de periodos negativos ejecutaremos el paso de relajación más de una vez y si se alcanzaron mejores resultados es porque existe un periodo negativo.

El procedimiento para obtener la ruta más corta es el siguiente:

- Aplicar el algoritmo Bellman-Ford del vértice [0] al vértice [5].
- Aplicar el algoritmo Bellman-Ford del vértice [0] al vértice [2].
- Comparar las distancias anteriores para identificar la primera ruta óptima.
- Aplicar el algoritmo Bellman-Ford de la primera ruta optima elegida hacia la segunda ruta óptima.

Aplicando el Algoritmo Bellman-Ford del Vértice [0] al Vértice [5] y del vértice [0] al vértice [2]:

En este caso se puede encontrar las rutas más optimas de los vértices [5] y [2] partiendo del vértice [0] aplicando el algoritmo sobre todo el grafo porque el vértice [5] está dentro del grafo que se tomó para hallar la ruta óptima del vértice

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

[0] hacia el vértice [2]. Pero surge problemas cuando los vértices de los focos infecciosos no están en un solo grafo. Si no que están muy distanciados, para ello se debería aplicar el algoritmo de Bellman Ford partiendo de un vértice inicial al primer vértice de foco infeccioso y luego del mismo vértice inicial hacia el segundo vértice de foco infeccioso para que se pueda hacer la comparación y elegir el más cercano siendo este la primera ruta a tomar.

Para ello en primer lugar se realizará las inicializaciones y las iteraciones para formar la matriz de adyacencia, asi mismo el grafo dirigido en el lenguaje de programación que se eligió en este caso PHP:

```
1. //Listado de vertices
2.      $vertices = [];
3.      //Listado de vertices adyacentes
4.      $neighbours = [];
5.      //Ruta mas corta
6.      $path = [];
7.
8.      //Iteran los arcos del grafo
9.      foreach($graphs as $edge){
10.             //array_push  Inserta uno o mas elementos al
   final de un array
11.             //Se van agregando todos los vertices al Array de
   $vertices
12.             array_push($vertices, $edge->punto1, $edge-
   >punto2);
13.
14.             //Crea la matriz de adyacencia de todos los
   vertices
15.             //Es decir vertices destino de un vertice de incio
   'x' y su costo
16.
17.             $neighbours[$edge->punto1][] = array(
18.                 'endEdge' => $edge->punto2,
19.                 'cost' => $edge->costo
20.             );
21.         }
22.           //devuelve un nuevo array sin valores duplicados
23.         $vertices = array_unique($vertices);
```

1. **Primera Iteración:**

Primeramente, como se partirá del vértice [0] se inicializa este vértice en 0, y el peso del resto de vértices serian ∞ como nos explica Meza & Ortega (2016) en la fórmula mátemática del algoritmo de Bellman Ford siendo la siguiente: $costo(v) = +\infty \; \forall v \neq s$.

El código php para realizar este proceos es el siguiente:

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
//Iteran todos los vertices
      foreach($vertices as $vertex)
      {
            //Inicializan las distancias de todos los vertices en INF
            $distances[$vertex] = INF;
            //Inicializan el vertice previo a cada uno a NULL ya que aun no se exploran
            $path[$vertex] = NULL;
      }

             //Definimos la primera vertice
             $distances[$vinicial] = 0;
```

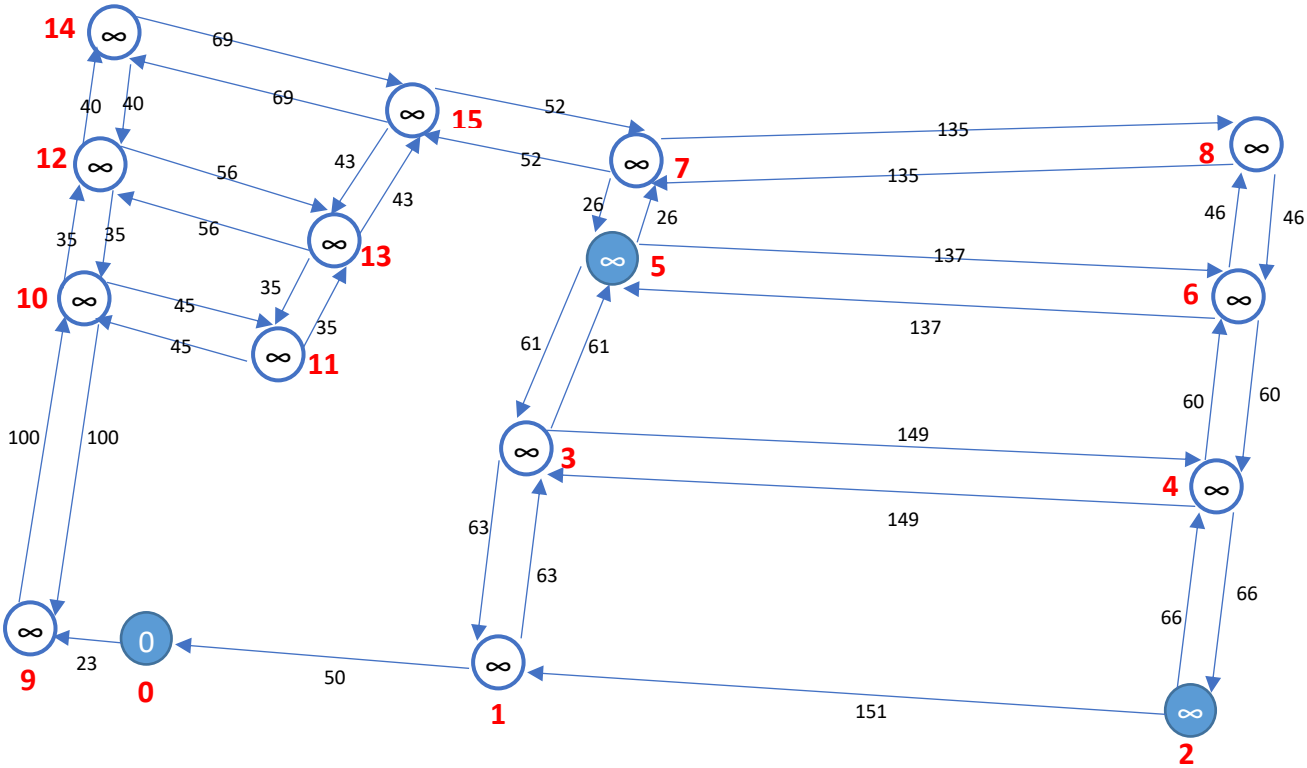


Figura 10: *Inicialización del v0 en 0*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Evaluamos primero para vértice [0]:

El vértice [0] tiene 1 vértice conectado que es [9]. La distancia actual desde el vértice inicial [0] al vértice [9] es ∞ y verificando el paso de relajación como nos explica Meza & Ortega (2006) en la fórmula matemática del algoritmo de Bellman Ford siguiente:

$$T = \{s\}, costo(s) = 0, costo(v) = +\infty \; \forall v \neq s, Apuntador(s) \; = NULO.$$

En base a esta fórmula se aplica para calular el paso de relajación:

distancia [0] + 23 < distancia [9], si se cumple esto se reemplaza el peso del vértice [9] a 23. El paso de relajación nos expone que es posible reelevarlo entonces actualizamos la distancia en el vértice [9] quedando:

Para cumplir esta función se utlizó el siguiente código php basado en el algoritmo de Bellman Ford:

