



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS

**ALGORITMO PARA LA ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS A
OBRAS EN LA EMPRESA CONSTRUCTORA
ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C**

PRESENTADA POR

**JUAN EDUARDO RIVERA ORTEGA
ALBERTO ALONSO SANTILLANA ARRUNÁTEGUI**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS

LIMA – PERÚ

2015



**Reconocimiento - No comercial - Compartir igual
CC BY-NC-SA**

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN Y
SISTEMAS**

**ALGORITMO PARA LA ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS A
OBRAS EN LA EMPRESA CONSTRUCTORA ARAMSA
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
COMPUTACIÓN Y SISTEMAS**

PRESENTADA POR

RIVERA ORTEGA, JUAN EDUARDO

SANTILLANA ARRUNÁTEGUI, ALBERTO ALONSO

LIMA – PERÚ

2015

Dedicatoria

Queremos dedicar este trabajo a Dios que nos ha dado la vida y fortaleza para terminar este proyecto de investigación, a nuestros padres por estar ahí cuando más los necesitamos; y a nuestras familias por la constante cooperación que nos han brindado.

Agradecimiento

Gracias a nuestras familias por todo el amor que nos han brindado siempre y por el esfuerzo que hicieron para que podamos llegar a cumplir nuestras metas; también agradecemos a nuestros amigos y a todas las personas que nos ayudaron a que podamos culminar la tesis.

ÍNDICE

Página

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I	20
MARCO TEÓRICO	20
1.1. Antecedentes	20
1.2. Bases teóricas	25
1.3. Definición de términos básicos	50
CAPÍTULO II	53
METODOLOGÍA	53
2.1. Materiales	53
2.2. Metodología de investigación científica	55
2.3. Metodología para la implantación de la solución	61
CAPÍTULO III	65
DESARROLLO DEL PROYECTO	65
3.1. Desarrollo del algoritmo	65
3.2. Fases	76
3.3. Desarrollo de la aplicación	78
CAPÍTULO IV	88
PRUEBAS Y RESULTADOS	88
4.1. Pruebas	88
4.2. Resultado	98
CAPÍTULO V	108
DISCUSIÓN Y APLICACIÓN	108
5.1. Discusión	108
5.2. Aplicación	110

CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	113
FUENTES DE INFORMACIÓN	115
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1 Variables de estandarización	29
Tabla N° 2 Criterio Evaluativo de Metodologías	41
Tabla N° 3 Variables de estandarización	44
Tabla N° 4 Resultados	46
Tabla N° 5 Diagrama de Gantt	47
Tabla N° 6 Requerimientos de Hardware	53
Tabla N° 7 Requerimientos de Software	53
Tabla N° 8 Equipo de Desarrollo	54
Tabla N° 9 SCRUM - Etapas	62
Tabla N° 10 Roles y responsabilidades	62
Tabla N° 11 Estructura de Datos	82
Tabla N° 12 Prueba caso 1	88
Tabla N° 13 Prueba caso 2	89
Tabla N° 14 Prueba caso 3	89
Tabla N° 15 Prueba caso 4	90
Tabla N° 16 Prueba caso 5	90
Tabla N° 17 Prueba caso 6	90
Tabla N° 18 Prueba caso 7	91
Tabla N° 19 Prueba caso 8	91
Tabla N° 20 Prueba caso 9	91
Tabla N° 21 Prueba caso 10	92
Tabla N° 22 Prueba caso 11	92
Tabla N° 23 Prueba caso 12	93
Tabla N° 24 Prueba caso 13	93

Tabla N° 25 Prueba caso 14	93
Tabla N° 26 Prueba caso 15	94
Tabla N° 27 Prueba caso 16	94
Tabla N° 28 Prueba caso 17	95
Tabla N° 29 Prueba caso 18	95
Tabla N° 30 Datos Reales Vs Algoritmo	96
Tabla N° 31 Variables de Inicio en Load Test	97
Tabla N° 32 Cuadro de Factores de Éxito o Fracaso	97
Tabla N° 33 Cuadro de comparación	99
Tabla N° 34 Resultados de Casos de Pruebas	105
Tabla N° 35 Resultados de Pruebas de Stress	105
Tabla N° 36 Comparativo de algoritmos de optimización	106
Tabla N° 37 Cuadro comparativo Hipótesis	108