```
1. //iniciamos una cola la cual tendra el hilo de vertices que
   investiga el algoritmo
2.      $cola = [];
3.      //agregamos el primer elemento de la cola que es el punto
   inicial
4.      array_push($cola, $vinicial);
5.
6.      //el bucle funcionara hasta que no haya elementos en la
   cola
7.      while(count($cola) != 0){
8.          //Extraemos el primer valor de la cola
9.          $vertice = $cola[0];
10.             //eliminamos ese valor de la cola
11.             unset($cola[0]);
12.             // cola = [ ]
13.
14.             //reordenamos los indices
15.             $cola = array_values($cola);
16.
17.             //traemos todos los vertices adyacentes al primer
   punto
18.             $adjuntas = $neighbours[$vertice];
19.
20.             //Hacemos un bucle para evaluar cada vertice
   adyacente
21.             foreach($adjuntas as $adj){
22.
23.                 //Definimos una variable con el valor de
   vertice adyacente
24.                 $adjunta = $adj['endEdge'];
25.
26.                 //Hacemos la relajacion
27.
28.                 if($distances[$vertice] + $adj["cost"] < $dist
   ances[$adjunta]){
29.
30.                     //Reemplazamos la distancia actual de
   vertice adyacente
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
31.
32.                         $distances[$adjunta] = $distances[$vertice
   ] + $adj["cost"];
33.
34.                         //Agregamos a la cola el vertice adyacente
   para evualuar
35.
36.                         array_push($cola,$adjunta);
37.
38.                         //Cambiamos la visita del vertice
   adyacente
39.
40.
41.                         //Creamos el recorrido de la ruta mas
   optima
42.                         $path[$adjunta] = $vertice;
43.                     }
44.                 }
45.             }
```

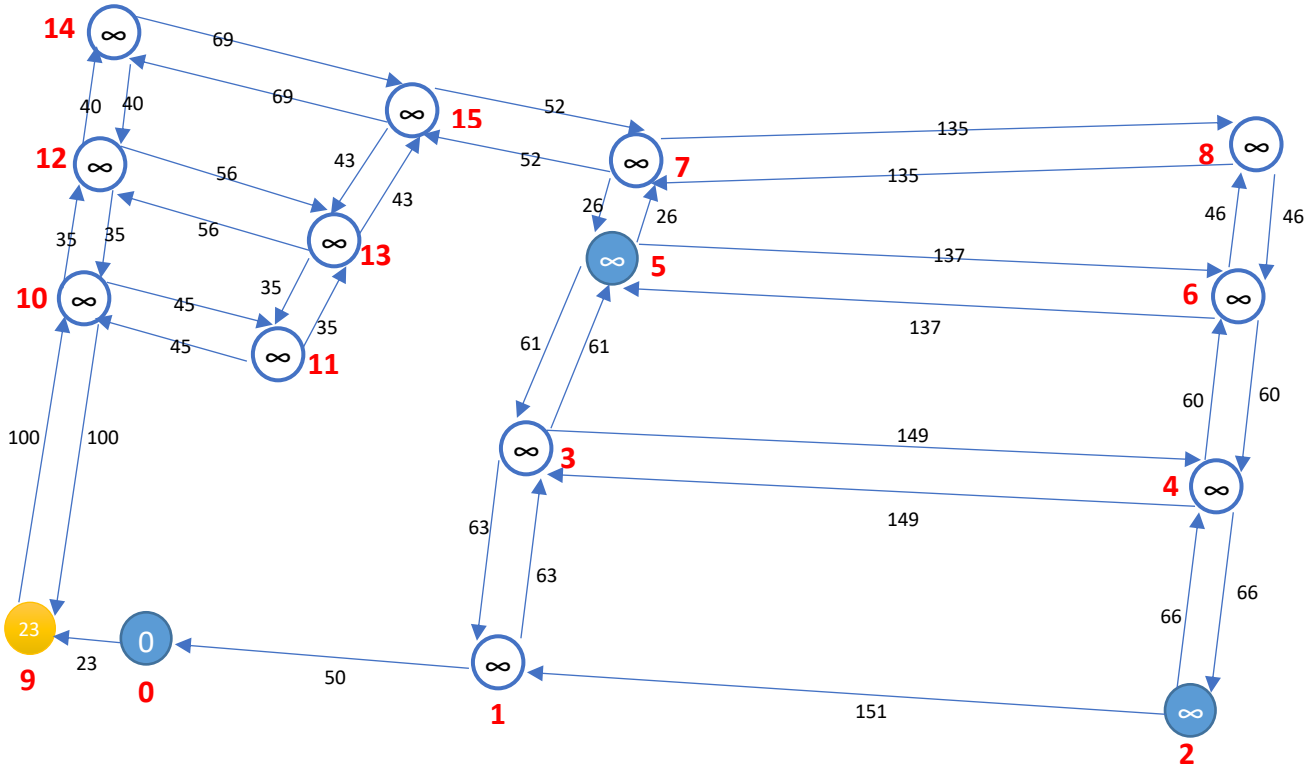


Figura 11: *Evaluación de vértices conectados al v0*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 4: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v0*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Asi mismo se seguirá aplicando el mismo código php explicado anteriormente como nos menciona Meza & Ortega en la fórmula matemática para aplicar el algoritmo de Bellman Ford.

Ahora analizamos los vértices que se conectan al vértice [9]. En este caso solo encontramos el vértice [10] y verificando el paso de relajación distancia [9] + 100 < distancia [10]. El paso de relajación es posible ejecutarlo entonces actualizamos la distancia en el vértice [10] quedando 123, como se muestra a continuación:

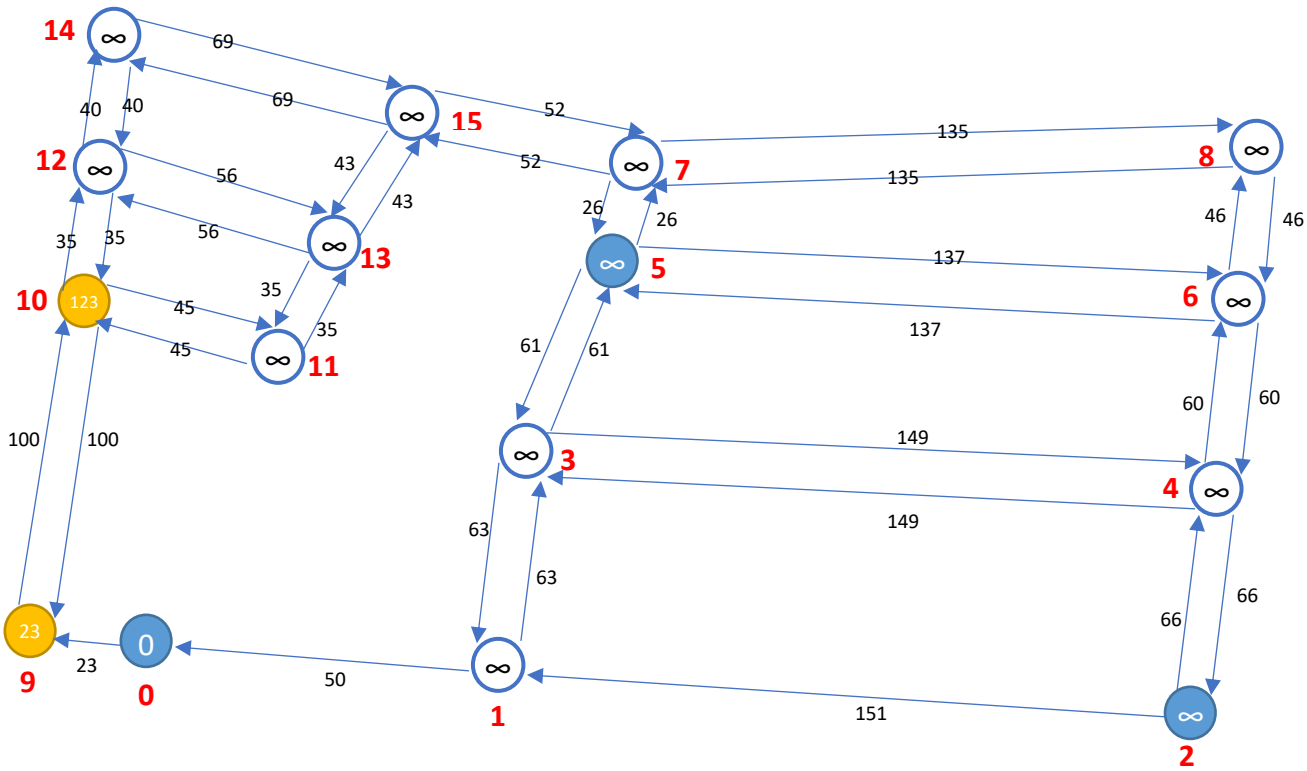


Figura 12: *Evaluación de vértices conectados al v9*

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v9*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Continuamos analizando el vértice [10], a la cual se conectan 3 vértices que son: [9], [11], [12].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se describe a continuación:

Distancia Vértice [10] + 100 < Distancia Vértice [9] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [10] + 45 < Distancia Vértice [11] → Actualiza Distancia
Distancia Vértice [10] + 35 < Distancia Vértice [12] → Actualiza Distancia

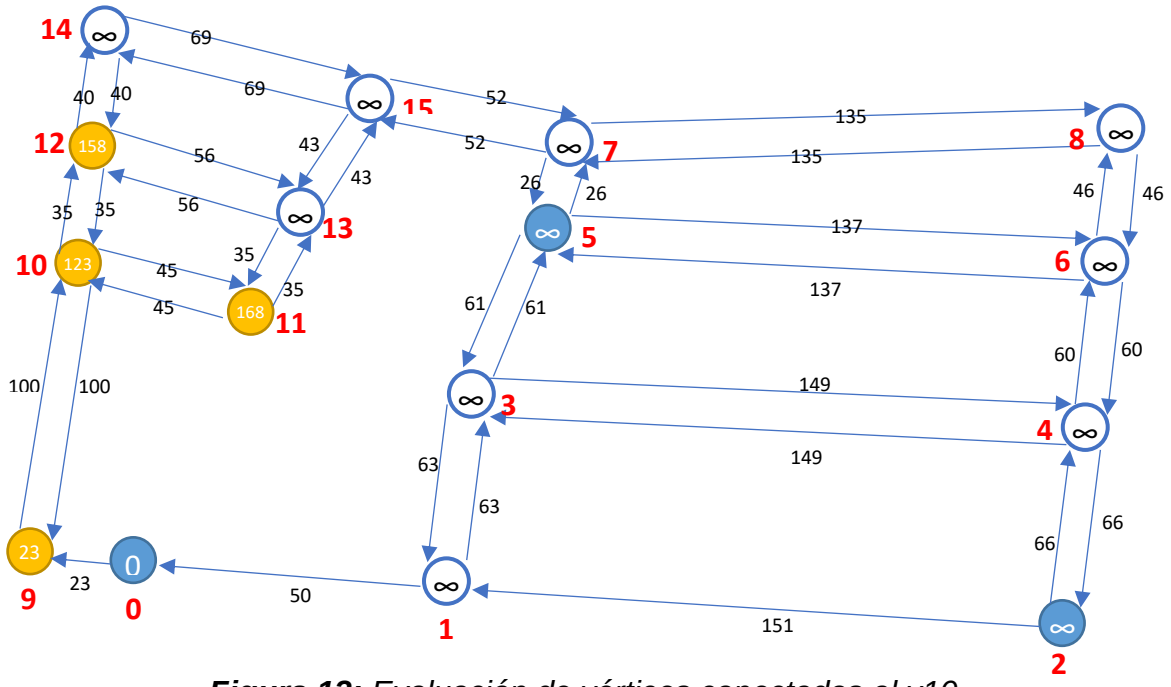


Figura 13: *Evaluación de vértices conectados al v10*

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v9*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [11], la cual se conectan 2 vértices que son: [10] y [13]

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se describe a continuación:

Distancia Vértice [11] + 45 < Distancia Vértice [10] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [11] + 35 < Distancia Vértice [13] → Actualiza Distancia

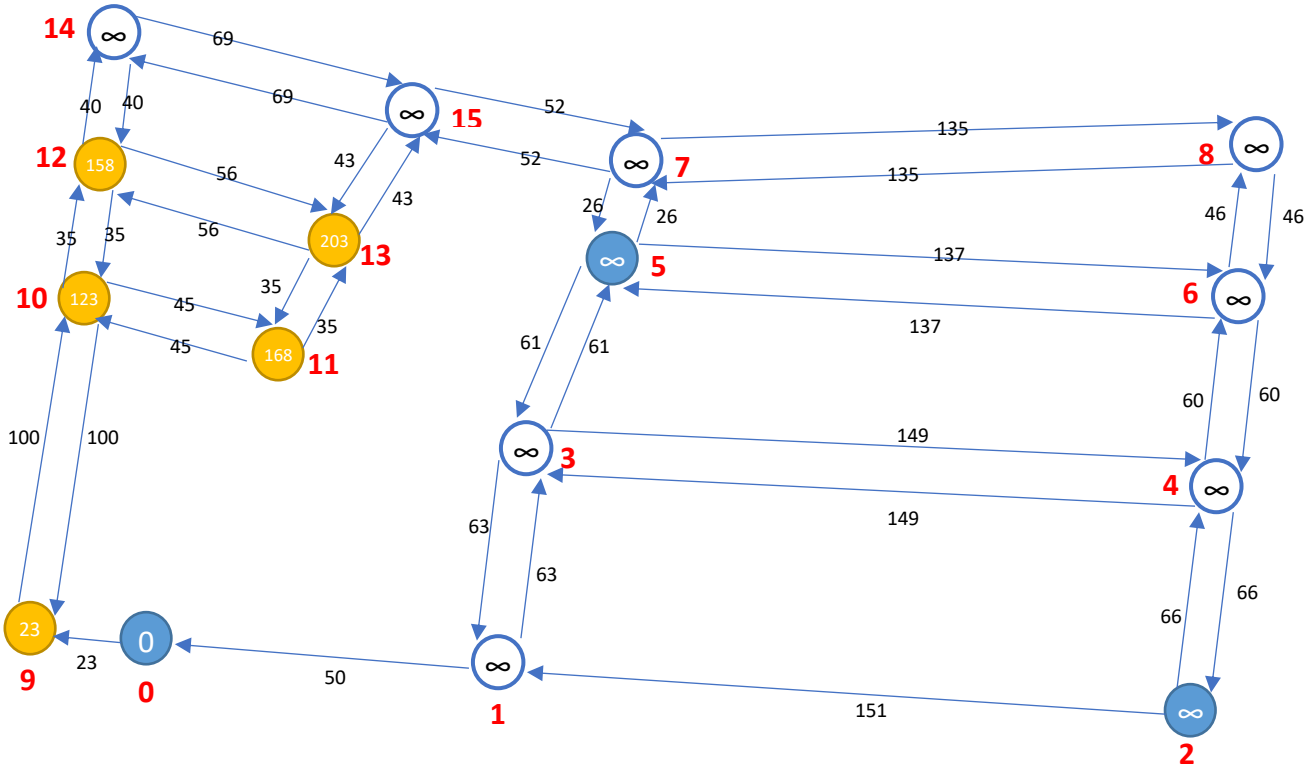


Figura 14: *Evaluación de vértices conectados al v11*

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v11*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [12], la cual se conecta 3 vértices que son: [10], [13], [14].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [12] + 35 < Distancia Vértice [10] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [12] + 56 < Distancia Vértice [13] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [12] + 40 < Distancia Vértice [14] → Actualiza Distancia

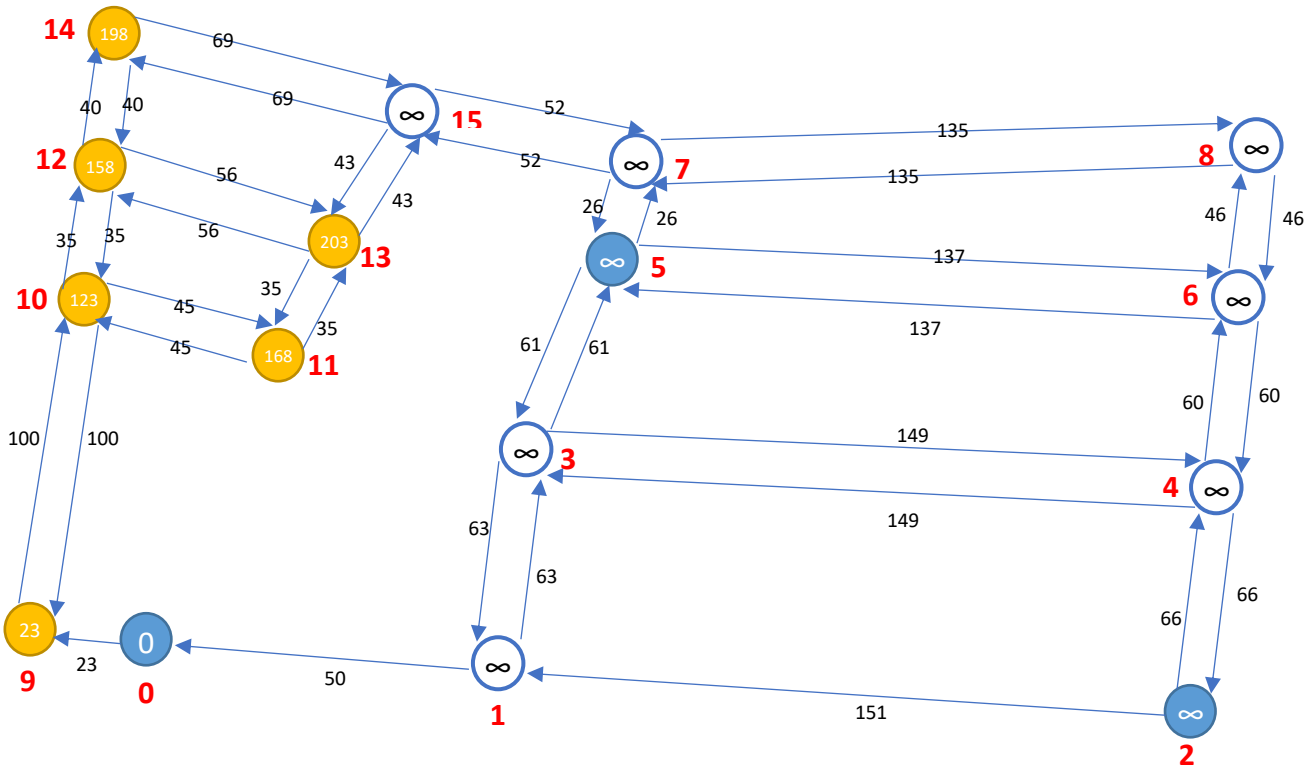


Figura 15: *Evaluación de vértices conectados al v12*

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v12*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [13], la cual se conectan 3 vértices que son: [11], [12] y [15].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [13] + 35 < Distancia Vértice [11] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [13] + 56 < Distancia Vértice [12] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [13] + 43 < Distancia Vértice [15] → Actualiza Distancia

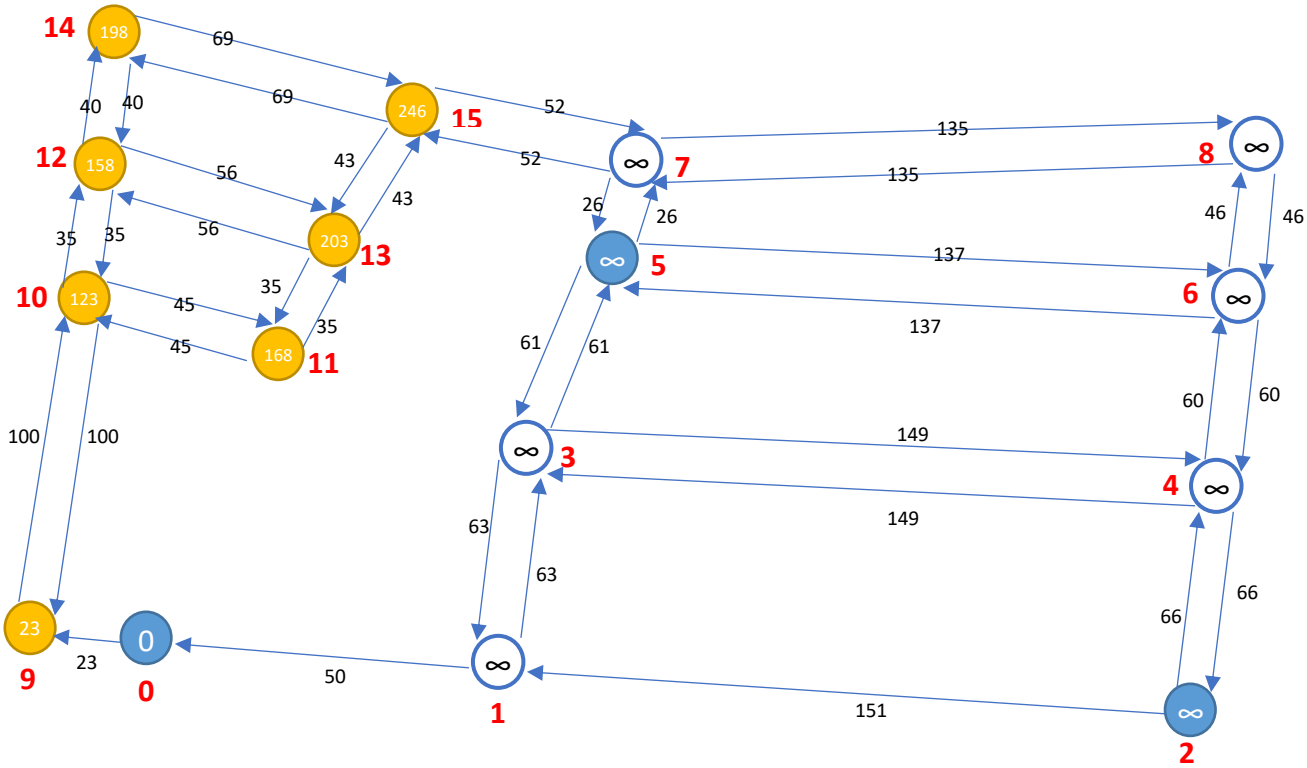


Figura 16: *Evaluación de vértices conectados al v13*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 9: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v13*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [14], la cual se conectan 2 vértices que son: [12] y [15].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [14] + 40 < Distancia Vértice [12] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [14] + 69 < Distancia Vértice [15] → No Actualiza Distancia

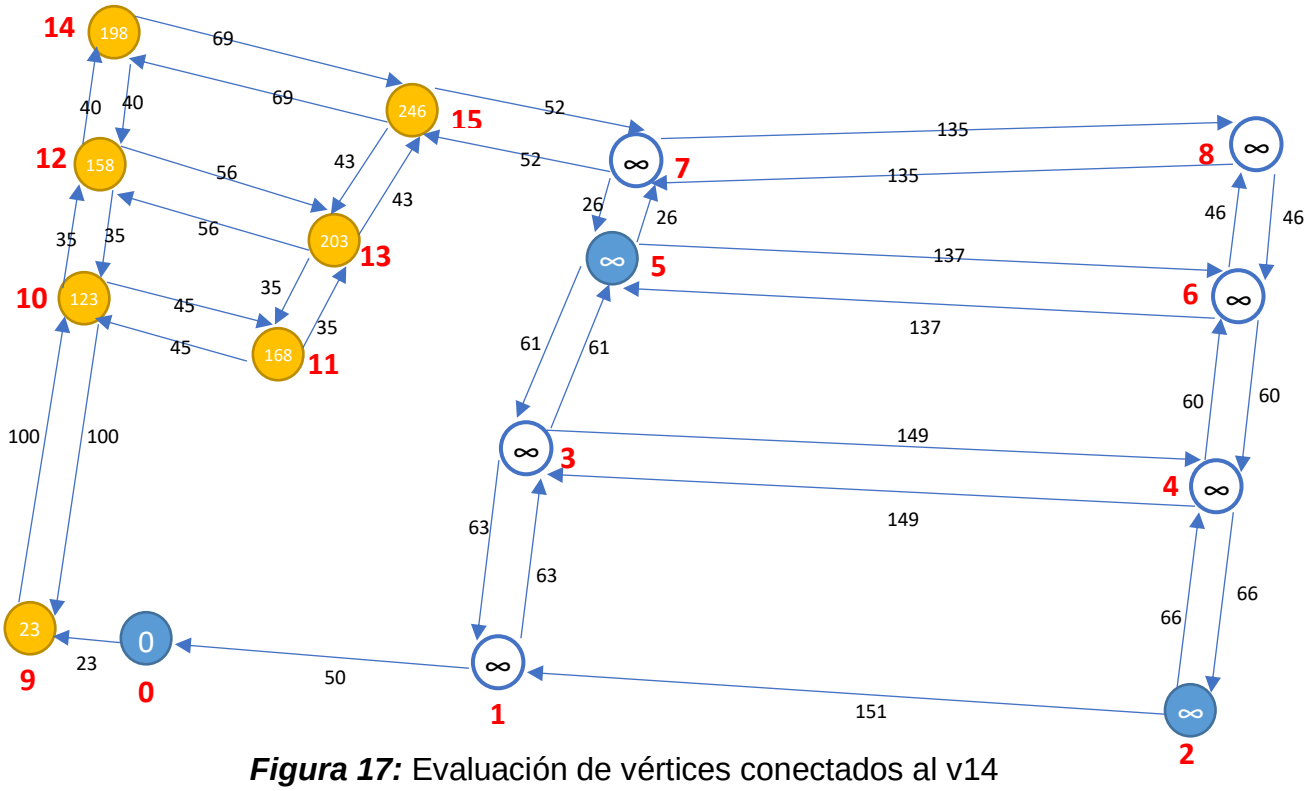


Figura 17: Evaluación de vértices conectados al v14
Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 10: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v14*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [15], la cual se conectan 3 vértices que son: [13], [14] y [7].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [15] + 43 < Distancia Vértice [13] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [15] + 69 < Distancia Vértice [14] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [15] + 52 < Distancia Vértice [7] → Actualiza Distancia

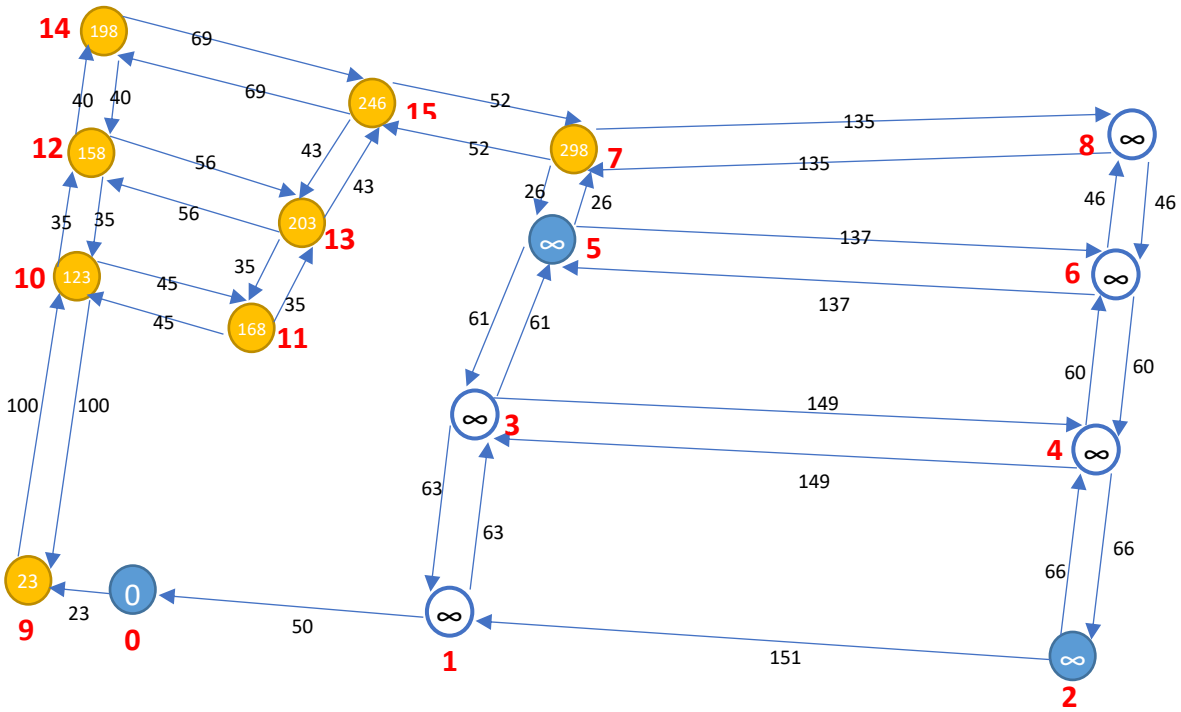


Figura 18: Evaluación de vértices conectados al v15

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 11: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v15*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [7], la cual se conectan 3 vértices que son: [15], [5] y [8].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [7] + 52 < Distancia Vértice [15] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [7] + 26 < Distancia Vértice [5] → Actualiza Distancia
Distancia Vértice [7] + 135 < Distancia Vértice [8] → Actualiza Distancia

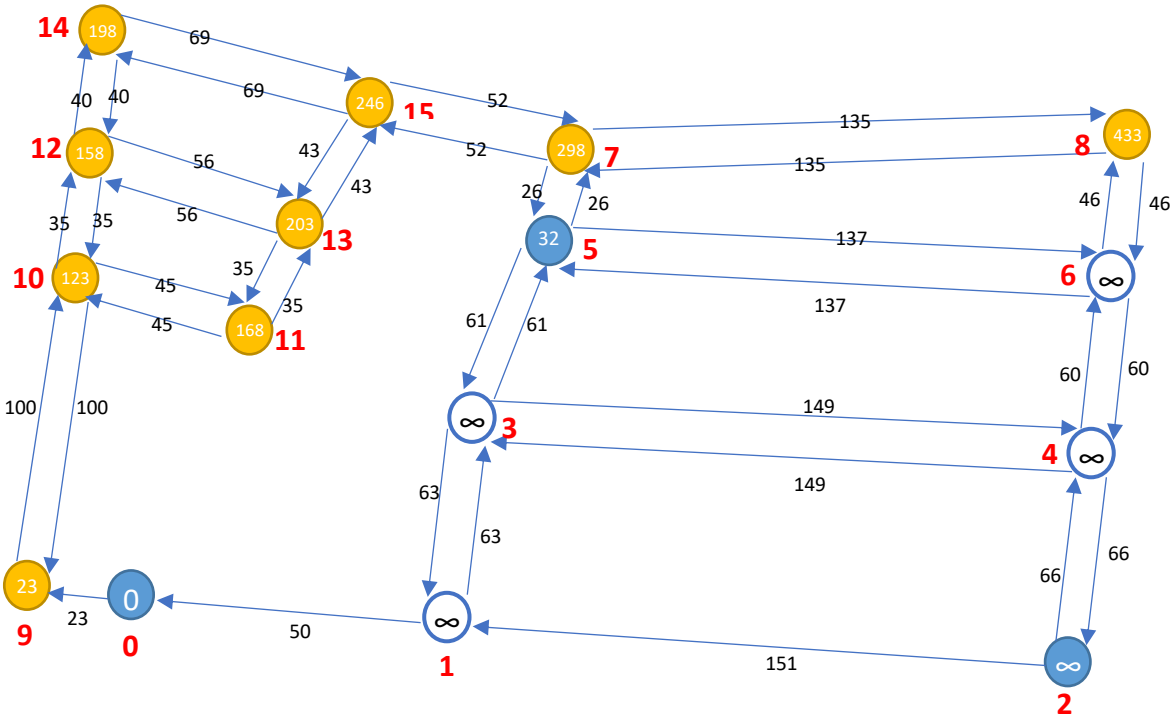


Figura 19: Evaluación de vértices conectados al v7
Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 12: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v7*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [8], la cual tiene 2 vértices conectados que son: [7] y [6].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [8] + 135 < Distancia Vértice [7] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [8] + 46 < Distancia Vértice [6] → Actualiza Distancia

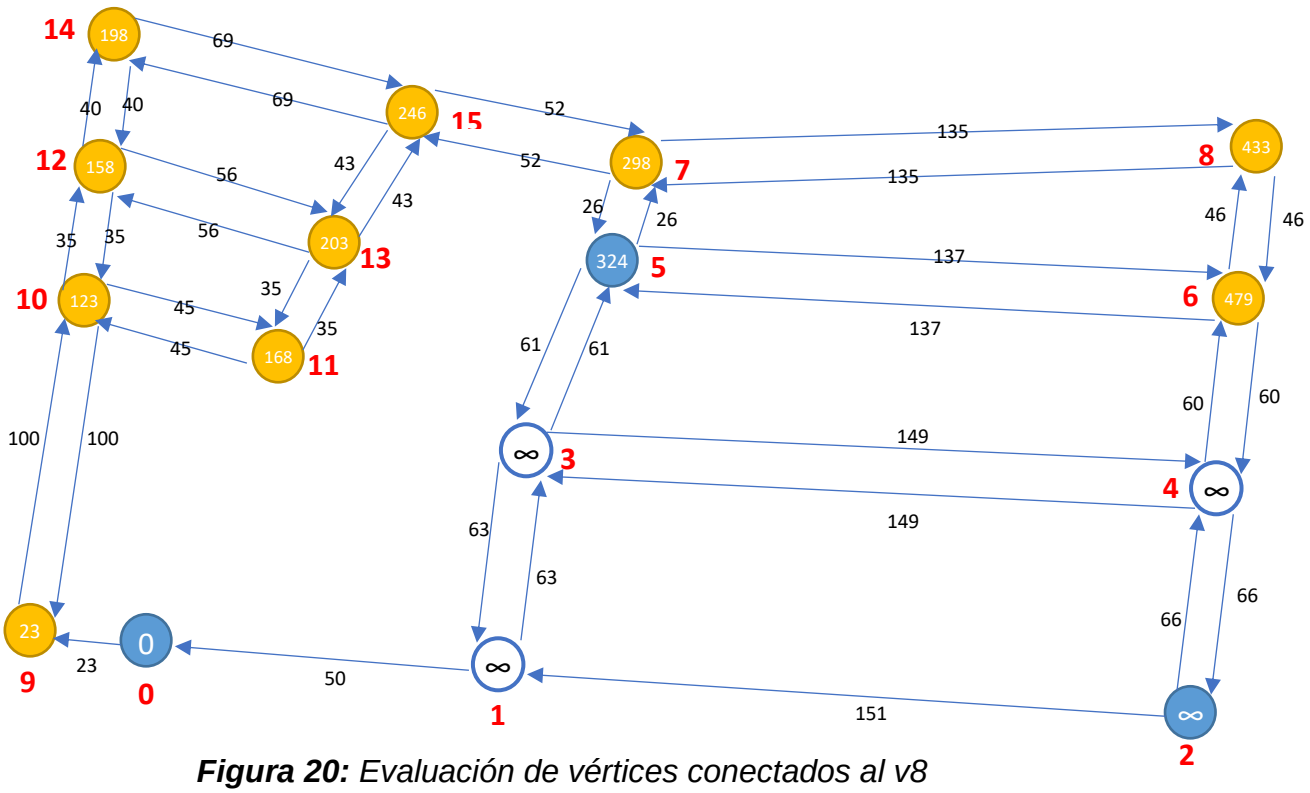


Figura 20: *Evaluación de vértices conectados al v8*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 13: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v8*

	v0	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15
v0	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
v1	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v2	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v3	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v4	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v5	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v6	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v7	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
v8	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v9	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
v10	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
v11	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
v12	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
v13	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
v14	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v15	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [6], la cual se conectan 3 vértices que son: [8], [5] y [4].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [6] + 46 < Distancia Vértice [8] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [6] + 137 < Distancia Vértice [5] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [6] + 60 < Distancia Vértice [4] → Actualiza Distancia

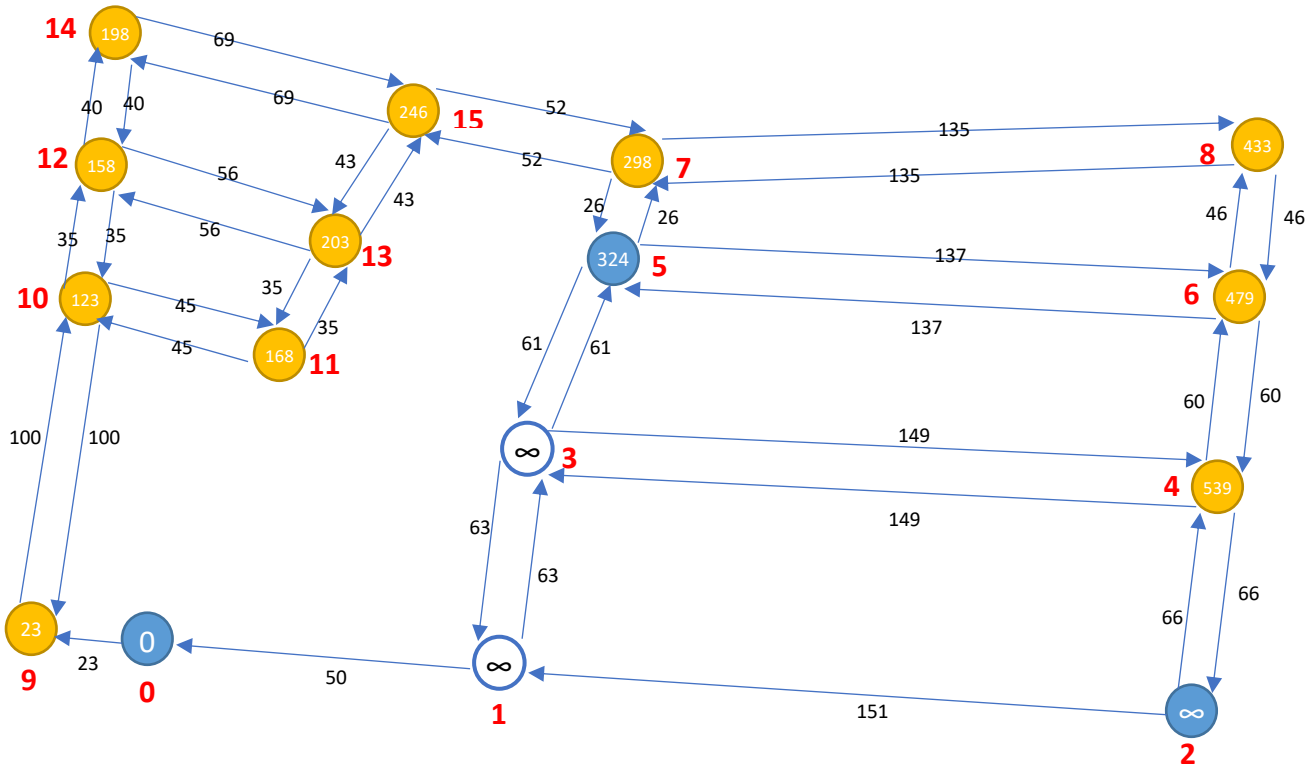


Figura 21: *Evaluación de vértices conectados al v6*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 14: Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v6

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	539	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [5], la cual se conectan 3 vértices que son: [7], [6] y [3].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [5] + 26 < Distancia Vértice [7] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [5] + 137 < Distancia Vértice [6] → Actualiza Distancia
Distancia Vértice [5] + 61 < Distancia Vértice [3] → Actualiza Distancia

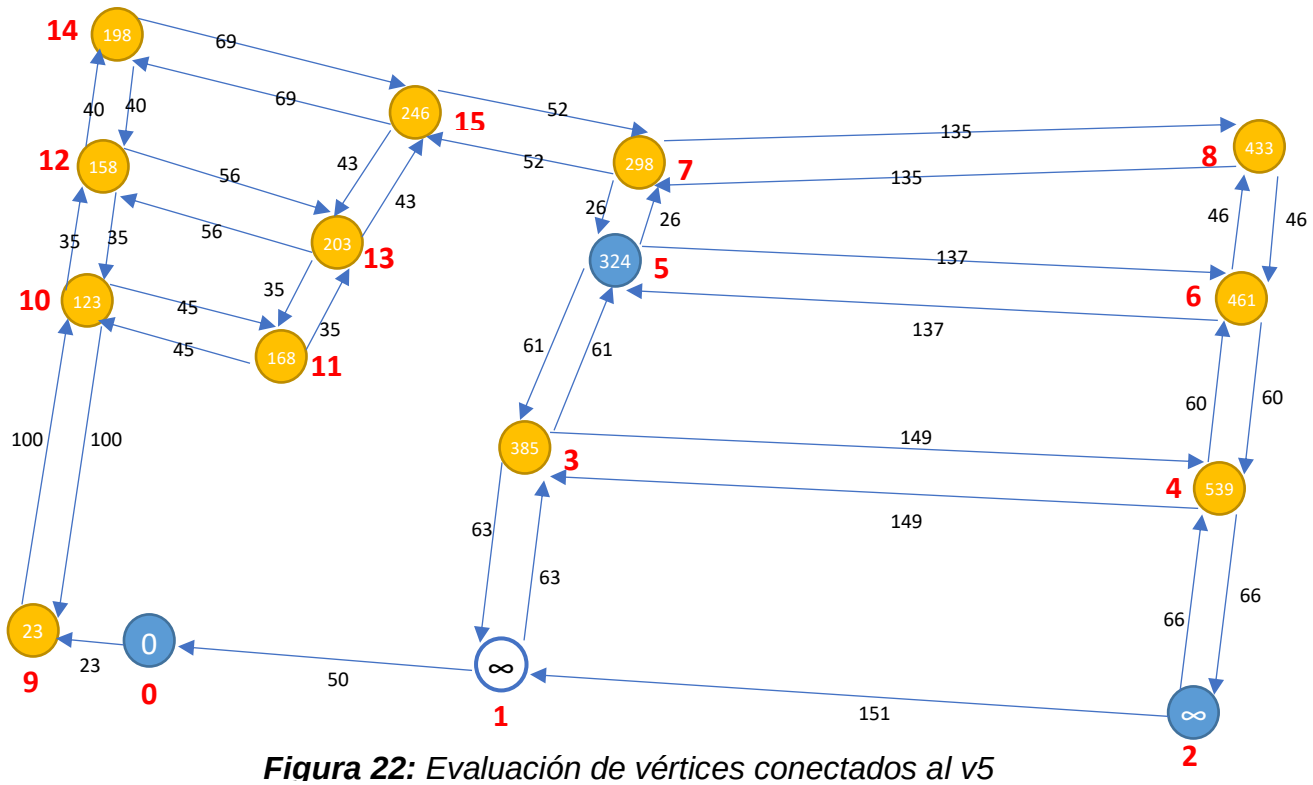


Figura 22: *Evaluación de vértices conectados al v5*
Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 15: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v5*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	385	α	α	461	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	539	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [3], la cual se conectan 3 vértices son: [1], [4] y [5].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [3] + 63 < Distancia Vértice [1] → Actualiza Distancia
Distancia Vértice [3] + 149 < Distancia Vértice [4] → Actualiza Distancia
Distancia Vértice [3] + 61 < Distancia Vértice [5] → No Actualiza Distancia

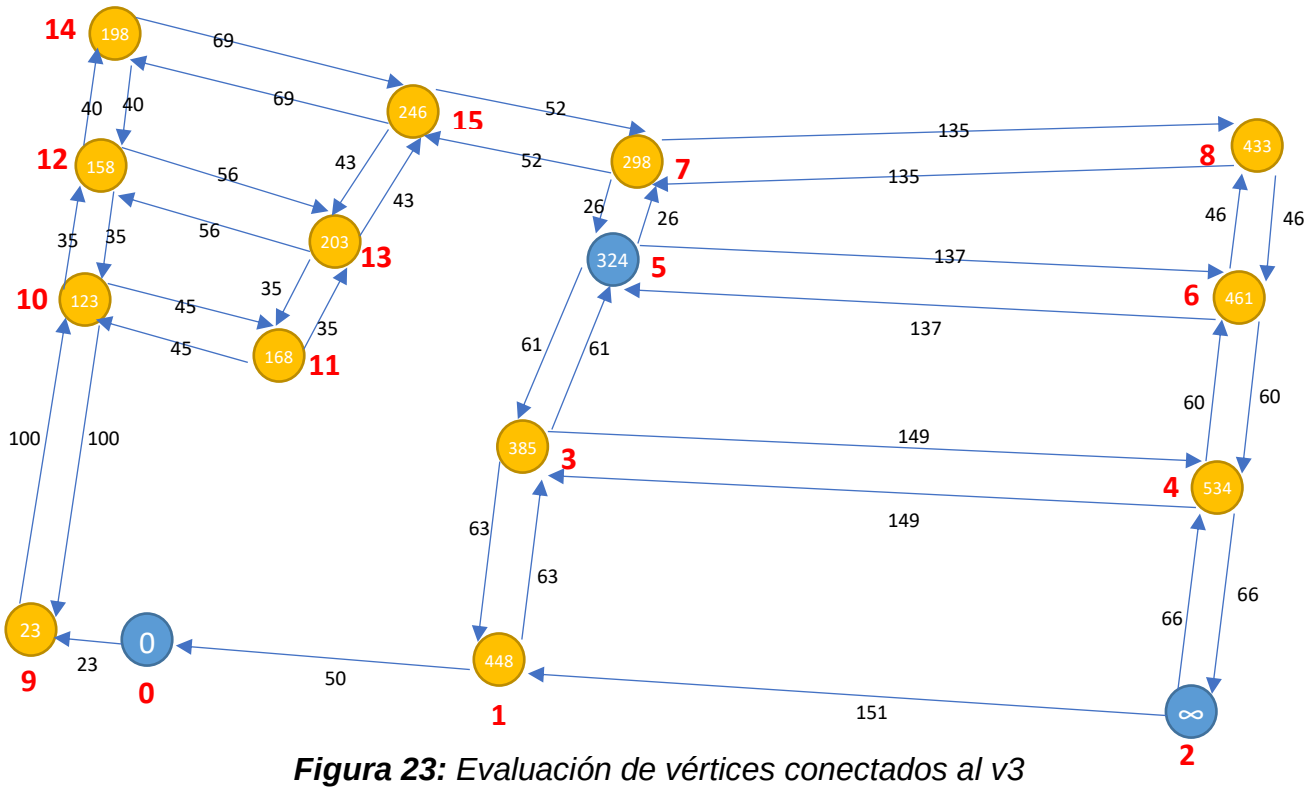


Figura 23: *Evaluación de vértices conectados al v3*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 16: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v3*

	v0	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15
v0	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
v1	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v2	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v3	α	448	α	α	534	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v4	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v5	α	α	α	385	α	α	461	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v6	α	α	α	α	539	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v7	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
v8	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v9	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
v10	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
v11	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
v12	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
v13	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
v14	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v15	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [4], la cual se conectan 3 vértices los cuales son: [6], [3] y [2].
Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:
Distancia Vértice [4] + 60 < Distancia Vértice [6] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [4] + 149 < Distancia Vértice [3] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [4] + 66 < Distancia Vértice [2] → Actualiza Distancia

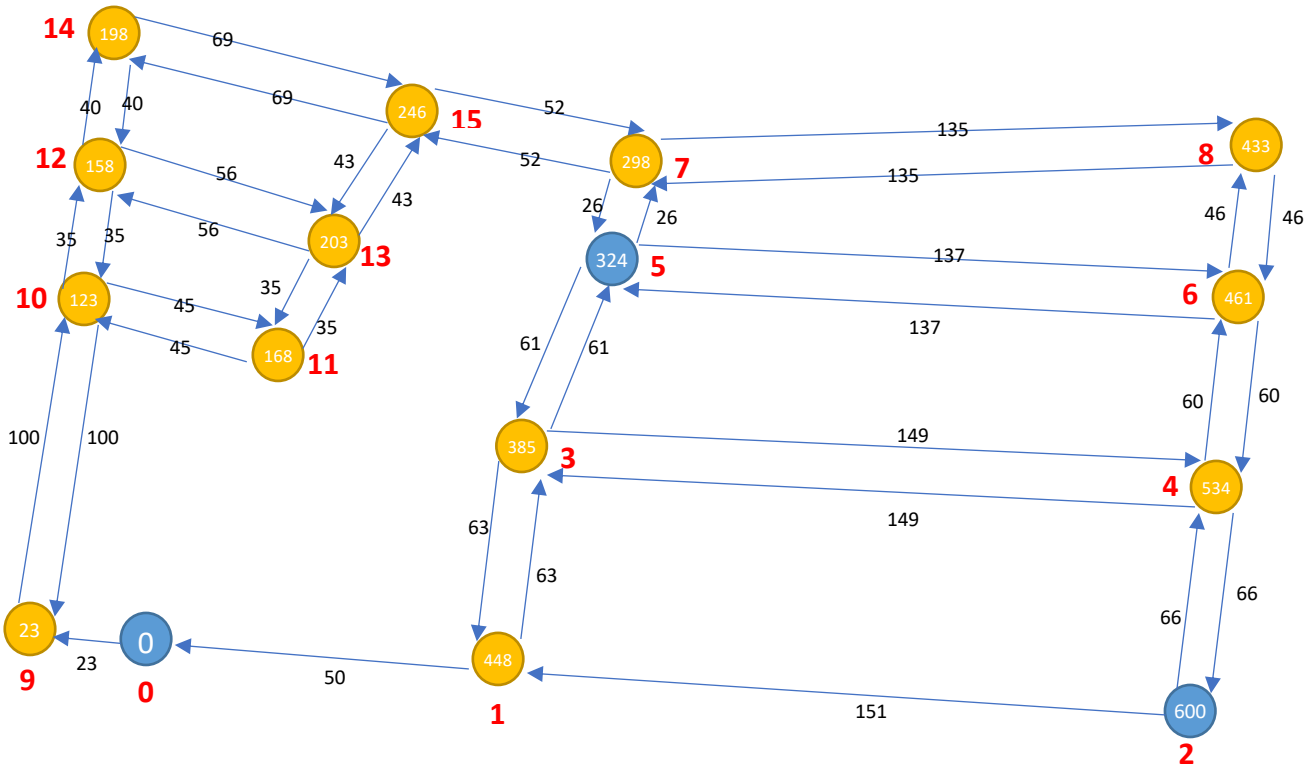


Figura 24: *Evaluación de vértices conectados al v4*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 17: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v4*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	448	α	α	534	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	600	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	385	α	α	461	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	539	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [1], la cual se conectan 2 vértices los cuales son: [3] y [0].

Aplicamos el paso de relajación para cada vértice conectado como se muestra a continuación:

Distancia Vértice [1] + 63 < Distancia Vértice [3] → No Actualiza Distancia
Distancia Vértice [1] + 50 < Distancia Vértice [0] → No Actualiza Distancia

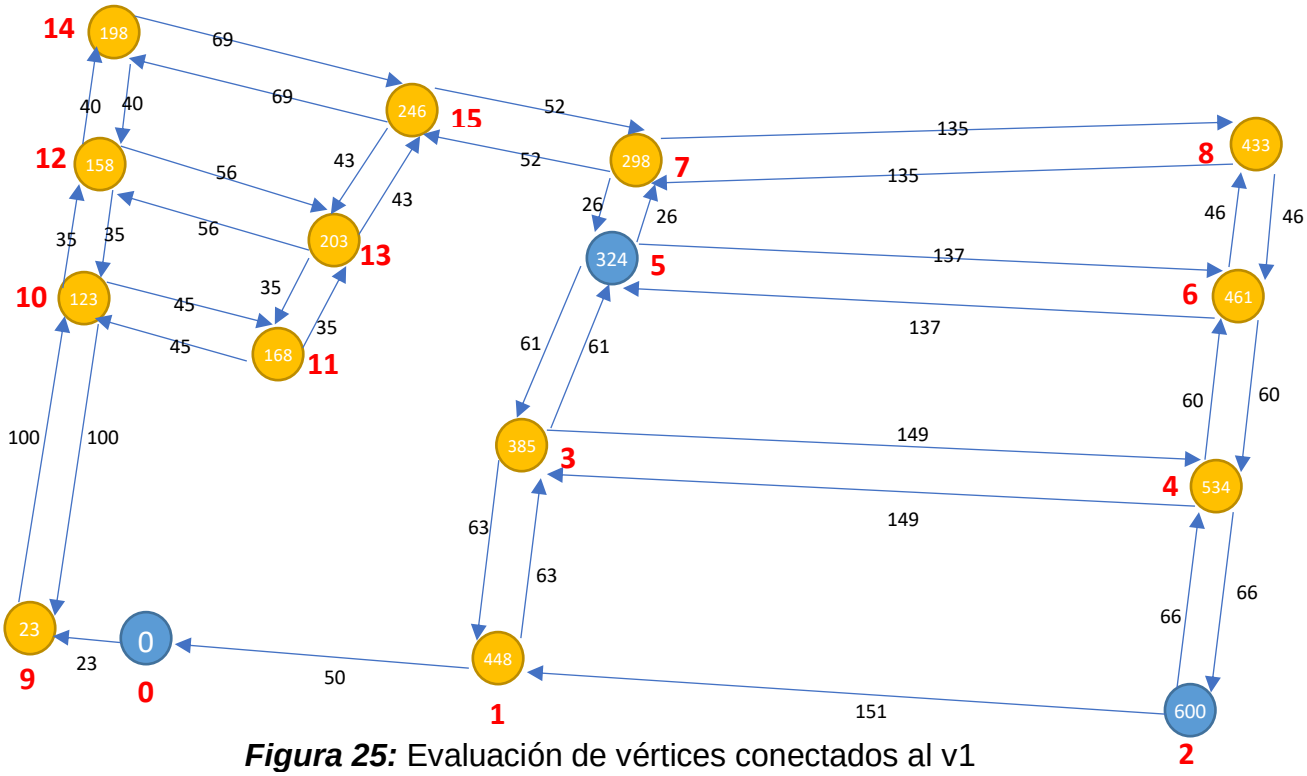


Figura 25: Evaluación de vértices conectados al v1

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Aquí se termina la primera iteración, pero aún no se obtiene la ruta más óptima, para ello se tiene que seguir haciendo iteraciones hasta que la iteración última sea igual a la iteración antepenúltima. La matriz de adyacencia queda así:

Tabla 18: *Matriz de adyacencia. Primera Iteración*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	448	α	α	534	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	600	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	385	α	α	461	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	539	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

2. Segunda Iteración:

Para proceder con esta iteración se tiene que aplicar el paso de relajación para cada nodo del grafo final que quedo en la anterior iteración realizada. Como se muestra el grafo quedo de esta manera:

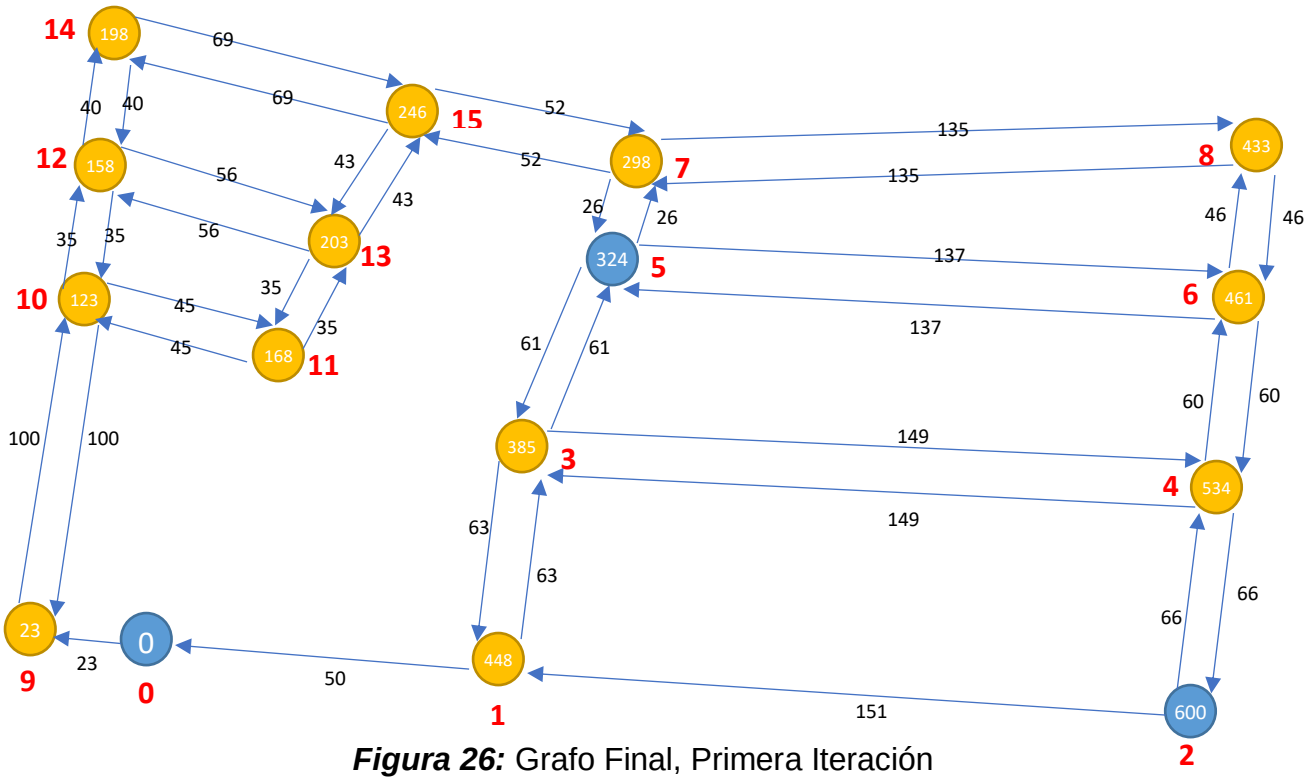


Figura 26: Grafo Final, Primera Iteración
Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos vértice [0], el cual se conecta sólo el vértice [9]. Se aplica paso de relajación:

- Distancia Vértice [0] + 23 < Distancia Vértice [9] → No Actualiza Distancia

Analizamos el vértice [9], el cual se conecta sólo el vértice [10]. Se aplica paso de relajación:

- Distancia Vértice [9] + 100 < Distancia Vértice [10] → No Actualiza Distancia

Continuamos analizando el vértice [10], a la cual se conectan 3 vértices que son: [9], [11], [12]. Se aplicamos el paso de relajación:

- Distancia Vértice [10] + 100 < Distancia Vértice [9] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [10] + 45 < Distancia Vértice [11] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [10] + 35 < Distancia Vértice [12] → No Actualiza Distancia

Analizamos el vértice [11], la cual se conectan 2 vértices que son: [10] y [13]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [11] + 45 < Distancia Vértice [10] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [11] + 35 < Distancia Vértice [13] → No Actualiza Distancia

Analizamos el vértice [12], la cual se conecta 3 vértices que son: [10], [13], [14]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [12] + 35 < Distancia Vértice [10] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [12] + 56 < Distancia Vértice [13] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [12] + 40 < Distancia Vértice [14] → No Actualiza Distancia

Analizamos el vértice [13], la cual se conectan 3 vértices que son: [11], [12] y [15]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [13] + 35 < Distancia Vértice [11] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [13] + 56 < Distancia Vértice [12] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [13] + 43 < Distancia Vértice [15] → No Actualiza Distancia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [14], la cual se conectan 2 vértices que son: [12] y [15]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [14] + 40 < Distancia Vértice [12] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [14] + 69 < Distancia Vértice [15] → No Actualiza Distancia

Analizamos el vértice [15], la cual se conectan 3 vértices que son: [13], [14] y [7]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [15] + 43 < Distancia Vértice [13] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [15] + 69 < Distancia Vértice [14] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [15] + 52 < Distancia Vértice [7] → No Actualiza Distancia

Analizamos el vértice [7], la cual se conectan 3 vértices que son: [15], [5] y [8]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [7] + 52 < Distancia Vértice [15] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [7] + 26 < Distancia Vértice [5] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [7] + 135 < Distancia Vértice [8] → No Actualiza Distancia

Analizamos el vértice [8], la cual tiene 2 vértices conectados que son: [7] y [6]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [8] + 135 < Distancia Vértice [7] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [8] + 46 < Distancia Vértice [6] → No Actualiza Distancia

Nota: Hasta este punto el grafo no se modifica y continua igual desde donde se inició la segunda iteración.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [6], la cual se conectan 3 vértices que son: [8], [5] y [4]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [6] + 46 < Distancia Vértice [8] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [6] + 137 < Distancia Vértice [5] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [6] + 60 < Distancia Vértice [4] → Actualiza Distancia

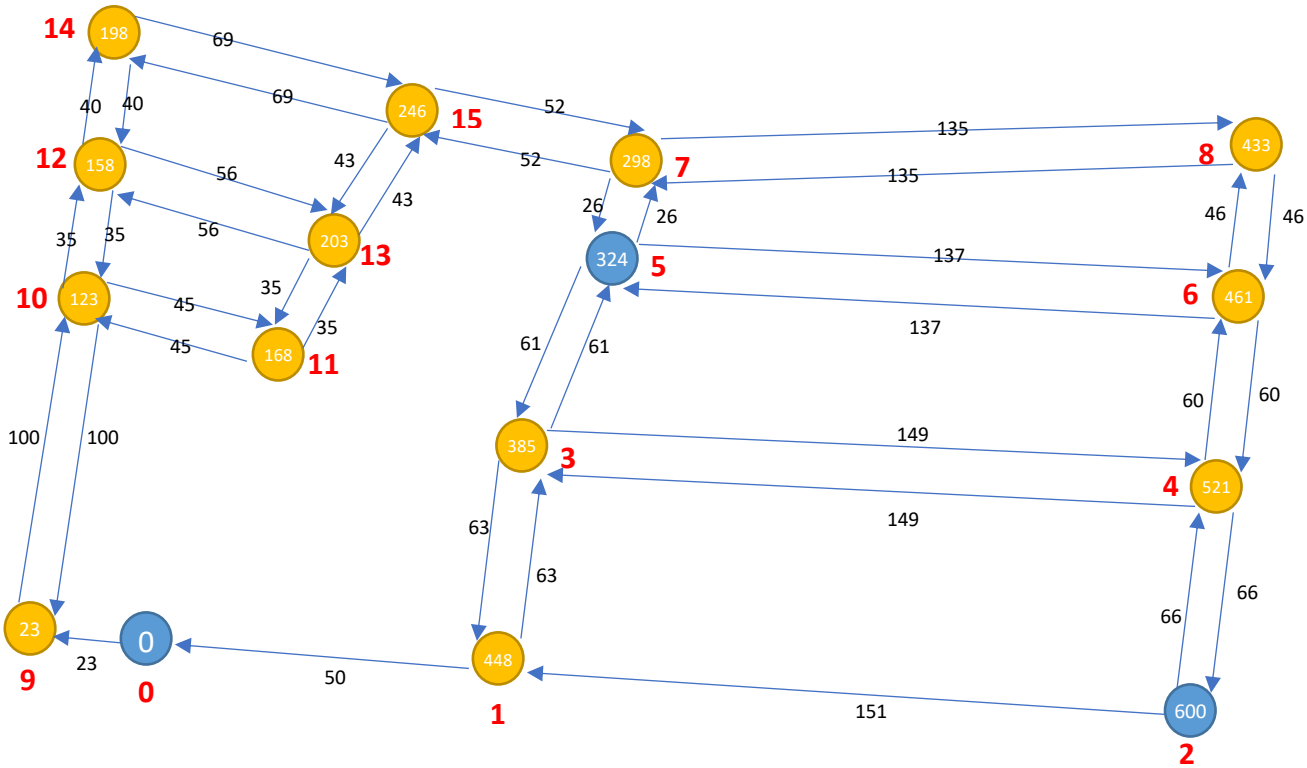


Figura 27: *Segunda Iteración. Evaluación de vértices conectados al v6*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 19: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v6*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	448	α	α	534	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	600	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	385	α	α	461	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	521	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Analizamos el vértice [5], la cual se conectan 3 vértices que son: [7], [6] y [3]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [5] + 26 < Distancia Vértice [7] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [5] + 137 < Distancia Vértice [6] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [5] + 61 < Distancia Vértice [3] → No Actualiza Distancia

Analizamos el vértice [3], la cual se conectan 3 vértices son: [1], [4] y [5]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [3] + 63 < Distancia Vértice [1] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [3] + 149 < Distancia Vértice [4] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [3] + 61 < Distancia Vértice [5] → No Actualiza Distancia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [4], la cual se conectan 3 vértices los cuales son: [6], [3] y [2]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [4] + 60 < Distancia Vértice [6] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [4] + 149 < Distancia Vértice [3] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [4] + 66 < Distancia Vértice [2] → Actualiza Distancia

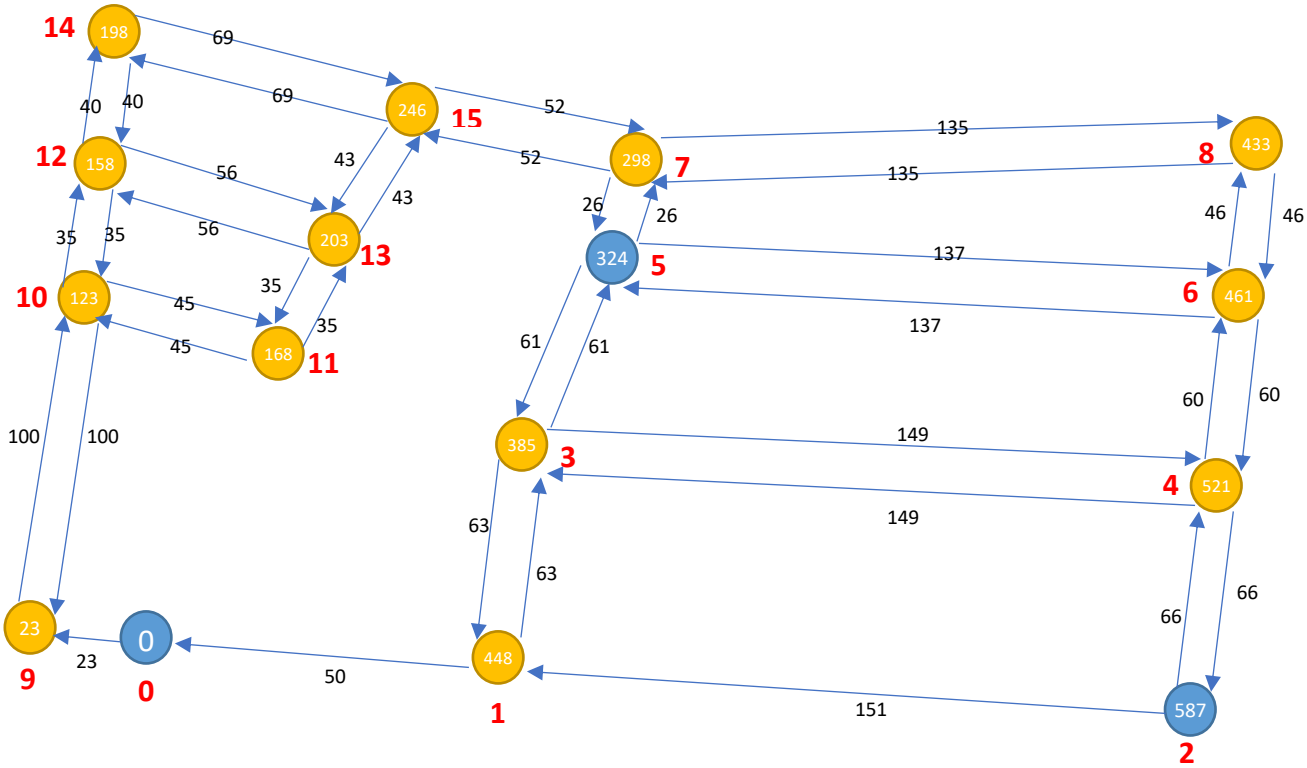