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura N° 1 Tasa de crecimiento del sector de construcción	23
Figura N° 2 Restricciones de Programación Lineal	28
Figura N° 3 Formula Simplex	30
Figura N° 4 Formato de tablero Simplex	31
Figura N° 5 Método Simplex y Dos Fases	32
Figura N° 6 Pasos de algoritmo Branch and Bound	36
Figura N° 7 Ciclo de Vida de SCRUM	38
Figura N° 8 Proceso de SCRUM	39
Figura N° 9 Diagrama de actividades de desarrollo	64
Figura N° 10 Algoritmo General	71
Figura N° 11 Algoritmo – Fase ingreso de data	72
Figura N° 12 Fase conversión de obra	73
Figura N° 13 Fase asignación de maquinarias	74
Figura N° 14 Fase resultados	75
Figura N° 15 Modelo de Datos	79
Figura N° 16 Arquitectura Técnica	80
Figura N° 17 Diccionario de Base de datos	81
Figura N° 18 Pantalla de bienvenida	82
Figura N° 19 Formulario para la simulación	83
Figura N° 20 Resultado de la simulación	84
Figura N° 21 Gráficos del resultado de Simulación	84
Figura N° 22 Gráficos del resultado de Simulación	85
Figura N° 23 Gráficos del resultado de Simulación	85
Figura N° 24 Gráficos del resultado de Simulación	86
Figura N° 25 Formulario Mantenimiento de Maquinarias	86

Figura N° 26 JavaScript de Google Maps	87
Figura N° 27 Gráfica según diferencia por cantidad	99
Figura N° 28 Gráfica según diferencia por porcentaje	100
Figura N° 29 Resultado del aplicativo SPSS- Costo	100
Figura N° 30 Resultado del aplicativo SPSS- Distancia	101
Figura N° 31 Resultado del aplicativo SPSS- Tiempo	102
Figura N° 32 Comparación a nivel Distancia Real VS Algoritmo	109
Figura N° 33 Comparación a nivel Tiempo Real VS Algoritmo	109

INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo N° 1 Resultado caso 1	119
Anexo N° 2 Resultado caso 2	120
Anexo N° 3 Resultado caso 3	121
Anexo N° 4 Resultado caso 4	122
Anexo N° 5 Resultado caso 5	123
Anexo N° 6 Resultado caso 6	124
Anexo N° 7 Resultado caso 7	125
Anexo N° 8 Matriz de consistencia	126
Anexo N° 9 Simulación de algoritmo Húngaro	127
Anexo N° 10 Product Backlog	128
Anexo N° 11 Spring Backlog	130
Anexo N° 12 US – CA - BDD Generar reporte de asignación	133
Anexo N° 13 Caso de prueba reporte de asignación	136

RESUMEN

De la revisión de los modelos de Investigación Operativa (lineal, entera, no lineal, heurístico) y algoritmos relacionados a la mejora de asignación de recursos, se concluye que existe una escasez de algoritmos para la mejora de la asignación de maquinarias de obras civiles en el Perú. El enfoque actual de la empresa ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. está basado en una asignación manual con el archivo Excel. El objetivo de la tesis es el desarrollo de un algoritmo para la mejora de asignación de maquinarias en las obras civiles del sector de la construcción, bajo el modelo Heurístico.

Se ha probado la hipótesis que si se determina la reducción de costos de desplazamiento en la asignación de máquinas a obras civiles con el modelo heurístico; entonces, el margen de contribución total que perciba la empresa será el máximo. El uso de este algoritmo pretende reducir los costos de desplazamiento para llegar a una toma de decisiones. Se usó una muestra de 20 obras.

Las principales conclusiones a que se arribaron es que para la realización de un estudio de este tipo no se necesita grandes inversiones económicas ni tecnológicas, pues contando con recursos limitados se ha logrado desarrollar el presente estudio, que es el de brindar una herramienta útil y necesaria para que las organizaciones puedan optimizar la utilización de sus recursos y maximizar sus contribuciones y de esta manera cumplir con sus obligaciones como tal.

Palabras Claves: Investigación operativa, asignación de maquinarias, modelo Heurístico, sector construcción.

ABSTRACT

A review of operations research models (Linear, Full, Nonlinear, Heuristic) and related algorithms to improve resource allocation, it is concluded that there is a dearth of algorithms to improve the allocation of civil works machinery Peru. The current focus of the company above is based on a manual assignment with the Excel file. The aim of the thesis is to develop an algorithm to improve allocation of machinery for civil works in the construction industry under the heuristic model.