Figura 28: *Segunda Iteración. Evaluación de vértices conectados al v4*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v4*

	v0	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15
v0	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
v1	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v2	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v3	α	448	α	α	534	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v4	α	α	587	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v5	α	α	α	385	α	α	461	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v6	α	α	α	α	521	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v7	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
v8	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v9	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
v10	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
v11	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
v12	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
v13	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
v14	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
v15	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [1], la cual se conectan 2 vértices los cuales son: [3] y [0]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [1] + 63 < Distancia Vértice [3] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [1] + 50 < Distancia Vértice [0] → No Actualiza Distancia

Una vez terminada la segunda iteración, al realizar una tercera iteración más, queda el grafo igual que el grafo final de la segunda iteración, por lo tanto, el algoritmo termina y se obtiene las rutas más optimas en base a los diferentes nodos partiendo del vértice inicial [0]. El grafo final y la matriz de adyacencia quedaría así:

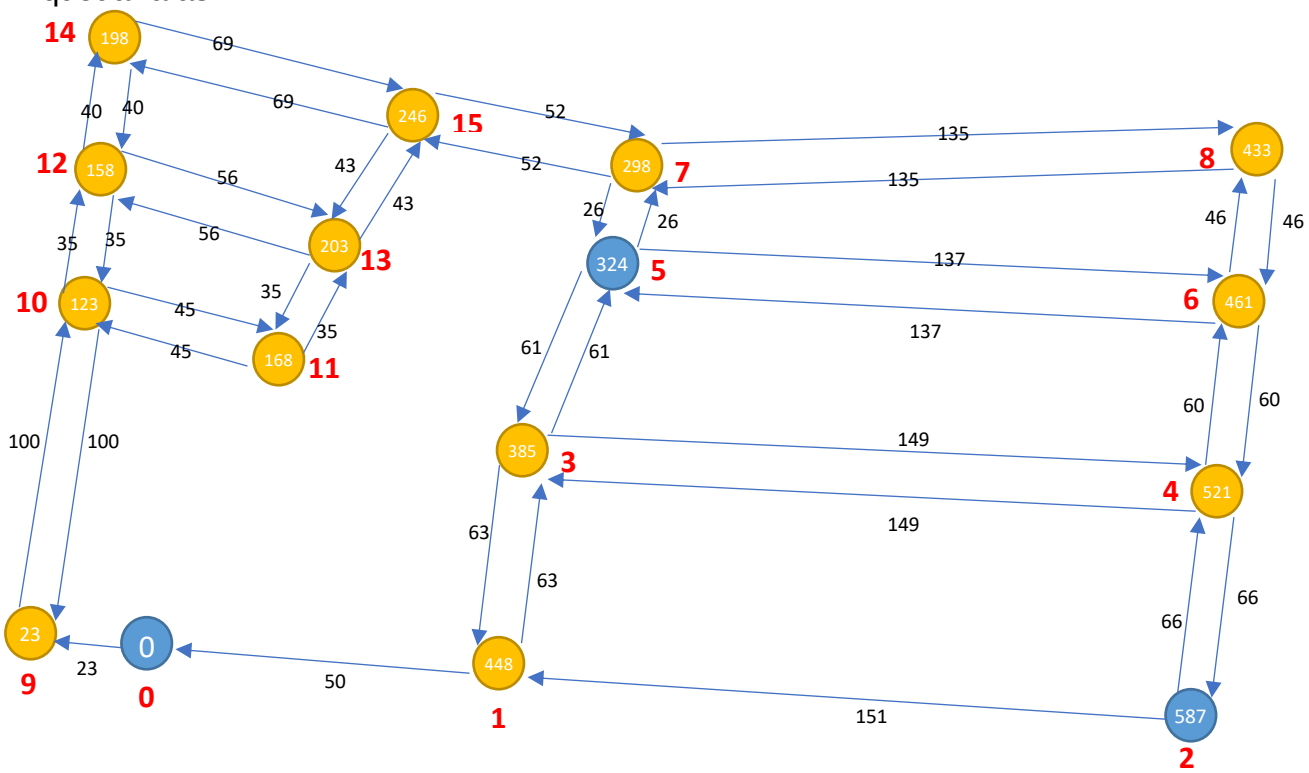


Figura 29: *Segunda Iteración, Grafo Final*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 21: *Matriz de adyacencia. Segunda Iteración, Grafo Final*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	448	α	α	534	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	587	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	385	α	α	461	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	521	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	433	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	479	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	158	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	198	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Entonces la distancia de la ruta más optima del vértice [0] hacia el vértice [2] es 587, siendo mucho mayor que la distancia del vértice [0] hacia el vértice [5] que es 324. Por lo tanto, se elige el vértice [5] como primer destino.

Una vez elegido la ruta optima del vértice [0] hacia el vértice [5] como la primera ruta a tomar este sería su ruta óptima trazada en el grafo.

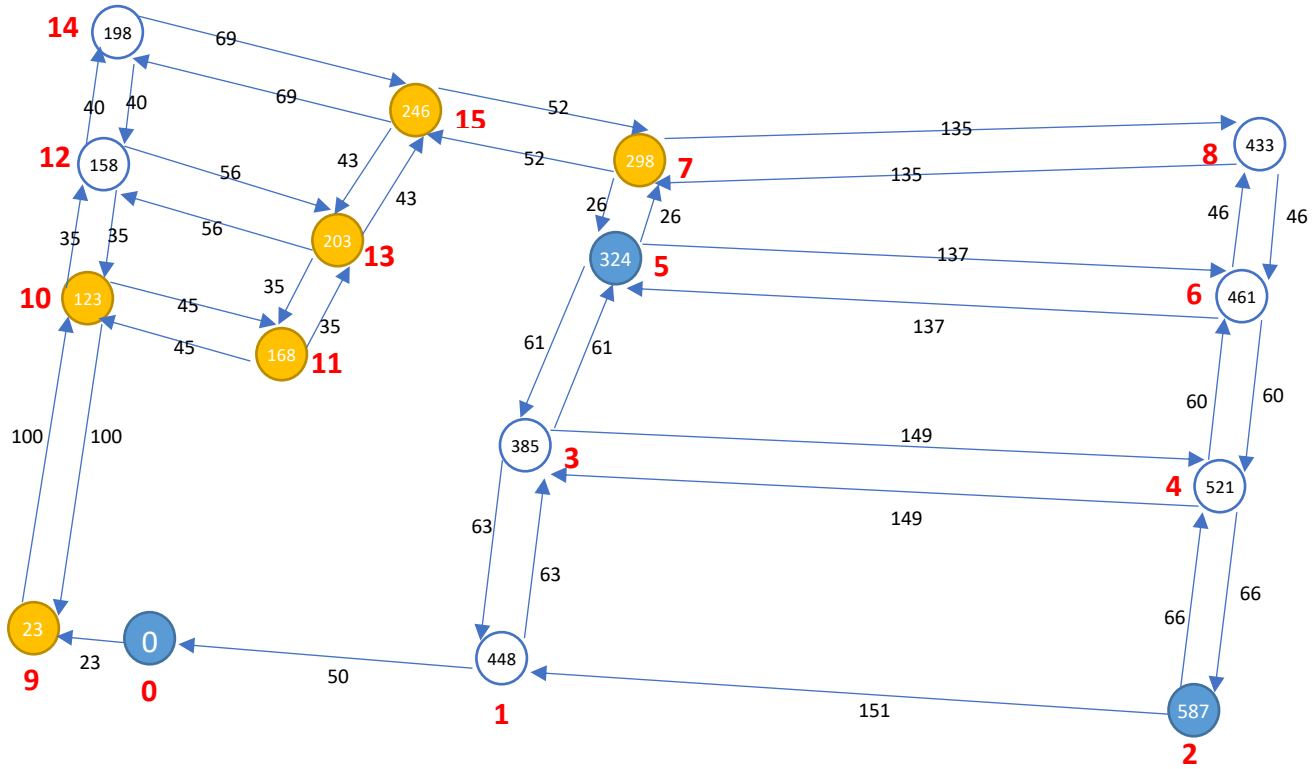


Figura 30: Grafo distancia más corta del v0 al v5.

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Y su matriz de adyacencia sería esta:

Tabla 22: *Matriz de adyacencia. Distancia más corta del v0 al v5*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Luego de localizado la primera ruta optima que es del vértice [0] al vértice [5], el vértice [5] se transformaría en vértice inicial para encontrar la ruta optima hacia el vértice [2] que esta ruta sería la segunda ruta óptima.

Aplicando el algoritmo de Belman Ford del vértice [5] al vértice [2]

1. **Primera Iteración:**

Primero se inicializa el vértice inicial [5] en 0 y los vértices que se involucran se ponen en ∞.

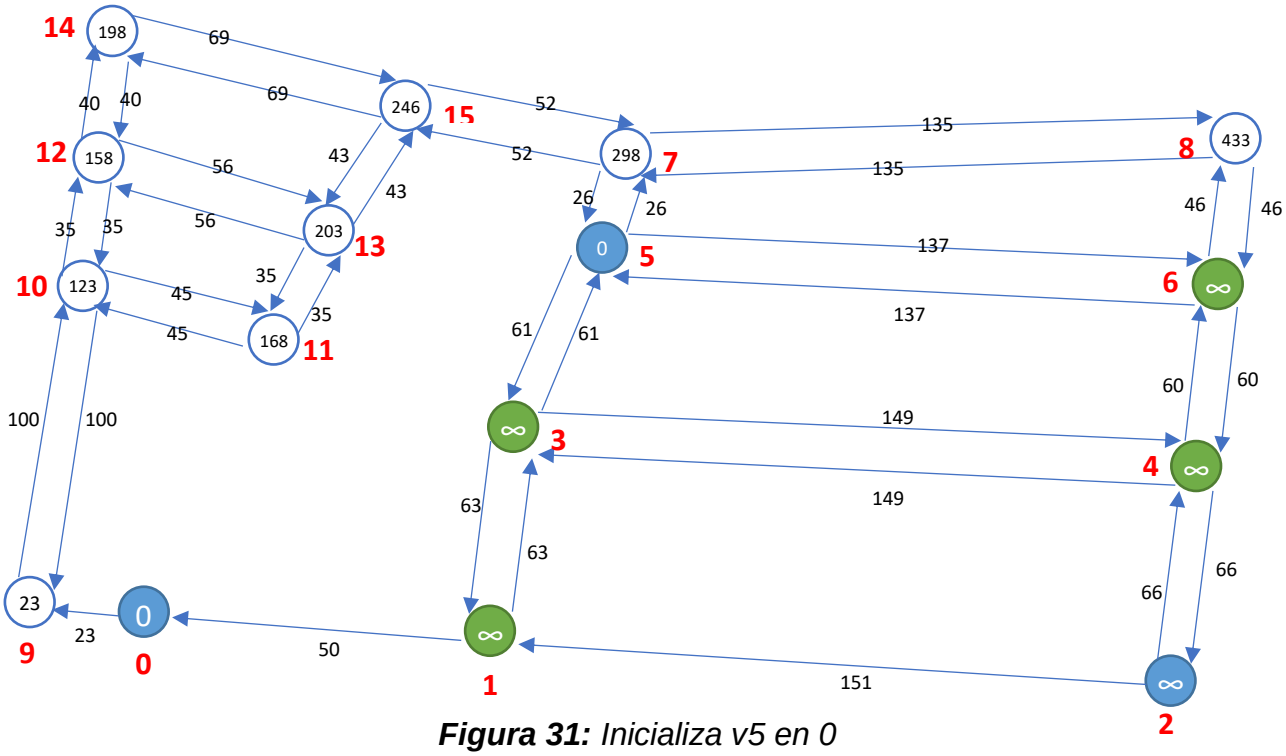


Figura 31: *Inicializa v5 en 0*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Así queda la matriz de adyacencia, se trabajará con los vértices [5], [6], [3], [4], [1] y [2].

Tabla 23: *Matriz de adyacencia, v5 – v2.*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	0	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [5], la cual se conectan 2 vértices los cuales son: [6] y [3]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [5] + 137 < Distancia Vértice [6] → Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [5] + 61 < Distancia Vértice [3] → Actualiza Distancia

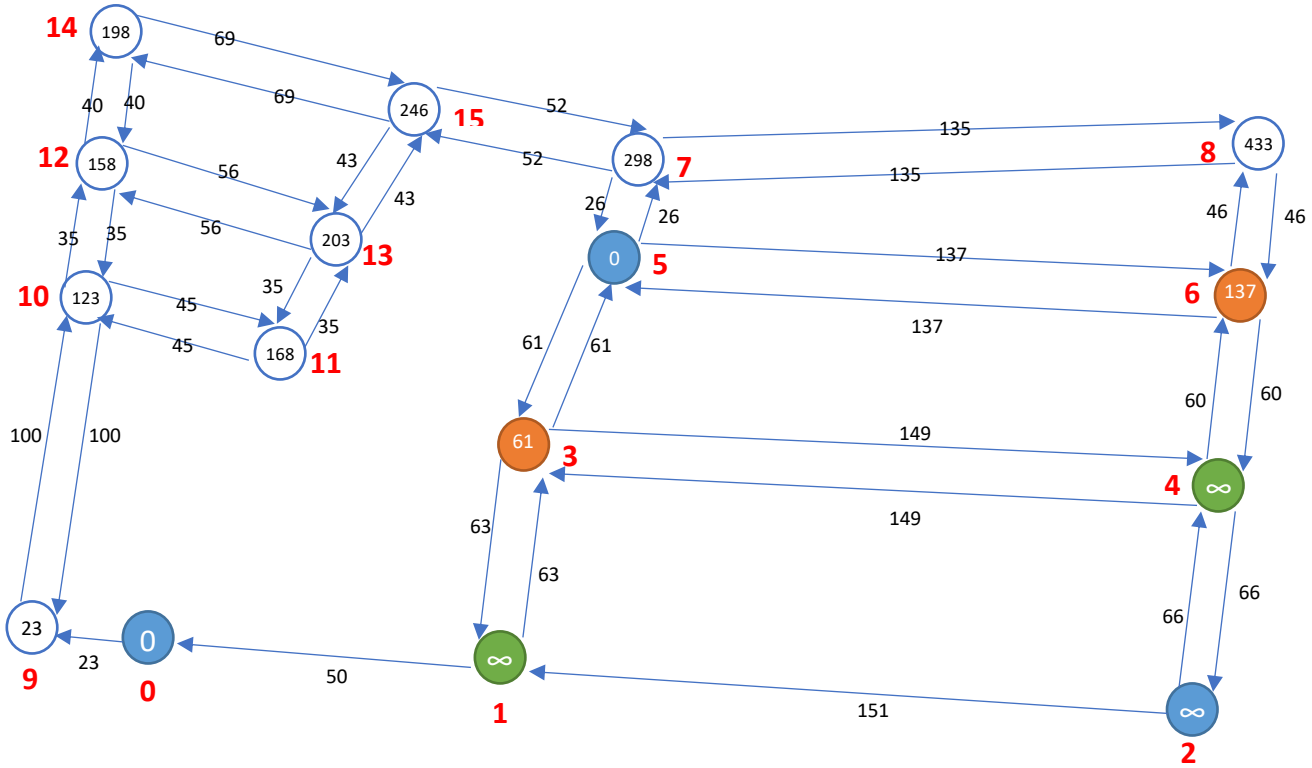


Figura 32: *Evaluación de vértices conectados al v5. V5 – V2*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v5. v5 – v2*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	61	α	0	137	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [6], la cual se conectan 2 vértices los cuales son: [5] y [4]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [6] + 137 < Distancia Vértice [5] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [6] + 60 < Distancia Vértice [4] → Actualiza Distancia

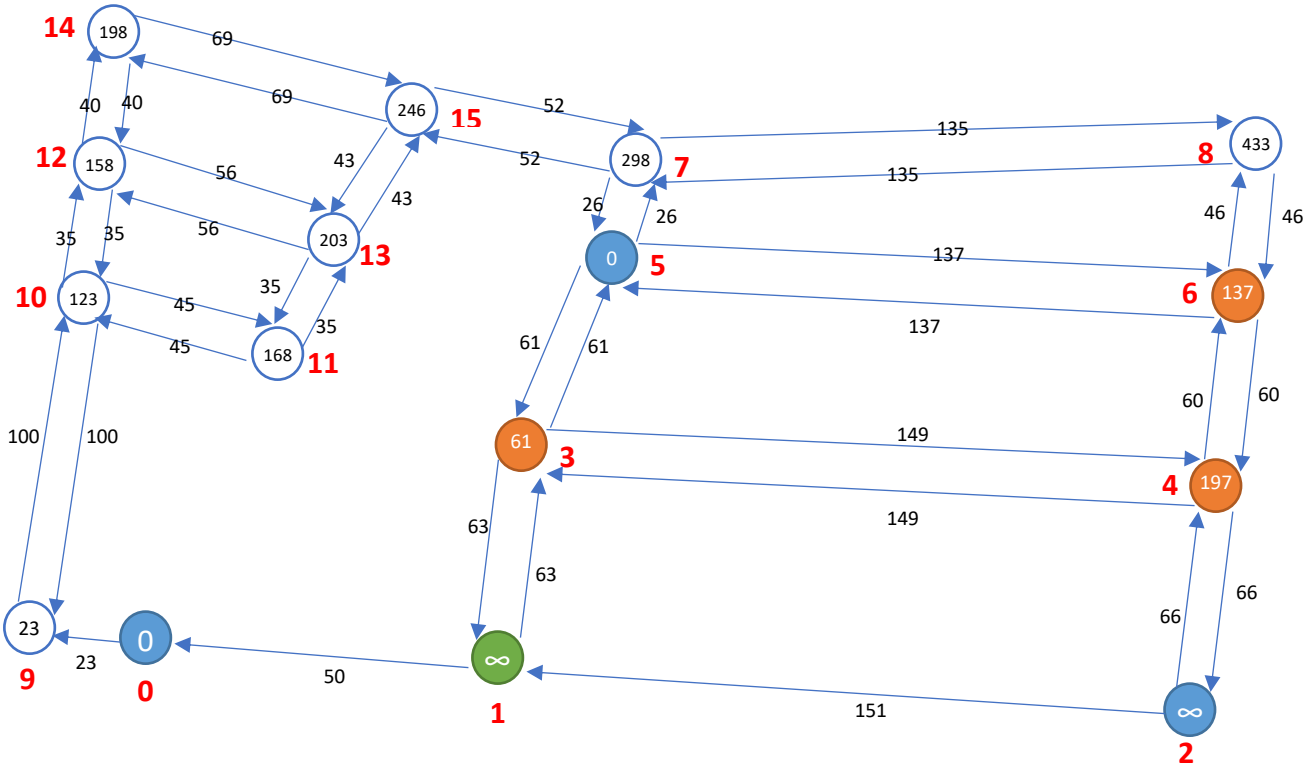


Figura 33: *Evaluación de vértices conectados al v6. V5 – V2*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v6. v5 – v2*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	61	α	0	137	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	197	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [3], la cual se conectan 3 vértices los cuales son: [5], [4] y [1]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [3] + 61 < Distancia Vértice [5] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [3] + 149 < Distancia Vértice [4] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [3] + 63 < Distancia Vértice [1] → Actualiza Distancia

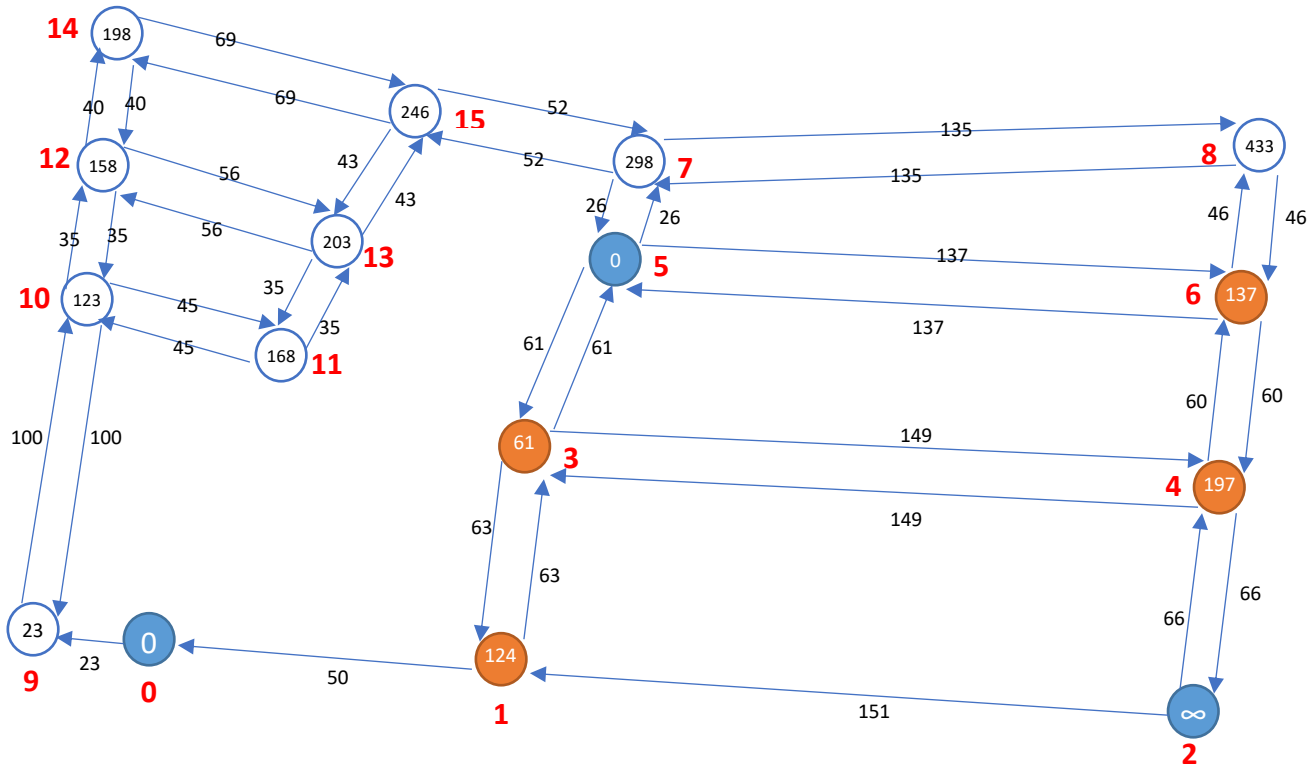


Figura 34: Evaluación de vértices conectados al v3. V5 – V2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v3. v5 – v2*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	124	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	61	α	0	137	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	197	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [4], la cual se conectan 3 vértices los cuales son: [6], [3] y [2]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [4] + 60 < Distancia Vértice [6] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [4] + 149 < Distancia Vértice [3] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [4] + 66 < Distancia Vértice [2] → Actualiza Distancia

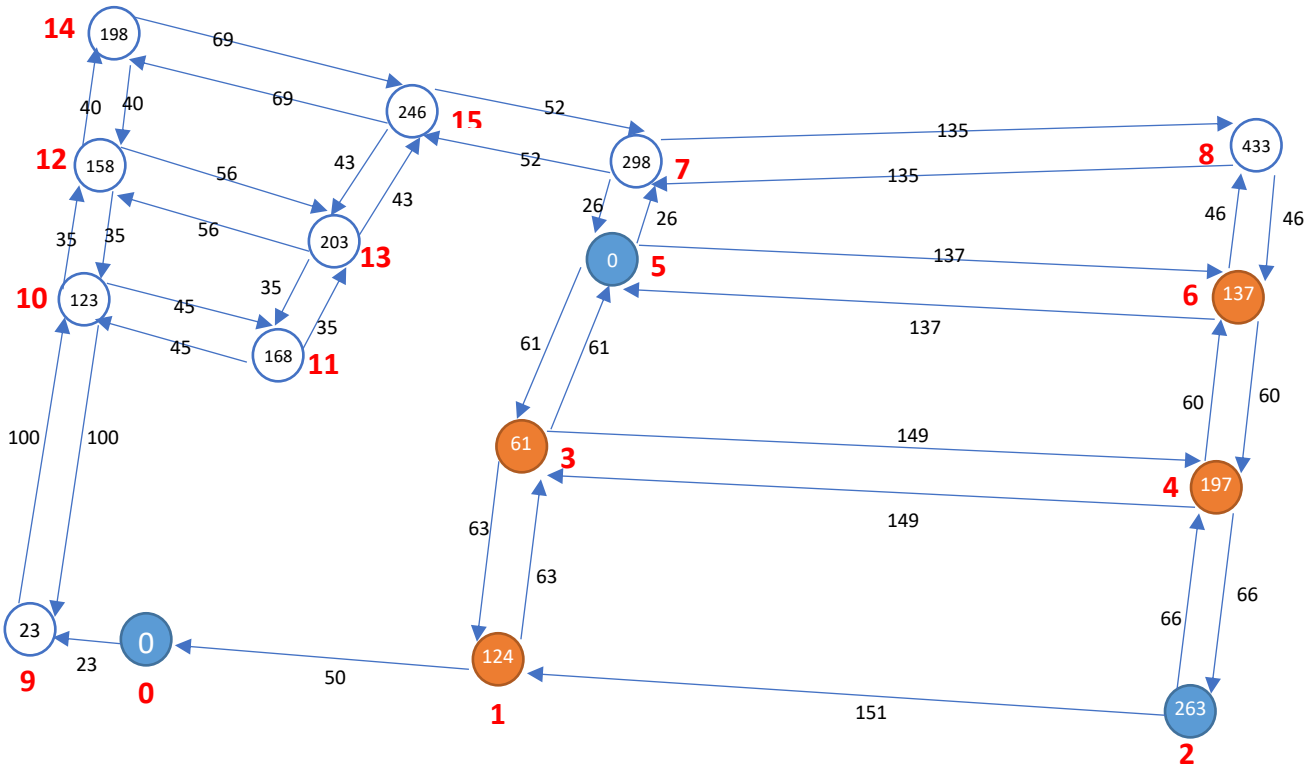


Figura 35: *Evaluación de vértices conectados al v4. V5 – V2*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v4. v5 – v2.*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	124	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	263	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	61	α	0	137	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	197	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Analizamos el vértice [1], la cual se conectan 2 vértices los cuales son: [3] y [0]. Se aplica el paso de relajación:

- Distancia Vértice [1] + 63 < Distancia Vértice [3] → No Actualiza Distancia
- Distancia Vértice [1] + 50 < Distancia Vértice [0] → No Actualiza Distancia

En este caso se hace solamente una iteración solamente, porque si se realiza otra iteración quedaría igual y no habría modificaciones.

Aquí se obtiene la ruta más optima del vértice [5] hacia el vértice [2] quedando el grafo y la matriz de adyacencia así:

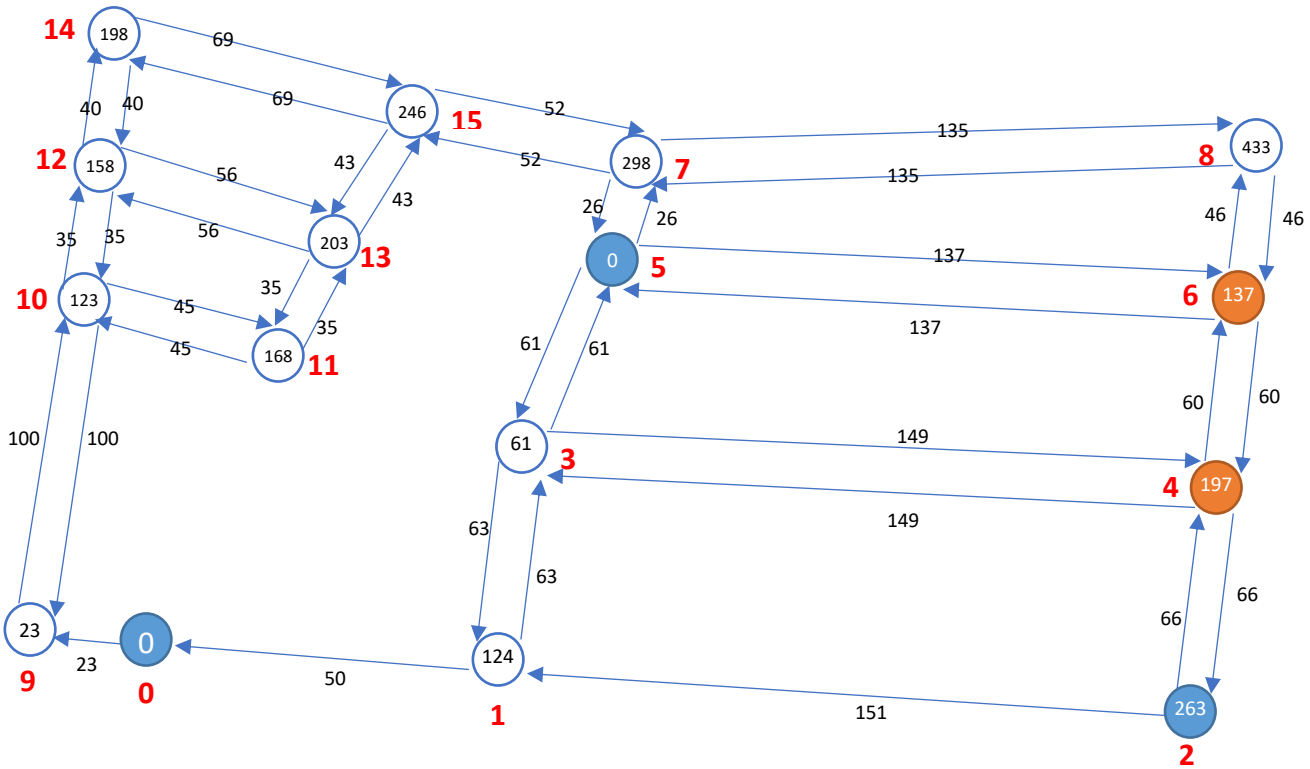


Figura 36: *Evaluación de vértices conectados al v1. V5 – V2*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Tabla 28: *Matriz de adyacencia. Vértices conectados al v1. v5 – v2.*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	263	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	0	137	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	197	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Ahora se unen las dos rutas optimas que son: vértice [0] hacia el vértice [5] y vértice [5] hacia el vértice [2] y quedaría de esta forma el grafo y la matriz de adyacencia:

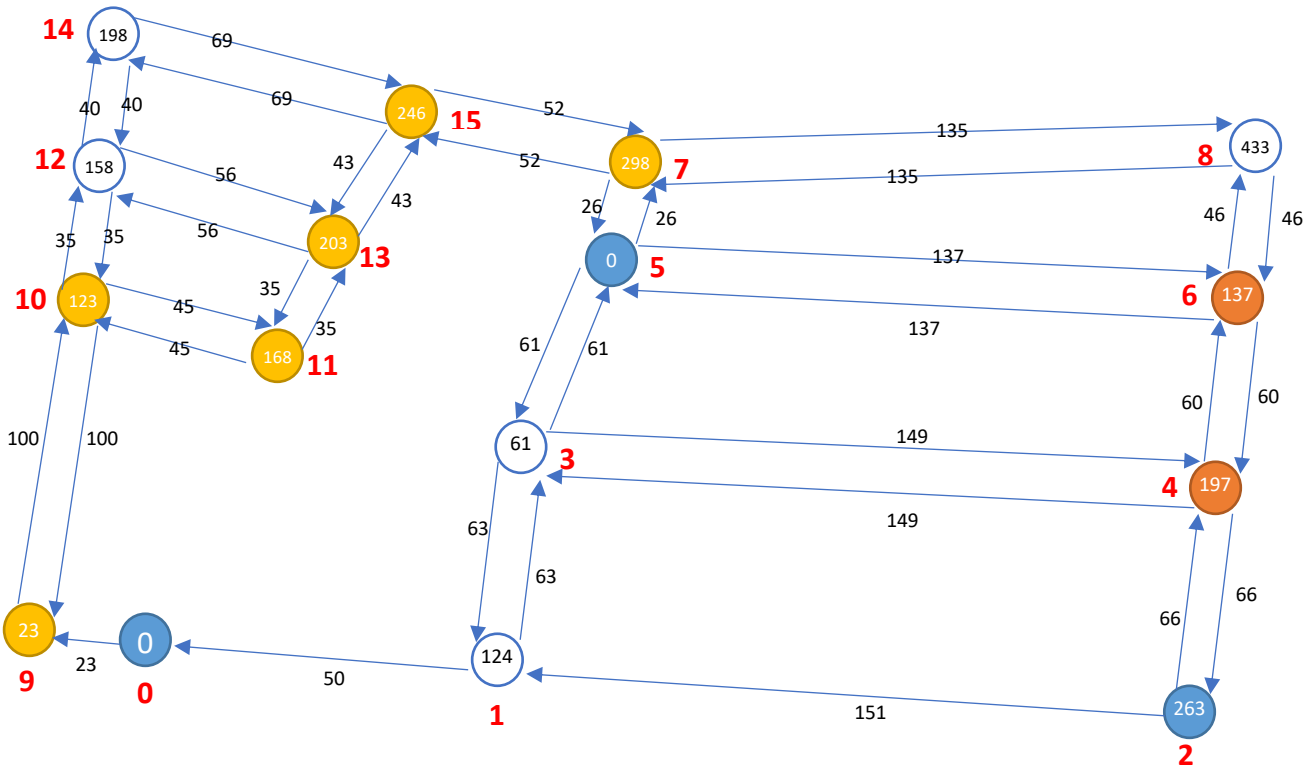


Figura 37: *Ruta óptima v0 – v5 y v5 – v2*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Figura 38: Ruta óptima v0 – v5 y v5 – v2 en el mapa Google Maps
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29: *Ruta óptima v0 – v5 y v5 – v2*

	$v0$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v6$	$v7$	$v8$	$v9$	$v10$	$v11$	$v12$	$v13$	$v14$	$v15$
$v0$	0	α	α	α	α	α	α	α	α	23	α	α	α	α	α	α
$v1$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v2$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v3$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v4$	α	α	263	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v5$	α	α	α	α	α	0	137	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v6$	α	α	α	α	197	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v7$	α	α	α	α	α	324	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v8$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v9$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	123	α	α	α	α	α
$v10$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	168	α	α	α	α
$v11$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	203	α	α
$v12$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v13$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	246
$v14$	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
$v15$	α	α	α	α	α	α	α	298	α	α	α	α	α	α	α	α

Fuente: Elaboración Propia

Código del Sistema

1. Ingreso al API V3 de Google Maps desde la aplicación

Escribiendo el Key de seguridad que el API V3 de Google Maps Developer nos proporciona podemos utilizar sus librerías y métodos.