It has tested the hypothesis that if the cost reduction is determined shift in the allocation of civil works machines with the heuristic model; then the total contribution margin received by the Company shall be the maximum. Using this algorithm aims to reduce travel costs to reach a decision. A sample of 20 works was used.

The main conclusions were arrived is that for a study of this type no major economic or technological investments needed , because with limited resources have been able to develop this study , which is to provide a useful and necessary for organizations to optimize the use of their resources and maximize their contributions and thus fulfill their obligations as such.

Keywords: Operational research allocation machinery, Heuristic model, construction sector.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis es una investigación que tiene por objetivo desarrollar un algoritmo que sea capaz de optimizar la asignación de maquinarias a obras en la constructora ARAMSA Contratistas Generales S.A.C.; la óptima asignación de maquinarias es un problema a nivel mundial, dado que este incurre en costos ocultos respecto a tiempo, distancia y recursos que a la larga hacen daño a las empresas, así lo explica Lee (2010) las organizaciones a nivel mundial destacan que una de las actividades más importante en donde se debe mejorar las operaciones es en la planeación de la producción. La asignación de trabajos a máquinas es una operación que forma parte de la planeación y control de la producción de una empresa, consiste en definir en qué máquinas se procesarán las órdenes requeridas por los clientes. Debido a que es una operación fundamental en una empresa, el tema ha llamado la atención a un gran número de investigadores, los cuales han hecho diversas aportaciones a este tema.

Otro punto muy importante es la falta de sustento técnico y tecnológico que tienen las empresas referente a la asignación de maquinarias y todas las variables que incurren en esta decisión, esto lo señala Araujo (2010) al realizar el análisis del proceso de asignación maquinarias a obras que cuenta la empresa se detectó lo siguiente: la forma como se llevaba a cabo la asignación de maquinarias a obras, existía una escasez de sustento técnico científico válido, tal asignación eran determinadas por encargado un archivo Excel y les era difícil considerar todos los criterios que involucran tal asignación, por esta razón se ignoraba cual era la forma de asignación óptima; por lo tanto, la contribución total que percibía la empresa en un periodo determinado podría ser la máxima. Para dar solución al problema se decidió formular un modelo heurístico que involucre todos los criterios posibles para la asignación de máquinas a obras tomando en cuenta lo siguiente:

- La empresa debe optimizar la asignación de maquinarias.
- Generar menor costo.

Mediante el presente trabajo se busca apoyar a las empresas del rubro de construcción para que por medio de modelos y herramientas tecnológicas optimicen la asignación de maquinarias y así puedan reducir costos, como lo manifiesta Araujo (2010) es importante que las empresas mediana e instituciones del estado que son las fuerzas generadoras de divisas en el país, puedan implementar modelos similares al que se presenta, ya que se necesita justamente la aplicación de la ciencia y la tecnología para optimizar procesos y así ahorrar dinero que pueda ser invertido en sectores necesitados.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I proporciona una descripción del estado actual del conocimiento del problema, la información de utilidad para el desarrollo del proyecto y las tecnologías relacionadas.

En el capítulo II se aborda una descripción de materiales, métodos, actividades, mecanismos y/o herramientas utilizadas en el desarrollo del proyecto.

En el capítulo III presenta la ejecución del capítulo anterior, donde se utilizara las fases iterativas de la metodología Scrum, para poder desarrollar nuestra investigación.

En el capítulo IV muestran las pruebas realizadas durante el desarrollo de los proyectos alineados con los requerimientos funcionales definido. Asimismo, se muestran los resultados luego de las pruebas los cuales buscan confirmar las hipótesis propuestas.

En el capítulo V consiste en analizar e interpretar los resultados obtenidos.

1. Situación problemática

Escasez de algoritmos para la asignación óptima de maquinarias a obras en empresas constructoras medianas en el Perú.

2. Objetivos

2.1. Objetivos

Desarrollar un algoritmo para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Elaborar el algoritmo para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.
- b) Probar el algoritmo para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.
- c) Afinar el algoritmo para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.

3. Justificación

A continuación se describe brevemente aspectos importantes en cuanto a la justificación del proyecto:

3.1. Justificación Teórica

Taha (1995) explicó lo siguiente: Al plantear un problema en investigación de operaciones, se tiene la opción de utilizar un modelo matemático o un modelo de simulación. Al utilizar un modelo matemático, este puede ajustarse a un modelo común, por ejemplo de programación lineal, y resolverse en una forma conveniente mediante técnicas matemáticas. Debido a los avances en el desarrollo de herramientas de cómputo para la solución de problemas de investigación de operaciones, es cada vez más viable que se opte por utilizar un modelo matemático en aplicaciones reales, inclusive cuando éstas manejan una gran cantidad de variables como es el caso bajo estudio.

La contribución de la investigación radica en el uso de los modelos de Investigación Operativa, para incursionar en la mejora de la asignación de las máquinas de obras a construcciones dando beneficios como:

- a) Permitir la toma de decisión más conveniente conforme a los recursos disponibles y a los objetivos que se tratan de conseguir.
- b) Lograr la abstracción de los componentes en una situación para poder estructurarla como un modelo matemático.
- c) Reducir el tiempo de búsqueda de una solución que se ajuste a los objetivos propuesto.

3.2. Justificación Social

Araujo (2010) menciona que no se necesita grandes inversiones económicas ni tecnológicas, contando con recursos limitados se puede lograr desarrollo de una herramienta útil y necesaria para que las organizaciones pueden mejorar la utilización de los recursos y maximizar sus contribuciones.

3.3. Justificación Económica

La empresa ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. no financiará el proyecto mediante terceros.

Este proyecto informático de inversión que la empresa ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. está implementando internamente, tiene únicamente variables de costos (inversión inicial, costos de operación los cuales pueden ser: sueldos del personal, consumo de energía, mantenimiento del equipo y otros materiales), lo cual quiere decir que el proyecto no generará ingresos por sí mismo, pero es una inversión necesaria, ya que proporcionará una enorme ayuda en el área de equipos; por lo tanto, como estamos al frente de un proyecto informático que no genera ingresos por sí mismo, se utilizará el método del criterio del valor presente de los costos y el de análisis incremental.

a) Inversión del proyecto

La inversión inicial será de 15,000.00 Nuevos Soles referidos a muebles, licencia de desarrollo y laptop. El proyecto se realizara en 4 meses los cuales tendrán egresos de 7000.00 Nuevos Soles respectivamente, estos referidos a personal y costos indirectos de la investigación; teniendo un total de inversión de 43,000.00 Nuevos Soles.

b) Resultados

Se ha realizado pruebas referentes a obras de la empresa ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. de un periodo de 44 meses equivalentes a 20 obras, teniendo como resultado una comparación de asignación de maquinarias reales versus asignación de maquinarias con nuestro proyecto, teniendo las siguientes cifras, tanto mensuales, anuales y por los 44 meses:

Podemos notar que con nuestro proyecto la asignación de maquinarias en las 20 obras ha sido más eficiente, teniendo una reducción de costos de 71927.84 Nuevos Soles.

c) Proyección

Para la proyección del proyecto hemos adquirido información básica financiera de la empresa ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. para poder realizar los cálculos necesarios.

Nuestras variables de decisión son el margen de contribución, el costo variable, valor de venta, incremento de ventas, inversión del proyecto, ingresos y ahorros.

Teniendo un margen de contribución de 42%, factores de ingresos de fidelización de clientes de 1% y nuevas ventas de 1%, además de ahorros de combustible de 19617.00 Nuevos Soles anuales y penalidades por falta de cumplimiento de 1% referente a las ventas, llegamos a un flujo de caja anual de 204630.00 Nuevos Soles, proyectado a 5 años.

Tasa de rendimiento incremental o valor actual neto incremental



Tasa mínima de rendimiento anual (TMRA) = 10%

$$VAN = -43,000 + \frac{204,630}{(1+0.25)^1} + \frac{204,630}{(1+0.25)^2} + \frac{204,630}{(1+0.25)^3} + \frac{204,630}{(1+0.25)^4} + \frac{204,630}{(1+0.25)^5}$$

$$VAN = \text{s/. } 732,710.00$$

: Como VAN > 0, el proyecto informático es rentable

TIR incremental de la inversión:

$$0 = -43,000 + \frac{204,630}{(1+TIR)^1} + \frac{204,630}{(1+TIR)^2} + \frac{204,630}{(1+TIR)^3} + \frac{204,630}{(1+TIR)^4} + \frac{204,630}{(1+TIR)^5}$$