```
1. <!DOCTYPE html>
2. <html lang="es">
3. <head>
4.     <meta charset="utf-8">
5.     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
   scale=1, shrink-to-fit=no">
6.     <title>Planificador Ruta Bellman Ford</title>
7. </head>
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
8. <body>
9.         <div id="map"></div>
10.             <script type="text/javascript" src="https://maps.go
   ogleapis.com/maps/api/js?key=KEYSECRETO"></script>
11.
12.     </body>
13.     </html>
14.
15.     //Carga el Mapa sobre el elemento DOM
16.     createMap() {
17.         let me = this;
18.            //Centrar Mapa en estas coordenadas
19.             var positionsMap = {
20.                 lat: -6.7658586,
21.                 lng: -79.8410195
22.             };
23.            //Establecer opciones del mapa
24.             var optionsMap = {
25.                 center: positionsMap,
26.                 zoom: 17,
27.                 mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
28.             };
29.         me.map = new google.maps.Map(document.getElementById('m
   ap'), optionsMap);
30.     }
```

1.1 Marcadores en el selector en donde se selecciona el punto inicial y otro selector de marcadores donde se selecciona los puntos para el recojo de los desechos sólidos.

Este código ayuda para mostrar en un selector todas las calles que hemos mapeado en el grafo, así mismo también muestra las calles en forma aleatoria para registrar los distintos focos infecciosos.

```
1. //Carga los select que contendran los marcadores
2.  loadSelects() {
3.     let me = this;
4.         axios.get("controller/MarkerController.php?op=listar_mar
   ker").then(function(response) {
5.             let answer = response.data;
6.             me.direccionesPlace1 = answer.direcciones;
7.         }).catch(function(error) {
8.             console.log(error);
9.         });
10.             axios.get("controller/MarkerController.php?op=lista
   rAleatorio").then(function(response) {
11.                 let answer = response.data;
12.                 me.listMarcadores = answer.listado;
13.             }).catch(function(error) {
14.                 console.log(error);
15.             });
16.     }
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

1.2 Algoritmo de Bellman Ford en php.

Aquí retorna la trayectoria del camino más corto previamente evaluado por el algoritmo de Bellman Ford, así mismo también su costo total de la trayectoria.

```
1. /**
2.     * Metodo que retorna la ruta mas corta y el costo
3.     * @param array $graphs vertices y costos que conforman el
   Grafo
4.     * @param string $vinicial vertice de inicio
5.     * @param string $vdestino vertice de final
6.     */
7.
8.     public function getShortestPath($graphs, $vinicial, $vdestino
   ){
9.
10.            //Listado de vertices
11.            $vertices = [];
12.            //Listado de vertices adyacentes
13.            $neighbours = [];
14.            //Ruta mas corta
15.            $path = [];
16.
17.            //Iteran los arcos del grafo
18.            foreach($graphs as $edge){
19.                //array_push — Inserta uno o más elementos al
   final de un array
20.                //Se van agregando todos los vertices al Array de
   $vertices
21.                array_push($vertices, $edge->punto1, $edge-
   >punto2);
22.
23.                //Crea la matriz de adyacencia de todos los
   vertices
24.                //Es decir vertices destino de un vertice de incio
   'x' y su costo
25.                $neighbours[$edge->punto1][] = array(
26.                    'endEdge' => $edge->punto2,
27.                    'cost' => $edge->costo
28.                );
29.            }
30.            $vertices = array_unique($vertices);
31.
32.            //Iteran todos los vertices
33.            foreach($vertices as $vertex)
34.            {
35.                 //Inicializan las distancias de todos los
   vertices en INF
36.                 $distances[$vertex] = INF;
37.                 //Inicializan el vertice previo a cada uno a NULL
   ya que aun no se exploran
38.                 $path[$vertex] = NULL;
39.            }
40.            //Definimos la primera vertice
41.            $distances[$vinicial] = 0;
42.            //iniciamos una cola la cual tendrá el hilo de
   vertices que investiga el algoritmo
43.            $cola = [];
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
44.             //agregamos el primer elemento de la cola que es el
   punto inicial
45.             array_push($cola, $vinicial);
46.             //el bucle funcionará hasta que no haya elementos en
   la cola
47.             while(count($cola) != 0){
48.                 //Extraemos el primer valor de la cola
49.                 $vertice = $cola[0];
50.                 //eliminamos ese valor de la cola
51.                 unset($cola[0]);
52.                 //reordenamos los indices
53.                 $cola = array_values($cola);
54.                 //traemos todos los vertices adyacentes al primer
   punto
55.                 $adjuntas = $neighbours[$vertice];
56.                 //Hacemos un bucle para evaluar cada vertice
   adyacente
57.                 foreach($adjuntas as $adj){
58.                     //Definimos una variable con el valor de
   vertice adyacente
59.                     $adjunta = $adj['endEdge'];
60.                     //Hacemos la relajación
61.                     if($distances[$vertice] + $adj["cost"] < $dist
   ances[$adjunta]){
62.                         //Reemplazamos la distancia actual de
   vertice adyacente
63.                         $distances[$adjunta] = $distances[$vertice
   ] + $adj["cost"];
64.                         //Agregamos a la cola el vertice adyacente
   para evualuar
65.                         array_push($cola,$adjunta);
66.                         //Cambiamos la visita del vertice
   adyacente
67.                         $path[$adjunta] = $vertice;
68.                     }
69.                 }
70.             }
71.             //FINALIZA el bucle y se generan las rutas en base a
   Bellman Ford
72.             //Iniciamos la definicion de ruta con el primer
   elemento el ultimo punto donde debemos llegar
73.             $ruta = [$vdestino];
74.             //Definimos 2 variables con las que trabajaremos el
   bloque para generar la ruta
75.             $puntoI = $vinicial;
76.             $puntoF = $vdestino;
77.             //Visitamos cada ruta para ver cual es el punto que
   continua
78.             while($puntoI != $puntoF){
79.                 //El punto al que toca visitar se almacena en una
   variable
80.                 $puntoF = $path[$puntoF];
81.                 //El nuevo punto se agrega a la ruta
82.                 $ruta[] = $puntoF;
83.             }
84.             //Se invierte la ruta
85.             $ruta = array_reverse($ruta);
86.             foreach($ruta as $data){
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
87.                 //PDO::prepare – Prepara una sentencia para su
   ejecución y devuelve un objeto sentencia
88.                 $stmt = $this->objPdo->prepare("SELECT * FROM
   marker WHERE alias = '$data'");
89.                 //PDOStatement::execute – Ejecuta una sentencia
   preparada
90.                 $stmt->execute();
91.                 //PDOStatement::fetchAll – Devuelve un array que
   contiene todas las filas del conjunto de resultados
92.                 //fetch_object – Devuelve la fila actual de un
   conjunto de resultados como un objeto
93.                 $pathcomplete[] = $stmt->fetchAll(PDO::FETCH_OBJ);
94.             }
95.
96.             $resultado = [];
97.             //end – Establece el puntero interno de un array a su
   último elemento
98.             //Mostrar la ruta mas corta y el costo total
99.             $resultado = [
100.                'paths' => $pathcomplete,
101.                'cost' => $distances[$vdestino]
102.            ];
103.
104.            return $resultado;
105.
106.
107.        }
```

1.3 Envía los datos obtenidos del algoritmo Bellman Ford a la aplicación.

```
1. //Tiempo que inicia el Proceso de Computo del Algoritmo de
   Bellman Ford
2.     $time_start = microtime(true);
3.
4.     //Listamos todos los arcos de la bd
5.     $arco = new Arco();
6.     //Invoca al metodo listar() el cual contiene un array con
   las intersecciones (vinicial, vfinal, costo)
7.     $graphs = $arco->listar();
8.
9.     //Instancia la clase BellmanFord.
10.         $bellmanford = new BellmanFord();
11.
12.         //Recibe el array de alias con la ruta optima que
   alimentaran el algoritmo para calcular la trayectoria
13.                 $array = $this->arrayretorna;
14.
15.                 //Inicializa el array que incluira las
   cabeceras con la info del costo, destinos, coordenadas y tiempo
   de ejecución
16.                 $respuesta = [];
17.
18.         //Inicializa el costo a 0;
19.             $costo = 0;
20.             //Inicializa el array que incluira todos los
   destinos por donde debe ir el Camión
21.             $destinos = [];
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
22.                 //Incializa el array de coordenadas
23.                 $coordenadas = [];
24.
25.
26.             for ($c=0; $c < (count($array)-1); $c++) {
27.                         //$x esta variable ayudara para obtener el
   segundo vertice( vertice destino)
28.                         $csgte=$c+1;
29.                         //Invoca al metodo getShortestPath()
   recibiendo 03 args (grafo, vinicio, vdestino)
30.                         $path2 = $bellmanford-
   >getShortestPath($graphs, $array[$c], $array[$csgte]);
31.
32.                         //Obtener el costo e ir autoincrementando
   el costo de la ruta mas corta
33.                         $costo = $costo + $path2['cost'];
34.
35.
36.                 //Itero la ruta mas corta para extraer su latitud,
   longitud y destino
37.                 for($i=0; $i < count($path2['paths']); $i++)
38.                 {
39.                     for($j=0; $j < count($path2['paths'][$i]); $j++
   )
40.                     {
41.                         for ($k=0; $k < count($path2['paths'][$i][$
   j]); $k++)
42.                         {
43.                             //Obtener todo los destino de la ruta
   mas corta
44.                             $destinos[] = $path2['paths'][$i][$j]-
   >destino.' |-| '. $path2['paths'][$i][$j]->alias;
45.
46.                             //Guardamos todas las coordenadas de la
   rutas para el poligono
47.                             $coordenadas[] = [
48.                                 'longitud' => $path2['paths'][$i][$
   j]->longitud,
49.                                 'latitud' => $path2['paths'][$i][$j
   ]->latitud
50.                             ];
51.                         }
52.                     }
53.                 }
54.             }
55.
56.                //Tienpo que finaliza el Proceso de Computo del
   Algoritmo de BellmanFord
57.                 $time_end = microtime(true);
58.                 //Resta el tiempo para obtener el tiempo de
   ejecución
59.                 $time = $time_end - $time_start;
60.
61.
62.                 //Array que almacena cabeceras e información de
   cada dato obtenido
63.                 $respuesta = [
64.                     'costo' => $costo,
65.                     'destinos' => $destinos,
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
66.                     'coordenadas' => $coordenadas,
67.                     'tiempo' => round($time, 3),
68.                     'alias' => $this->arrayretorna
69.                 ];
70.
71.                 //Echo en los datos de la respuesta
72.                 echo json_encode($respuesta);
73.                 //Termina la ejecución del Script
74.                 exit;
```

1.4 Acoge la respuesta del algoritmo, representa la ruta optima en el mapa y ejecuta la animación.

```
1. //Realiza la extracción de la ruta mas corta
2.         getShortestPathIn() {
3.             let me = this;
4.
5.             axios.get('controller/ShortestPathControllerAjax.php
   ', {
6.                 params: {
7.                     'list': me.arrayAlias,
8.                 }
9.             }).then(function(response) {
10.                     //console.log(JSON.stringify(response));
11.                     console.log("Entro");
12.                     console.log(response.data);
13.
14.                     //El costo lo muestro en una etiqueta HTML
15.                     me.costobellmanford = response.data.costo;
16.                     //Las direcciones lo muestro en una
   etiqueta HTML
17.                     me.destinosbellmanford = response.data.dest
   inos;
18.                     //Coordenadas se agregan en un array de
   coordenadas
19.                     me.coordenadasbellmanford = response.data.c
   oordenadas;
20.                     //Tiempo de ejecución del algoritmo de
   Bellman Ford
21.                     me.tiempobellmanford = response.data.tiempo
   ;
22.                     //Inmediatamente se invoca al metodo que
   dibuja la ruta en el Mapa
23.                     me.drawShortestPath();
24.                 }).catch(function(error) {
25.                     console.log(error);
26.                 });
27.             },
28.
29.             //Dibuja la ruta mas corta sobre el Mapa
30.             drawShortestPath() {
31.                 let me = this;
32.
33.                 //Se realiza un for de todas las coordendas
   para obtener solo la lat, lng
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
34.                     me.coordenadasbellmanford.map(function(coordena
   das, i) {
35.                         //Array que captura información de las
   coordendas y se parseas a float
36.                         var locationsPolyline = {
37.                             lat: parseFloat(coordenadas.latitud),
38.                             lng: parseFloat(coordenadas.longitud),
39.                         };
40.                         //Agrego los datos de las coordendas en un
   nuevo array
41.                         me.coordenadasbellmanfordclean.push(locatio
   nsPolyline);
42.                     });
43.
44.                     // Defina el símbolo, utilizando una de las
   rutas predefinidas ('CIRCULO')
45.                     // suministrado por la API de JavaScript de
   Google Maps.
46.                     me.lineSymbol = {
47.                         path: google.maps.SymbolPath.FORWARD_CLOSED
   _ARROW,
48.                         scale: 6,
49.                         strokeColor: '#4db3b8'
50.                     };
51.
52.
53.                     //Metodo que me permite dibujar poligonos en el
   mapa
54.                     //Cree la polilínea y agregue el símbolo a la
   misma a través de la propiedad 'iconos'.
55.                     me.flightPath = new google.maps.Polyline({
56.                         path: me.coordenadasbellmanfordclean,
57.                         icons: [{
58.                             icon: me.lineSymbol,
59.                             offset: '100%'
60.                         }],
61.                         geodesic: true,
62.                         strokeColor: '#FF0000',
63.                         strokeOpacity: 1.0,
64.                         strokeWeight: 3,
65.                         fillColor: '#FFC107',
66.                         fillOpacity: 0.35
67.                     });
68.                     me.animateCircle(me.flightPath);
69.                     //Los poligonos dibujados los muestro en el
   mapa
70.                     me.flightPath.setMap(me.map);
71.                 },
72.                 //Utilice la función DOM setInterval() para cambiar
   el desplazamiento
73.                 //del símbolo a intervalos fijos.
74.                 animateCircle(line) {
75.                     var count = 0;
76.                     window.setInterval(function() {
77.                         count = (count + 1) % 200;
78.                        var icons = line.get('icons');
79.                         icons[0].offset = (count / 2) + '%';
80.                         line.set('icons', icons);
81.                     }, 45);
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
82.                 },
```

1.5 Método para Calcular Costo de forma Automática

```
1.6       /**Funcion que calcula el costo desde un punto hasta
   otro punto mediante las coordenadas**/
1.7               CalcularCosto: function(){
1.8                   /**Extrae los valores de los input y los
   almacena en variables**/
1.9                   $latd1lugar1 = $('input:text[name=latd1lu
   gar1]').val();
1.10                  $long1lugar1 = $('input:text[name=long1lu
   gar1]').val();
1.11
1.12                  $latd2lugar2 = $('input:text[name=latd2lu
   gar2]').val();
1.13                  $long2lugar2 = $('input:text[name=long2lu
   gar2]').val();
1.14
1.15                  /**se crea una variable x1 donde contiene
   las coordenadas del punto de inicio**/
1.16                  var x1=new google.maps.LatLng($latd1lugar
   1,$long1lugar1);
1.17                  /**se crea una variable x2 donde contiene
   las coordenadas del punto de adyacente**/
1.18                  var x2=new google.maps.LatLng($latd2lugar
   2,$long2lugar2);
1.19
1.20
1.21                  /**se crea una variable costo donde
   contiene la distancia**/
1.22                  var costo = google.maps.geometry.spherica
   l.computeDistanceBetween(x1, x2);
1.23                  /**Redondear Numero**/
1.24                  costo= Math.round(costo);
1.25                  /**Asigna costo al input costo**/
1.26                  $("#costo").val(costo);
1.27
1.28                  let me = this;
1.29
1.30                  var locationsPolyline = {
1.31                          lat: parseFloat($latd1lugar1),
1.32                          lng: parseFloat($long1lugar1),
1.33                  };
1.34                  var locationsPolyline2 = {
1.35                          lat: parseFloat($latd2lugar2),
1.36                          lng: parseFloat($long1lugar1),
1.37                  };
1.38                  me.coordenadasc.push(locationsPolyline);
1.39                  me.coordenadasc.push(locationsPolyline2);
1.40
1.41
1.42                  // Defina el símbolo, utilizando una de
   las rutas predefinidas ('CIRCULO')
1.43                  // suministrado por la API de JavaScript
   de Google Maps.
1.44                  me.lineSymbol = {
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

```
1.45                    path: google.maps.SymbolPath.FORWARD_
   CLOSED_ARROW,
1.46                    scale: 6,
1.47                    strokeColor: '#4db3b8'
1.48                };
1.49
1.50
1.51                //Metodo que me permite dibujar poligonos
   en el mapa
1.52                //Cree la polilínea y agregue el símbolo
   a la misma a través de la propiedad 'iconos'.
1.53                me.flightPath = new google.maps.Polyline(
   {
1.54                    path: me.coordenadasc,
1.55                    icons: [{
1.56                        icon: me.lineSymbol,
1.57                        offset: '100%'
1.58                    }],
1.59                    geodesic: true,
1.60                    strokeColor: '#2E17DB',
1.61                    strokeOpacity: 1.0,
1.62                    strokeWeight: 3,
1.63                    fillColor: '#FFC107',
1.64                    fillOpacity: 0.35
1.65                });
1.66                me.animateCircle(me.flightPath);
1.67                //Los poligonos dibujados los muestro en
   el mapa
1.68                me.flightPath.setMap(me.map);
1.69                me.coordenadasc.length = 0; //Seteo a
   vacio el array de coordenadas limpias
1.70
1.71            }
```


Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Explicación del seudocódigo de Bellman Ford

```
//función de inicialización
void init()
{
    for( int i = 0 ; i <= V ; ++i )
      {
        distancia[ i ] = INF;
        //inicializamos todas las distancias con valor infinito

        previo[ i ] = -1;
        //inicializamos el previo del vértice i con -1
      }
}
distancia[ inicial ] = 0;      //Este paso es importante, inicializamos
la distancia del inicial como 0
for( int i = 1 ; i <= V - 1 ; ++i )
{
  //Iteramos |V| - 1 veces
  …
      for( int actual = 1 ; actual <= V ; ++actual )
      {
            for( int j = 0 ; j < ady[ actual ].size() ; ++j )
                  //reviso sus adyacentes del vertice actual
                  {
                    int adyacente = ady[ actual ][ j ].v;
                    //id del vertice adyacente

                    int peso = ady[ actual ][ j ].w;
                    //peso de arista actual con adyacente
            (actual,adyacente)

                    relajacion( actual , adyacente , peso );
                    //Realizamos paso de relajacion para la arista actual
                  }
      }
}
//función de relajacion
void relajacion( int actual , int adyacente , int peso )
{
 //Si la distancia del origen al vertice actual + peso de su arista es
menor a la distancia del origen al vertice adyacente

 if( distancia[ actual ] + peso < distancia[ adyacente ] )
      {
        distancia[ adyacente ] = distancia[ actual ] + peso;
        //relajamos el vertice actualizando la distancia

        previo[ adyacente ] = actual;
        //a su vez actualizamos el vertice previo

        Q.push( Node( adyacente , distancia[ adyacente ] ) );
        //agregamos adyacente a la cola de prioridad
      }
}
```

Figura 39: Pseodocódigo Bellman Ford

Fuente: Introduction to Algorithms

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

a) En primer lugar, en la situación problemática se pudo observar la importancia del recojo de desechos sólidos para una ciudad, se pudo apreciar que si no se cuenta con una adecuada planificación para recojo de estos desechos, se gastaría cantidades exorbitantes fuera de lo necesario para que sea ejecutado. De entre los diferentes algoritmos encontrados se tomó como iniciativa implementar el algoritmo de Bellman Ford ya que cuenta con un buen método a la hora de buscar la ruta óptima.

b) En los antecedentes científicos se encontró buenos documentos en cuanto a la optimización de rutas con algoritmos, destacando entre los mejores el algoritmo de Dijkstra y Bellman Ford, así también se encontró una implementación de planificación de recojo de desechos sólidos en el distrito de Reque.

c) El uso de algoritmos permite optimizar rutas en diferentes situaciones de la vida real.

d) El algoritmo Bellman-Ford logró generar un planificador de rutas para el recojo de desechos sólidos.

e) Se generaron conjuntos de datos de geolocalización de la ciudad de Chiclayo que pueden ser utilizados por los vehículos recolectores de desechos sólidos.

f) El tiempo de ejecución para mostrar rutas optimas varía dependiendo del procesador del ordenador.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

6.2 Recomendaciones

a) Utilizar el Planificador de Rutas para el recojo de desechos sólidos en la ciudad de Chiclayo.

b) Implementar una Plataforma Web para mostrar los puntos geolocalizados de la ciudad de Chiclayo.

c) Recomendar a la Municipalidad de Chiclayo la aplicación de la Tesis.

d) Realizar pruebas pilotos con los vehículos responsables de recolectar los desechos sólidos.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

REFERENCIAS

Abad, A., Cavadia, M. A., Madera, M. A., y Pérez, M. (2013). *Macroruteo y microruteo de recolección de residuos sólidos.* Recuperado de https://es.scribd.com/doc/248119474/Macroruteo-y-Microruteo-de-Recoleccion-de-Residuos-Solidos-1

Afonso, T. (2014). *Optimización de rutas de recogida de residuos en zonas mixtas urbana-rurales y orografía singular.* La Laguna, España: Universidad de La Laguna. Recuperado de: https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/159/Optimizacion+de+rutas+de+recogida+de+residuos+en+zonas+mixtas+urbana-rurales+y+orografia+singular.pdf;jsessionid=BBD4E3C620D301B92AD45470AD2F0A9F?sequence=1

Alvarez, P., Jasso, L., Méndez, D., Reta, J. y Ríos, C. (2013). Matemáticas Discretas. Recuperado de https://prezi.com/hpinl810ifoj/algoritmo-de-bellman-ford/

Arias, J. G. (2013). *Camino más corto: algoritmo de Bellman-Ford.* Recuperado de https://jariasf.wordpress.com/2013/01/01/camino-mas-corto-algoritmo-de-bellman-ford/

Correa, A., Cogollo, J. y Salazar, J. (2011). *Aplicación de la teoría de grafos en la solución de problemas con impacto ambiental.* Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4329366

Cruz, J. C. Dela, Magwili, G. V, Mundo, J. P. E., Gregorio, G. P. B., Lamoca, M. L. L., & Villaseñor, J. A. (2016). Items-mapping and Route Optimization in a Grocery Store using Dijkstra's, Bellman-Ford and Floyd- Warshall Algorithms. Recuperado de: https://doi.org/10.1109/TENCON.2016.7847998

Elías, X. (2012). *Reciclaje de residuos industriales.* (2da ed.). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8yWSZEbQSXgC&oi=fnd&

pg=PR3&dq=residuos+s%C3%B3lidos&ots=m2-53qId15&sig=8GKrkRFwVjgPP-9-y1X9N_G9WPE#v=onepage&q=residuos%20s%C3%B3lidos&f=false

Fernández (2016). Las ciudades con la mejor gestión de residuos del mundo. *Web Tv*. Recuperado de http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2016/01/13/223208.php

Garrido, A. y Onaindia, E. (2014). *Un algoritmo para la optimización de rutas de transporte.* Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: http://users.dsic.upv.es/~agarridot/index_archivos/papers/garrido99b.pdf

Henao, G. y Piedrahita, A. (2015). Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el municipio de Zarzal valle del Cauca. Recuperado de http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/9103/1/CB-0524924.pdf

Hernández, M., Aguilar, Q., Taboada, P., Lima, R., Eljaiek, M., Márquez, L., y Buenrostro, O. (2016). *Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe.* Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 32, 11-22. Recuperado de: http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.02/46669

Herrera, S., Salcedo, O. y Gallego, A. (2014). Eficiencia algorítimica en aplicaciones de grafos orientadas a redes GMPLS. *Revista Scielo 23*(3). Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292014000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Jaramillo, L. (2017). *Diseño de un sistema inteligente para la recolección de desechos sólidos en ciudades pequeñas y medianas.* Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Recuperado de:

http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18654/1/Jaramillo%20Monta%C3%B1o%2c%20Luis%20Enrique.pdf

Jennifer C. Dela Cruz, Glenn V. Magwili, Juan Pocholo E. Mundo, Giann Paul B. Gregorio, Monique Lorraine L. Lamoca, Jasmin A. Villaseñor. *Items-mapping and Route Optimization in a Grocery Store using Dijkstra's, Bellman-Ford and FloydWarshall Algorithms.*

Jin-dong Zhang, Yu-jie Feng, Fei-fei Shi, Gang Wang, Bin Ma, Rui-sheng Li, Xiao-yan Jia. *Vehicle routing in urban areas based on the Oil Consumption Weight-Dijkstra algorithm.*

La Republica (2016). OEFA desaprobó a comuna de Chiclayo por gestión de residuos sólidos. *La Republica.* Recuperado de http://larepublica.pe/impresa/sociedad/747112-oefa-desaprobo-comuna-de-chiclayo-por-gestion-de-residuos-solidos

Los Andes (2017). *Recojo de basura es inoportuno por parte de municipalidad.* Recuperado de: http://www.losandes.com.pe/Politica/20170527/106512.html

Márquez, L. F. (2010). *Programa para la gestión de los residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Bogotá*. Recuperado de http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/95E67A00497C12F505257AC90062B6D1/$FILE/programaorganicos.pdf

Meza, O., & Ortega, M. (2006). Grafos y algoritmos. Caracas, Venezuela: Equinoccio.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017). Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos. Recuperado de http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/03 Recolecci%C3%B3n -y-Transporte-RS.pdf

Municipalidad de San Isidro (2016). *Nuevo Horario para sacar los residuos sólidos a partir del 1 de abril.* Recuperado de:

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

http://msi.gob.pe/portal/servicios-a-la-ciudad/lugares-donde-se-encuentran-los-contenedores/

Muños, L. y Arpi, J. (2013). *Algoritmo de Bellman-Ford*. Recuperado de https://prezi.com/mrlpqfkmifyy/algoritmo-de-bellman-ford/

ONU (2012). *Estado de las ciudades de américa latina y el caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana.* Brasil: Organización de Naciones Unidas.

Pérez, A. (2011) *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática.* Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=xip1wtr8k58C&printsec=frontcover&dq=que+es+un+sistema+de+informaci%C3%B3n+geografica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6t5_2roTWAhUITCYKHTX6CQcQ6AEIJDAA#v=onepage&q=que%20es%20un%20sistema%20de%20informaci%C3%B3n%20geografica&f=false

Pérez, J. y Gardey, A. (2009). Optimización. Recueprado de https://definicion.de/optimizacion/

Ramírez, S. (2014). *Uso de la dinámica de sistemas para optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto.* Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de: http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/618/1/Segundo%20Roger%20Ram%C3%ADrez%20Shupingahua.pdf

Rangel, J. F. (2015). *Algoritmo de Bellman-Ford*. Recuperado de https://issuu.com/frankorangel/docs/algoritmo_de_bellman_ford_-_invst._

Rebossio, A. (2015). *La basura estorba en Latinoamérica.* El País. Recuperado de: http://elpais.com/elpais/2015/06/15/planeta_futuro/1434365093_696698.html

Richard Bellman (1958), *On a Routing Problem.* Recuperado de: http://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=87573

Roceso, J. y Pérez, A. (2006). *Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos*. Recuperado de http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2006/aprov_distr_transporte//000226_final.pdf

Rodríguez, A. B., Gutiérrez, A. L., Rivera, L. A. y Ramírez, L. J. (2014). Ruteo y Asignación de Longitud de Onda: Comparación de Algoritmos Genéticos y Templado Simulado. Recuperado de http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v25n4/art03.pdf

Rodríguez, A. (2010). Grafos - software para la construcción, edición y análisis de grafos. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=vBdHAgAAQBAJ&pg=PA75&dq=algoritmo+de+bellman+ford+SEGUN+AUTORES&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj5z_m6mP3VAhWJNSYKHQ0tCfkQ6AEIJDAA#v=onepage&q=algoritmo%20de%20bellman%20ford%20SEGUN%20AUTORES&f=false

RPP Noticias (2017). *Ica: Los vecinos reportan falta de recojo de basura.* Recuperado de: http://rpp.pe/peru/ica/ica-vecinos-reportan-falta-de-reco-noticia-1052381

RPP Noticias (2017b). *Recogen 60 toneladas diarias de basura en avenida Chiclayo.* Recuperado de: http://rpp.pe/peru/lambayeque/recogen-60-toneladas-diarias-de-basura-en-avenida-chiclayo-noticia-1053123

Ruiz, I. J. y Vidal, W. M. (2016). *Modelo de optimización del sistema de recojo de residuos sólidos en el distrito de Reque para mejorar la eficiencia de operaciones Chiclayo-2016.* Recuperado de http://repositorio.uss.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/uss/2314/RUIZ%20LIZA%20y%20VIDAL%20URDIALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ruiz, I. y Vidal, W. (2016). *Modelo de optimización del sistema de recojo de residuos sólidos en el distrito de Reque para mejorar la eficiencia de operaciones Chiclayo-2016.* Pimentel, Perú: Universidad Señor de Sipán. Recuperado de:

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/uss/2314/1/RUIZ%20LIZA%20y%20VIDAL%20URDIALES.pdf

Ruohonen, Keijo (2013). *Teoría de grafos*.

Salinas E. (2015). Residuos de restaurantes y mercados obstruyen el 50% de desagües de Lima. *La Republica*. Recuperado de http://larepublica.pe/impresa/sociedad/721571-residuos-de-restaurantes-y-mercados-obstruyen-el-50-de-desagues-de-lima

Santos, M. (2015). *Estudio y simulación de algoritmos para la evacuación de personas en situaciones de emergencia sobre una estructura similar al rectorado de la ESPOL.* Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado de: http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/30264/D-84649.pdf?sequence=-1&isAllowed=y

Sakurai, K. (1980). *Diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos. Recuperado* de http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/diseno/diseno.html

SEDESOL (1999). *Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales* Recuperado de http://www.sustenta.org.mx/3/wp-content/files/MT_RutasRecoleccion.pdf

Taquia, J. A. (2013) *Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos.* Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4603/TAQUIA_JOSE_OPTIMIZACION_RUTAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. *Introduction to Algorithms, Second Edition.* Recuperado de: http://is.ptithcm.edu.vn/~tdhuy/Programming/Introduction.to.Algorithms.pdf

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Toapanta, K. (2017). *Logística de Transporte a través de la historia.* El Telégrafo. Recuperado de: http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto-de-vista/1/logistica-de-transporte-a-traves-de-la-historia

Yépez, L. (2015). *Optimización del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia Moraspungo, Cantón Pangua – Provincia de Cotopaxi, año 2014. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.* Recuperado de: http://mail.uteq.edu.ec/bitstream/43000/106/1/T-UTEQ-0002.pdf

Zhang , X., Chen, Y., & Li, T. (2015). Optimization of logistics route based on Dijkstra. *Software Engineering and Service Science (ICSESS), 2015 6th IEEE International Conference on. Beijing.* doi:10.1109/ICSESS.2015.7339063

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

ANEXOS

ANEXO 1 – Guía de Observación Científica

Computador: "Ordenador con procesador Core i7"			**Responsable:** Reyes Esquén Jeremy Octavio **Fecha:** 26 de setiembre de 2017 **Institución:** Universidad Señor de Sipán	
Código	**Vértice Inicial**	**Vértice Destino**	**Costo (m.)**	**Tiempo de Ejecución**
001	v16	v73	799 metros	0,0586 ms.
002	v18	v13 – v4 – v82 – v22- v85	1922 metros	0,1794 ms.
003	v50	v79 – v31 – v49 – v41 – v57 – v64 – v71 – v85 – v29 – v4	2949 metros	0,4632 ms.
004	v64	v79 - v15 – v39 – v87 – v94 – v85 – v67 – v27 – v80 – v60 – v13 – v89 – v41 – v30 –v53	4572 metros	0,8278 ms.
005	v55	v57 – v63 – v58 – v78 – v2 – v3 – v51 – v99 – v20 – v32 – v8 – v75 – v94 – v4 – v59 – v83 – v85 – v88 – v35 – v11	5133 metros	1,1925 ms.
006	v10	v21 – v28 – v17 – v11 – v8 – v70 – v44 – v87 – v27 – v56 – v97 – v52 – v93 – v64 – v94 – v20 – v73 – v92 – v23 – v78 – v98 – v39 – v35 – v36 – v41	5044 metros	1, 7536 ms.
007	v87	v32 – v99 – v11 – v47 – v21 – v66 – v40 – v39 – v82 – v22 – v48 – v98 – v38 – v50 – v19 – v57 – v9 – v96 – v77 – v52 – v94 – v13 – v41 – v4 – v25 – v12 – v64 – v1 – v10 – v70	5462 metros	2,2962 ms.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Computador: "Ordenador con procesador Core i5"			**Responsable:** Reyes Esquén Jeremy Octavio **Fecha:** 26 de setiembre de 2017 **Institución:** Universidad Señor de Sipán	
Código	**Vértice Inicial**	**Vértice Destino**	**Costo (m.)**	**Tiempo de Ejecución**
001	v16	v73	799 metros	0,0773 ms.
002	v18	v13 – v4 – v82 – v22- v85	1922 metros	0,2003 ms.
003	v50	v79 – v31 – v49 – v41 – v57 – v64 – v71 – v85 – v29 – v4	2949 metros	0,6493 ms.
004	v64	v79 - v15 – v39 – v87 – v94 – v85 – v67 – v27 – v80 – v60 – v13 – v89 – v41 – v30 –v53	4572 metros	1,2136 ms.
005	v55	v57 – v63 – v58 – v78 – v2 – v3 – v51 – v99 – v20 – v32 – v8 – v75 – v94 – v4 – v59 – v83 – v85 – v88 – v35 – v11	5133 metros	1,8967 ms.
006	v10	v21 – v28 – v17 – v11 – v8 – v70 – v44 – v87 – v27 – v56 – v97 – v52 – v93 – v64 – v94 – v20 – v73 – v92 – v23 – v78 – v98 – v39 – v35 – v36 – v41	5044 metros	2,9318 ms.
007	v87	v32 – v99 – v11 – v47 – v21 – v66 – v40 – v39 – v82 – v22 – v48 – v98 – v38 – v50 – v19 – v57 – v9 – v96 – v77 – v52 – v94 – v13 – v41 – v4 – v25 – v12 – v64 – v1 – v10 – v70	5462 metros	4,0307 ms.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

ANEXO 2 Territorio del Mapa

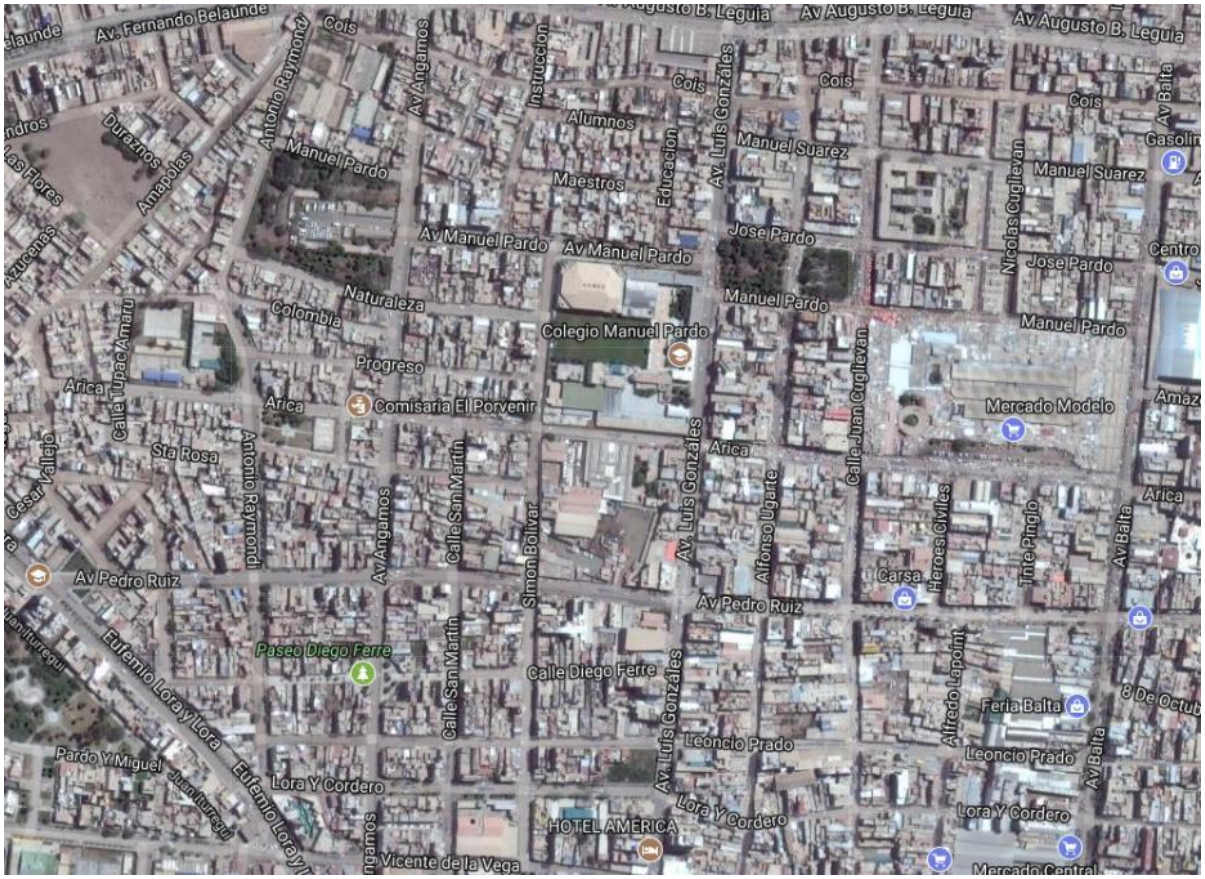


Figura 40 *Territorio del Mapa*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

ANEXO 3 Mapa con focos infecciosos

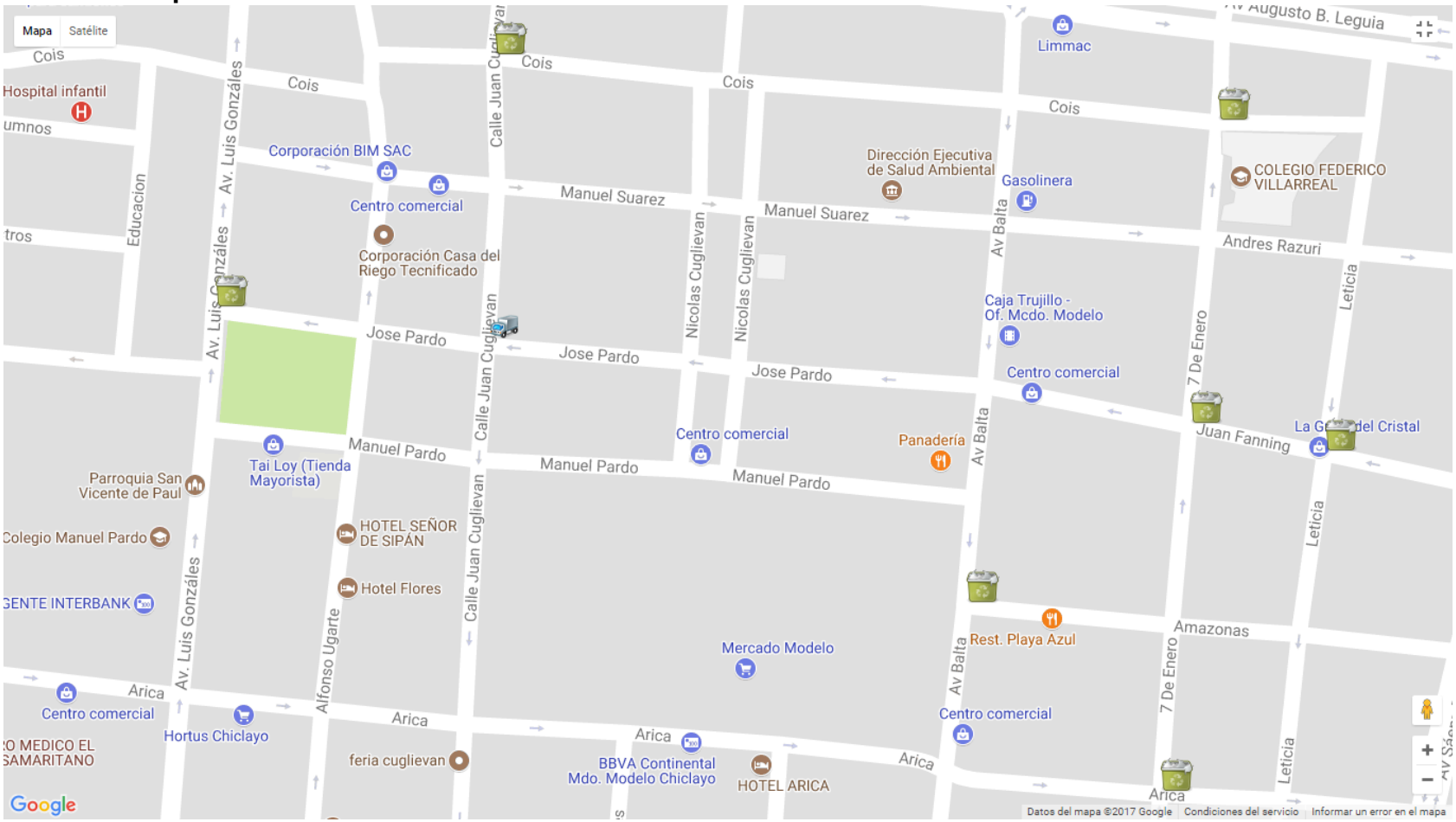


Figura 41 *Mapa con focos infecciosos*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

ANEXO 4 Arcos del Mapa

ARCO	INICIO	FIN	COSTO (m.)
6	1	10	23
7	2	1	50
8	2	4	63
9	3	2	151
10	3	5	66
11	4	2	63
12	4	5	149
13	4	6	61
14	5	3	66
15	5	4	149
16	5	7	60
17	6	4	61
18	6	7	137
19	6	8	26
20	7	5	60
21	7	6	137
22	7	9	46
23	8	6	26
24	8	9	135
25	8	16	52
26	9	7	46
27	9	8	135
28	10	37	56
29	37	10	56
30	11	12	45
31	11	13	35
32	12	11	45
33	12	14	35
34	13	11	35
35	13	14	56
36	13	15	40
37	14	12	35
38	14	13	56
39	14	16	43
40	15	13	40
41	15	16	69
42	16	14	43
43	16	15	69
44	16	8	52
45	10	17	75
46	17	10	75
47	17	18	150
48	18	17	150
49	18	19	72
50	19	18	72
51	17	33	31
52	33	17	31
53	18	21	62
54	21	18	62
55	20	21	147
56	21	20	147

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

57	20	22	50
58	22	20	50
59	21	23	48
60	23	21	48
61	22	24	70
62	24	23	78
63	23	25	154
64	25	26	151
65	26	27	35
66	27	3	50
67	28	22	41
68	29	20	40
69	20	29	40
70	28	29	50
71	29	28	50
72	30	28	98
73	31	29	111
74	29	31	111
75	31	30	47
76	30	31	47
77	33	20	31
78	20	33	31
79	32	33	173
80	33	32	173
81	31	32	59
82	32	31	59
83	19	2	47

84	34	17	171
85	17	34	171
86	32	34	46
87	34	32	46
88	34	35	115
89	35	34	115
90	35	36	112
91	36	35	112
92	37	11	44
93	11	37	44
94	35	37	142
95	37	35	142
96	36	38	12
97	38	36	12
98	36	39	69
99	39	36	69
100	39	40	66
101	40	39	66
102	40	41	57
103	41	40	57
104	41	42	40
105	42	41	40
106	42	43	51
107	43	42	51
108	43	44	67
109	44	43	67
110	45	42	60

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

111	42	45	60
112	44	46	24
113	46	44	24
114	46	47	43
115	47	46	43
116	47	48	28
117	48	47	28
118	32	48	64
119	48	32	64
120	15	38	115
121	38	15	115
122	44	49	55
123	49	44	55
124	49	50	51
125	50	49	51
126	50	51	50
127	51	50	50
128	51	52	19
129	52	51	19
130	30	52	130
131	52	30	130
132	27	54	33
133	54	55	89
134	55	53	44
135	9	53	49
136	53	9	49
137	25	60	78

138	60	59	159
139	26	59	82
140	59	26	82
141	59	58	63
142	58	57	87
143	57	56	45
144	55	57	87
145	56	53	77
146	3	19	100
147	53	56	77
148	56	67	22
149	57	66	65
150	59	64	83
151	60	63	80
152	61	60	150
153	62	61	84
154	63	62	140
155	63	73	90
156	64	59	83
157	64	63	150
158	64	72	110
159	65	58	69
160	65	64	64
161	66	65	89
162	66	70	110
163	67	56	22
164	67	68	68

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

165	68	66	72
166	68	67	68
167	68	69	120
168	69	68	120
169	69	70	69
170	69	85	16
171	70	69	69
172	70	71	89
173	70	100	28
174	71	65	110
175	71	70	89
176	71	72	60
177	72	64	110
178	72	71	60
179	72	98	26
180	73	74	140
181	73	77	87
182	74	62	85
183	74	73	140
184	75	74	26
185	76	75	63
186	76	77	140
187	77	76	140
188	77	79	94
189	78	76	87
190	79	78	130
191	79	90	120

192	80	79	92
193	80	89	120
194	81	80	60
195	81	98	140
196	82	81	63
197	82	99	140
198	83	82	91
199	83	87	120
200	84	86	120
201	84	101	140
202	85	69	16
203	85	101	16
204	86	97	86
205	87	86	65
206	87	96	81
207	88	82	120
208	88	87	120
209	89	80	120
210	89	88	120
211	89	94	71
212	90	89	95
213	90	93	68
214	91	78	130
215	91	90	120
216	92	91	62
217	93	92	110
218	94	89	71

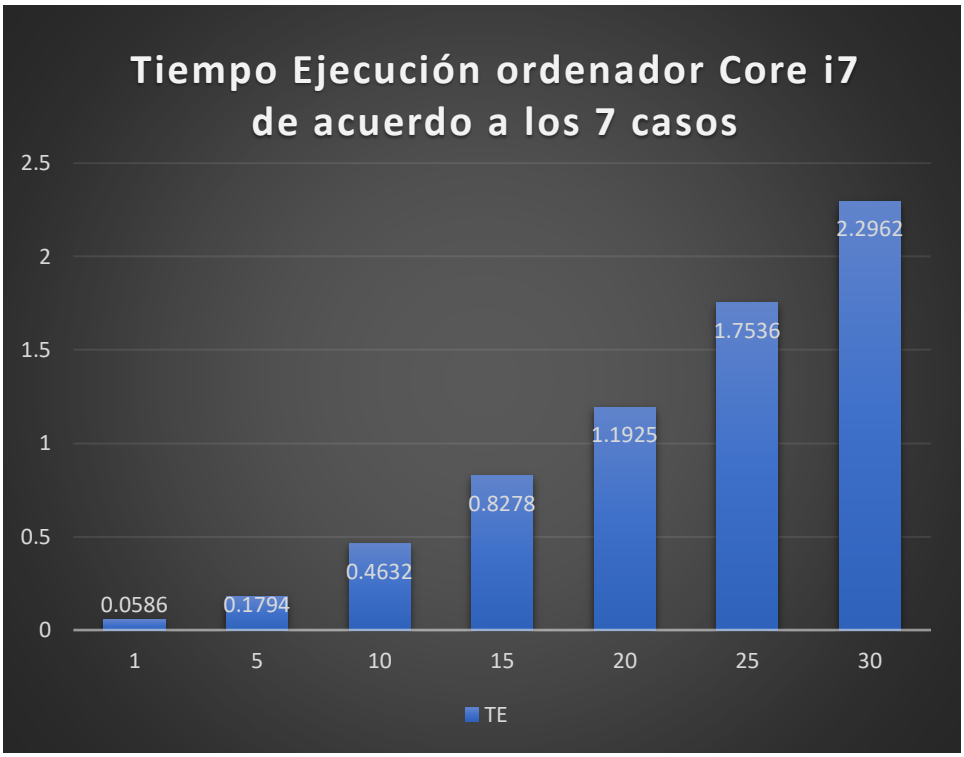
Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

219	94	93	93
220	95	88	77
221	95	94	100
222	96	95	110
223	97	86	86
224	97	96	72
225	98	72	26
226	98	81	140
227	98	99	59
228	99	71	27
229	99	98	59
230	99	100	90
231	100	83	140
232	100	99	90
233	100	101	70
234	101	84	140
235	101	85	16
236	101	100	70

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Anexo 7 Tiempo de ejecución para el ordenador Core i7.

Gráfico 3: *Tiempo de ejecución para el ordenador Core i7*



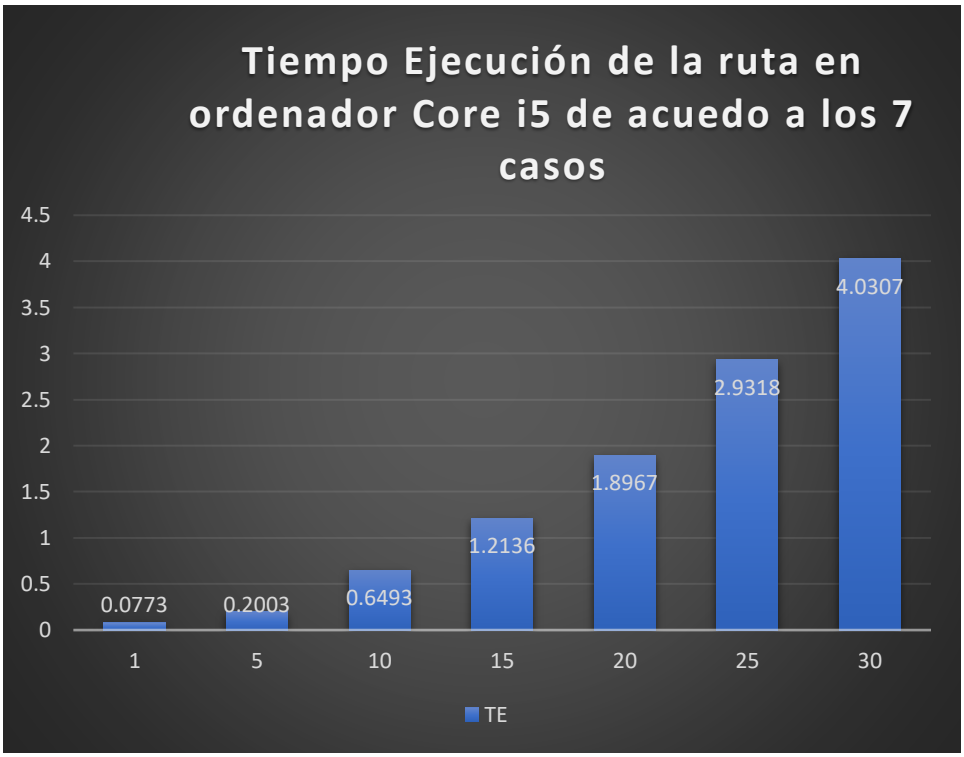
Fuente: Elaboración propia

Para determinar el tiempo de ejecución del algoritmo de Bellman Ford se tomo en cuento el tiempo de partida del algoritmo hasta el tiempo de ejecución hacia cada foco infeccioso como indica. (De la Cruz y otros, 2016)

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Anexo 8 Tiempo de ejecución el ordenador Core i5.

Gráfico 4: *Tiempo de ejecución el ordenador Core i5*



Fuente: Elaboración propia

Para determinar el tiempo de ejecución del algoritmo de Bellman Ford se tomo en cuento el tiempo de partida del algoritmo hasta el tiempo de ejecución hacia cada foco infeccioso como indica. (De la Cruz y otros, 2016)

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Anexo 9 Resultado del costo de trayectoria entre PCi7 y PCi5

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7
PCi7	799	1922	2949	4572	5133	5044	5462
PCi5	799	1922	2949	4572	5133	5044	5462

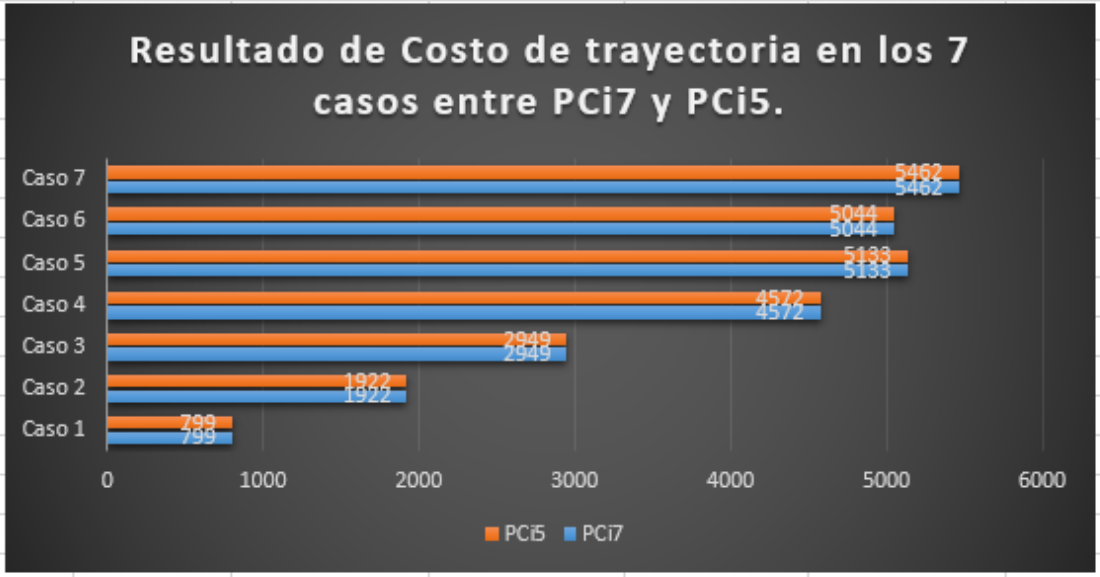


Figura 42 *Resultado del costo de trayectoria entre PCi7 y PCi5*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Anexo 10 Tiempo de ejecución entre PCi5 y PCi3

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7
	# 1 Vertives	# 5 Vertices	# 10 vértices	# 15 vérticess	# 20 vértices	# 25 vértices	# 30 vértices
PCi7	0,0586	0,1794	0,4632	0,8278	1,1925	1,7536	2,2962
PCi5	0,0773	0,2003	0,6493	1,2136	1,8967	2,9318	4,0307

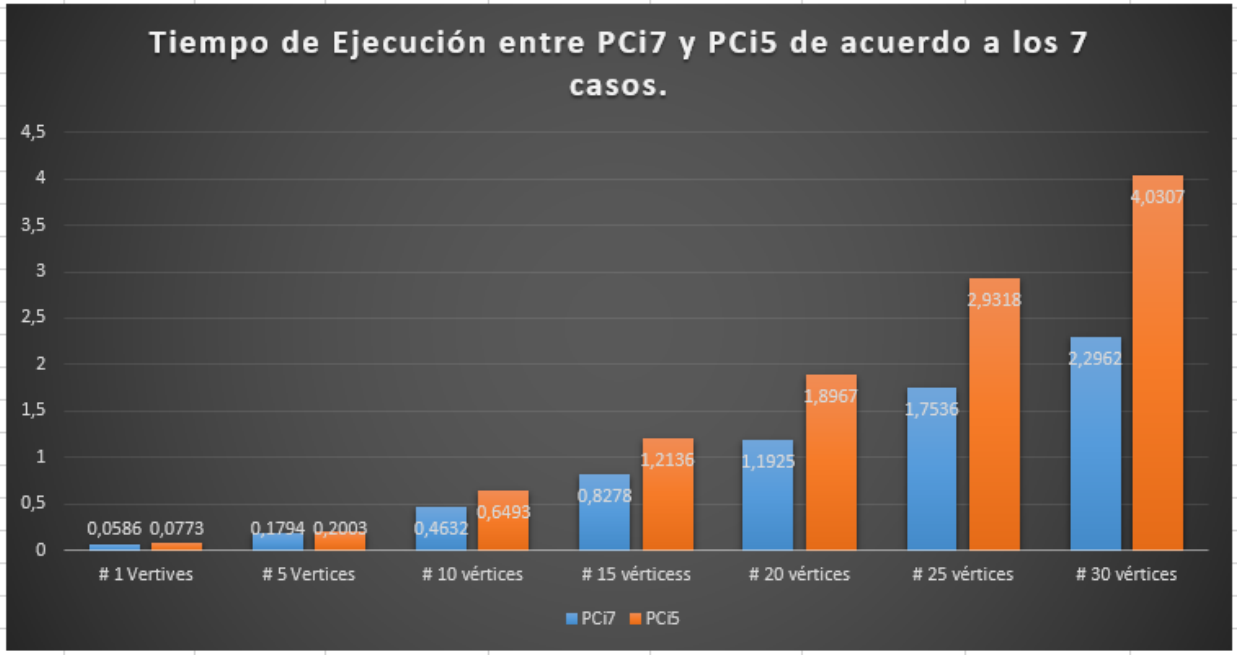


Figura 43 *Tiempo de ejecución entre PCi5 y PCi3*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Anexo 10 Planificador de Rutas para recojo de desechos solidos utilizando el algoritmo Bellman Ford – Manual de Usuario

Aquí se expone la interfaz para que el usuario pueda Registrar un **Nuevo Marker**.

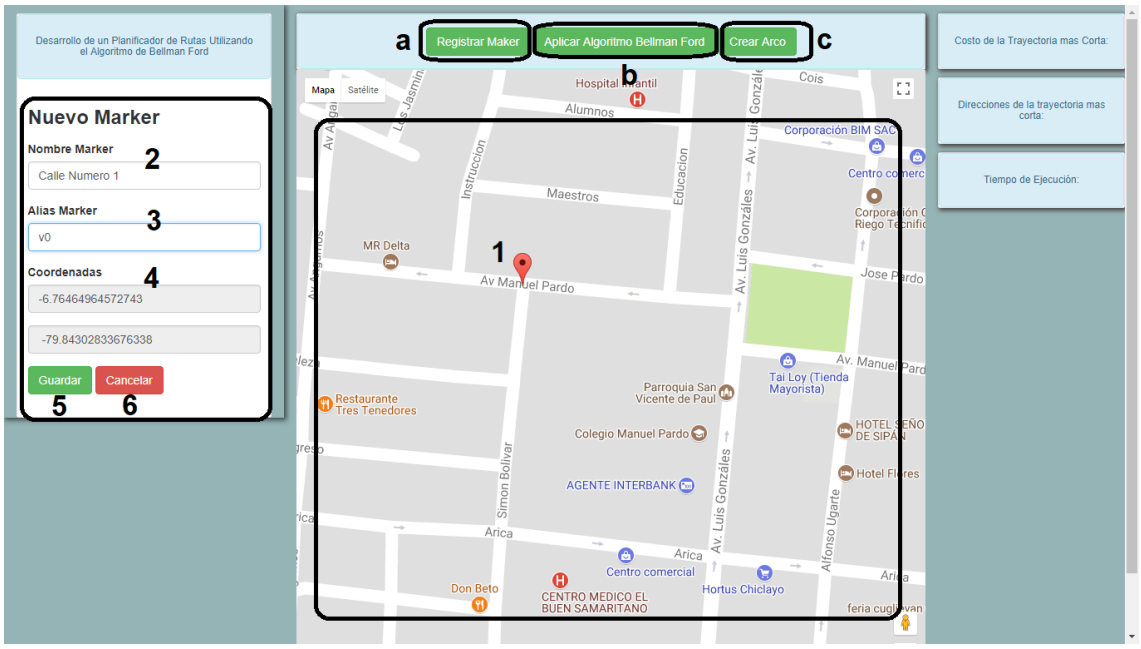


Figura 44: *Interfaz Registrar Marker*

Fuente: Elaboración Propia

a. Registrar Marker

En esta fase se selecciona el botón **Registrar Marker** donde nos expone una interfaz para poder seleccionar un punto en el mapa con la finalidad de poder registrar sus coordenadas y a la vez darle el nombre al Marker.

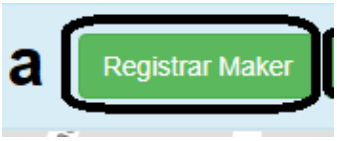


Figura 45: *Botón Registrar Marker*

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

1. **Seleccionar Marker.**

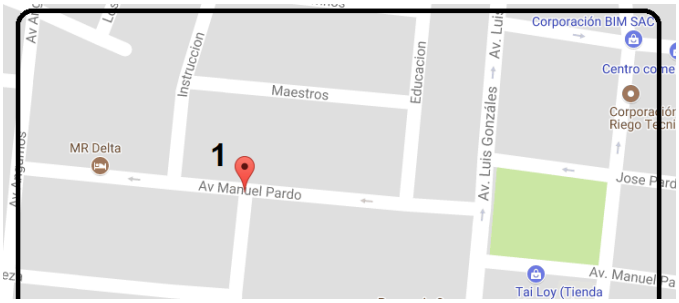


Figura 46: *Seleccionar Marker para Registrar*

Fuente: Elaboración Propia

a) Al seleccionar un punto en el mapa de Google Maps la aplicación permite extraer sus coordenadas de esa ubicación.

2. **Nombre Marker**

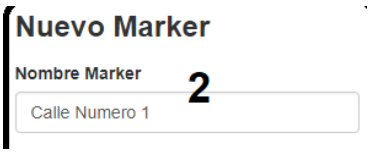


Figura 47: Asignar Nombre al Marker

Fuente: Elaboración Propia

a) Permite asignarle un Nombre al Marker Seleccionado para poder registrarlo.

3. **Alias Marker**

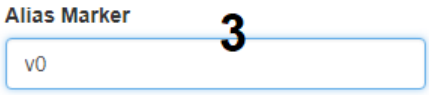


Figura 48: Asignar Alias al Marker

Fuente: Elaboración Propia

a) Permite asignarle un Alias al Marker seleccionado para poder registrarlo.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

4. Coordenadas

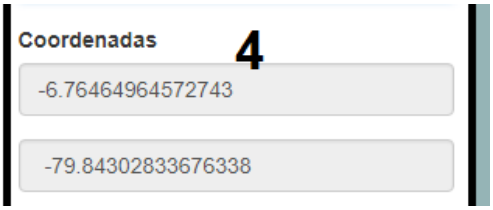


Figura 49: Mostrar Coordenadas del lugar Seleccionado

Fuente: Elaboración Propia

a) Muestra las coordenadas del lugar seleccionado en el mapa.

5. Guardar

Figura 50: *Botón Guardar Marker*

Fuente: Elaboración Propia

a) Permite Ingresar Datos del Marker seleccionado a la Base de Datos.

6. Cancelar

Figura 51: Botón Cancelar Marker

a) Permite vaciar los campos para registrar un nuevo marker

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Aquí se expone la pantalla principal del planificador de rutas implementado con el algoritmo de Bellman Ford para que posteriormente pueda ser ejecutado por el usuario.

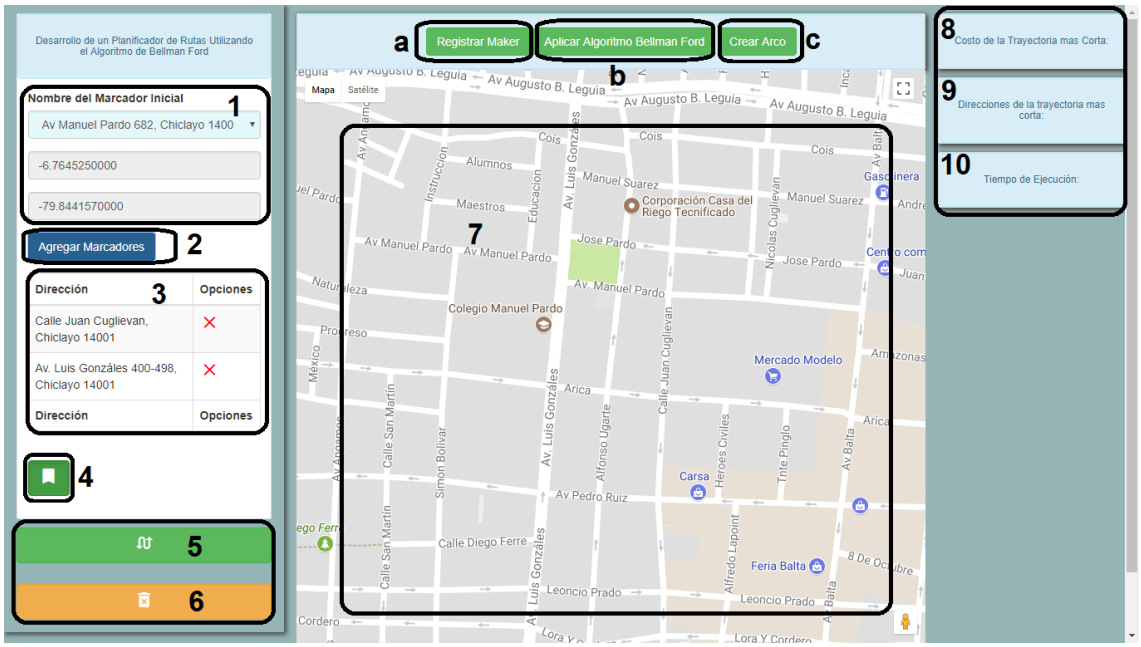


Figura 52: *Interfaz de Inicio de Planificador de Rutas implementado con Bellman Ford*

Fuente: Elaboración Propia

b. Aplicar Algoritmo Bellman Ford

En esta fase se selecciona el botón **Aplicar Algoritmo Bellman Ford** donde nos expone una interfaz para poder aplicar el algoritmo a los distintos focos infecciosos desde un punto incial.

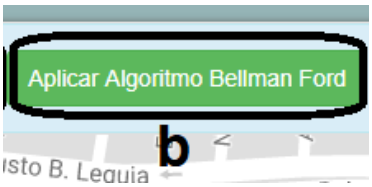


Figura 53: Botón Aplicar Algoritmo Bellman Ford

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

1. **Marcador Inicial**

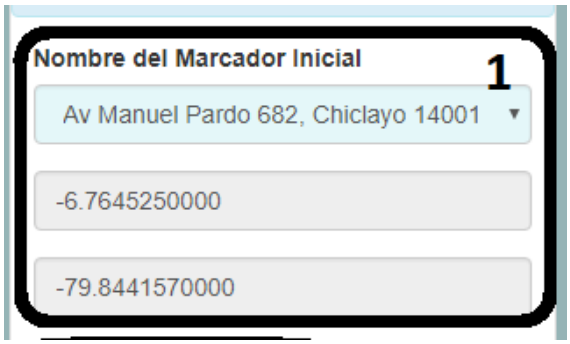


Figura 54: Marcador Inicial

Fuente: Elaboración Propia

a) En esta primera fase se selecciona el marcador inicial que será de donde iniciará el camión.
b) Inmediatamente después de seleccionado salen instantáneo sus coordenadas.

2. **Agregar Marcadores**

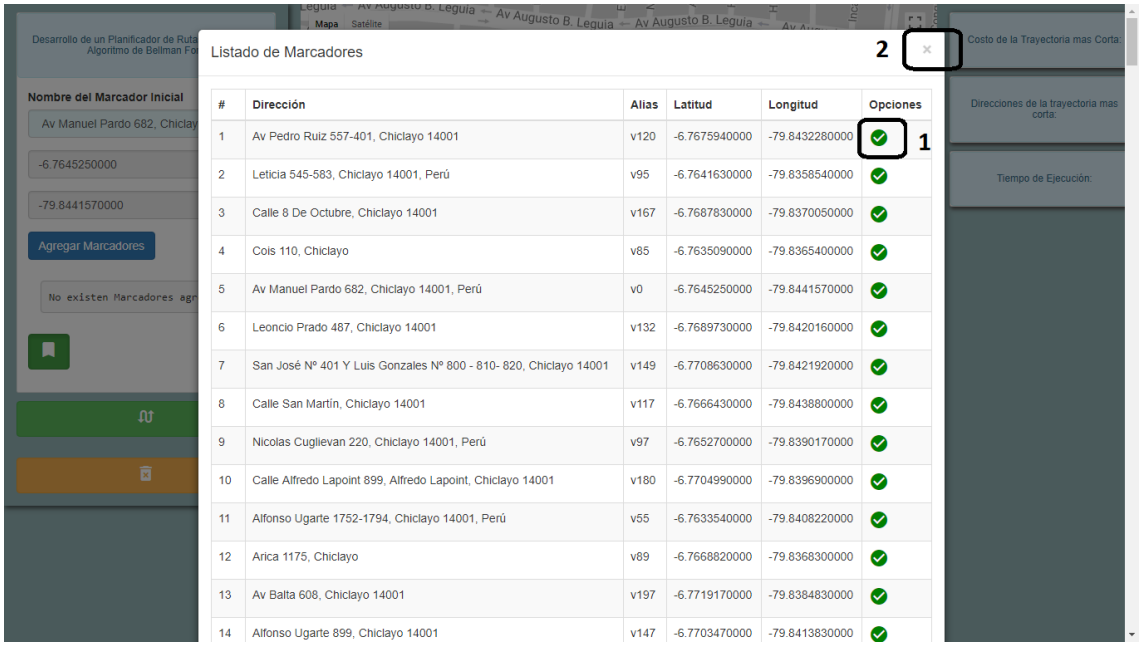
En esta fase se selecciona el botón **Agregar Marcadores** donde nos habre una ventana con la lista de los focos infecciosos representados, en donde se nos permitirá seleccionar los focos infecciosos que apetecemos como muestra en la siguiente imagen:

Figura 55: Botón Agregar Marcadores

Fuente: Elaboración Propia

a) Al presionar el botón **Agregar Marcadores** se abrirá una ventana con la lista de los focos infecciosos simulados.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe



#	Dirección	Alias	Latitud	Longitud	Opciones
1	Av Pedro Ruiz 557-401, Chiclayo 14001	v120	-6.7675940000	-79.8432280000	
2	Leticia 545-583, Chiclayo 14001, Perú	v95	-6.7641630000	-79.8358540000	
3	Calle 8 De Octubre, Chiclayo 14001	v167	-6.7687830000	-79.8370050000	
4	Cois 110, Chiclayo	v85	-6.7635090000	-79.8365400000	
5	Av Manuel Pardo 682, Chiclayo 14001, Perú	v0	-6.7645250000	-79.8441570000	
6	Leoncio Prado 487, Chiclayo 14001	v132	-6.7689730000	-79.8420160000	
7	San José Nº 401 Y Luis Gonzales Nº 800 - 810- 820, Chiclayo 14001	v149	-6.7708630000	-79.8421920000	
8	Calle San Martín, Chiclayo 14001	v117	-6.7666430000	-79.8438800000	
9	Nicolas Cuglievan 220, Chiclayo 14001, Perú	v97	-6.7652700000	-79.8390170000	
10	Calle Alfredo Lapoint 899, Alfredo Lapoint, Chiclayo 14001	v180	-6.7704990000	-79.8396900000	
11	Alfonso Ugarte 1752-1794, Chiclayo 14001, Perú	v55	-6.7633540000	-79.8408220000	
12	Arica 1175, Chiclayo	v89	-6.7668820000	-79.8368300000	
13	Av Balta 608, Chiclayo 14001	v197	-6.7719170000	-79.8384830000	
14	Alfonso Ugarte 899, Chiclayo 14001	v147	-6.7703470000	-79.8413830000	

Figura 56: Lista de Focos Infecciosos Simulados

Fuente: Elaboración Propia

b) Nos permitirá seleccionar todos lo focos infecciosos que apetecemos para que sea ejecutado con el algoritmo de Bellman Ford.

3. Marcadores Agregados

Figura 57: Focos infecciosos Sleccionados

Fuente: Elaboración Propia

a) En esta fase nos muestra los focos infecciosos que hemos seleccionado anteriormente.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

4. Poner Marcadores en el Mapa

Figura 58: Botón Agregar Marcadores al Mapa

Fuente: Elaboración Propia

a) Al presionar este botón se ingresa los marcadores elegidos tanto como el punto de partida inicial como los focos infecciosos en el mapa.

5. Ejecutar el Algoritmo de Bellman Ford

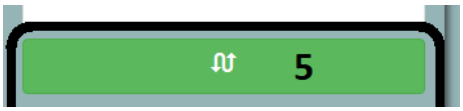


Figura 59: Botón ejecutar algoritmo de Bellman Ford

Fuente: Elaboración Propia

a) Se ejecuta el algoritmo de Bellman Ford sobre los marcadores seleccionados para localizar la ruta óptima.

6. Borrar Marcadores del Mapa

Figura 60: Botón borrar marcadores del mapa

Fuente: Elaboración Propia

a) Se borrar lo marcadores del mapa, pero se queda el polígono que traza la ruta en el mapa.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

7. Mapa con la ruta óptima

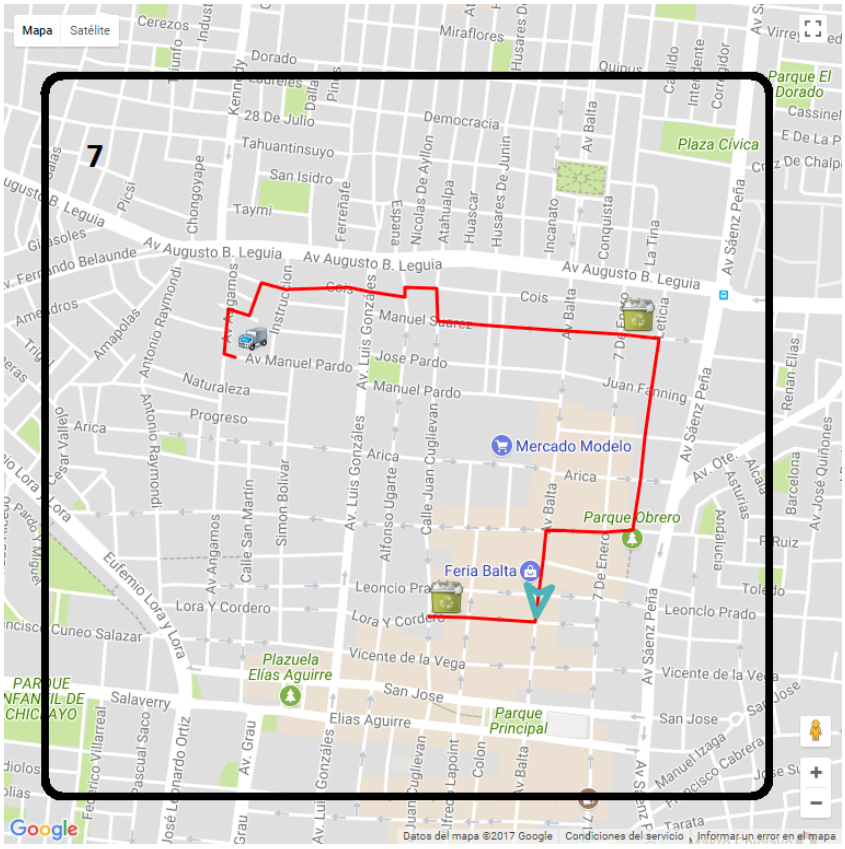


Figura 61: *Mapa con la ruta òptima*

Fuente: Elaboración Propia

a) Muestra la Ruta Óptima ejecutada por el algoritmo Bellman Ford

8. Costo Trayectoria mas corta

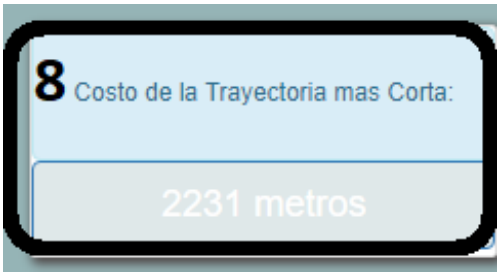


Figura 62: Costo Trayectoria más corta

Fuente: Elaboración Propia

a) Expone la distancia total de trayecto de la ruta óptima que se referencia como costo de trayectoria mas corta.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

9. Direcciones de la Trayectoria más corta

Figura 63: Vertices de la ruta óptima

Fuente: Elaboración Propia

a) Muestra todos los vértices por donde pasa la ruta óptima.

10. Tiempo de Ejecución

Figura 64: Tiempo de Ejecución del sistema

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

Aquí se expone la interfaz para crear un arco en principio a los marker registrados, también se calcula el costo autmático con el uso de la función computeDistanceBetween del api de Google Maps v3.

Nota: Se tomo la decisión de no utilizar esta interfaz ya que sus datos para crear de forma automático son inconsistentes. Para mayor información se detalla a inicios del Capítulo 5.

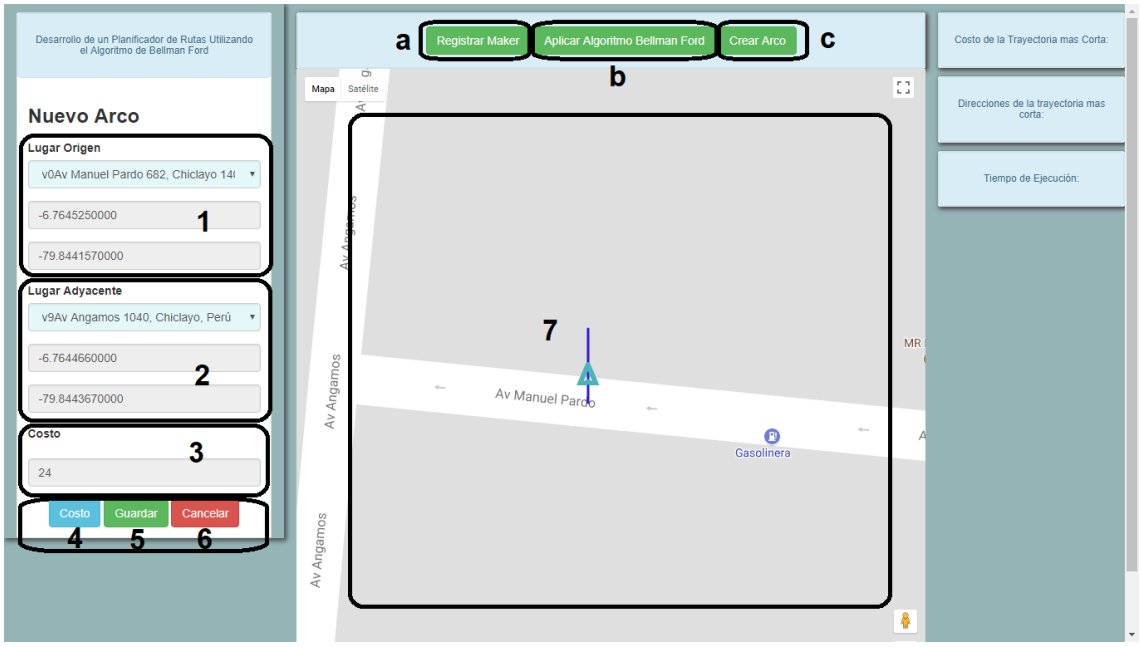


Figura 65: Interfaz para Crear Arco

Fuente: Elaboración Propia

c. Crear Arco

En esta fase se selecciona el botón **Crear Arco** donde nos expone una interfaz para poder seleccionar un punto de Origen y un punto adyacente hacia este origen con la finalidad de conformar una matriz de adyacencia.

Figura 66: Botón Crear Arco

Fuente: Elaboración Propia

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

1. **Lugar Origen.**

Figura 67: Seleccionar Lugar Origen

Fuente: Elaboración Propia

a) Permite seleccionar un lugar Inicial en el select desde donde se aplicará la medición para calcular el costo.

2. **Lugar Adyacente.**

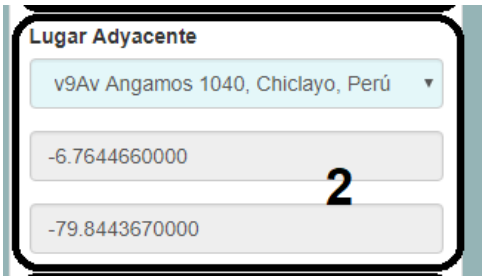


Figura 68: Seleccionar Lugar Adyacente

Fuente: Elaboración Propia

a) Permite seleccionar el lugar adyacente en el select hasta donde se aplicará la medición para calcular el costo.

3. **Costo**

Figura 69: Mostrar Costo

Fuente: Elaboración Propia

a) Muestra el costo obtenido de la medición.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

4. Botón Costo

Figura 70: Botón Costo

Fuente: Elaboración Propia

a) Permite calcular el costo desde un lugar de origen hasta su lugar adyacente.

5. Guardar

Figura 71: Botón Guardar Arco

Fuente: Elaboración Propia

a) Permite Guardar en la base de datos el arco, con el costo obtenido.

6. Cancelar

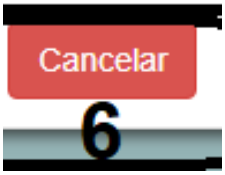


Figura 72: Botón Cancelar Arco

Fuente: Elaboración Propia

a) Permite vaciar los campos para registrar un nuevo arco.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe

7. Línea de la medición del costo

Figura 73: Línea del costo calculado

Fuente: Elaboración Propia

a) Línea del costo calculado por el método computeDistanceBetween del api de Google Maps v3.

Campus Universitario Km. 5 Carretera a Pimentel - Chiclayo - Perú
Teléf: (+51)(74) 481610 / 481620 - Fax: 203861
www.uss.edu.pe