$$TIR = 476 \%$$

: Como TIR > 0, el proyecto informático es rentable

ROI

$$\text{Valor presente} = \text{S/. } 775,710.00$$

$$\text{Inversión} = \text{S/. } 43,000.00$$

$$ROI = \frac{(775,710 - 43,000)}{43,000} * 100 = 1704\%$$

Nuestro proyecto tiene un valor actual neto de inversión de 732710.00 Nuevos Soles y una tasa interna de retorno de 476%, haciéndolo un proyecto muy rentable, además de tener un retorno de inversión de 1704%.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Las organizaciones a nivel mundial destacan que una de las actividades más importantes en donde se debe mejorar las operaciones es en la planeación de la producción, y un punto vital es la asignación de maquinaria, respecto al rubro de construcción.

Araujo(2010) explicó que las empresas del sector construcción, secundario o Industrial (construcción, maderera, textil, papelera, entre otros) y terciario o de servicios (bancos, seguros, transporte, hotelería, entre otros), en especial de los países desarrollados, dada la escasez inminente y encarecimiento de algunos recursos básicos para su funcionamiento; se encuentran aplicando hoy, técnicas de investigación operativa como la programación lineal, programación no lineal, programación estocástica, métodos de redes CPM- PERT, métodos numéricos, teoría de juegos y la simulación entre otras más para resolver problemas de programación de la producción, con la finalidad de optimizar sus recursos como tiempo, materiales , personal, e incrementar de esta manera sus contribuciones e igualmente reducir sus costos. Debido a la demanda del mercado en el sector de construcción, y a las oportunidades que este ofrece, es imperioso que las empresas apliquen principios y criterios técnicos, para asegurar un producto de calidad confiable y alta durabilidad, optimizando procesos, minimizando desperdicios de materia prima y recurso humano.

En la empresa en estudio no se ha realizado ningún estudio referente a asignación óptima de recursos, más aun de la asignación de máquinas a órdenes de producción. Se ha encontrado estudios de otras empresas pero del tipo de asignación de máquinas mediante la Programación Lineal Entera Binaria.

En esta sección se explica las investigaciones previas que se realizaron sobre la asignación óptima de recursos, además de la investigación operativa. Por tal motivo se plantea implementar una lógica de optimación de recursos para la asignación de máquinas de construcción a fin de asignar.

Keys (2011) explicó:

La investigación Operativa es una tecnología, pero no en el sentido de modelo clásico de ciencia-tecnológica, que considera esta última como una ciencia aplicada, sino un marco de modelo nuevo. También explicó que La Investigación Operativa como la aplicación del método científico a mejorar la efectividad de operaciones, las decisiones y la gestión. (p. 222).

Arbones (2010) explicó:

En un mercado competitivo, como es el industrial, deben analizarse todos los caminos hacia la reducción de los costos. El éxito de la aplicación de una técnica de optimización requiere el reconocimiento y formulación del problema y el uso adecuado de la respuesta provista de la solución.(p. 52).

Araujo (2010) dio a conocer que en la actualidad la utilización de aplicativos tecnológica que asignen de manera óptima máquinas de obras en empresas en el sector de construcción existe en grandes empresas corporativas. Si nos acercamos más a nuestro continente, los países que cuentan con soluciones similares a la mencionada son muy pocos, pero que se deben tomar como ejemplos a seguir.

Cidrás (2011) señaló lo siguiente:

El problema de la asignación de aulas para exámenes de un centro universitario que sufre distintas restricciones espaciales, temporales y de recursos humanos. En concreto, en este trabajo las restricciones y consideraciones que se tienen en cuenta en la asignación de aulas para exámenes son: a) existencia de aulas con distintas capacidades, b) materias con distinto número de alumnos, c) días con otras actividades en el centro, d) exámenes En sábado sólo en caso excepcional, y e) las materias con mayor número de alumnos deben tener un mayor tiempo para su evaluación. Por la extensión y complejidad del problema. Cabe señalar que el trabajo se encuadra dentro de las actuaciones que la Dirección de la E.T.S. de Ingenieros

Industriales de Vigo está llevando a cabo en la gestión y mejora de la actividad docente. Se ha desarrollado un algoritmo genético para solucionar el problema de asignación de aulas para exámenes en un centro universitario donde existientes restricciones de espacio y de días. Los resultados han demostrado que estos problemas pueden ser resultados eficazmente mediante métodos heurísticos. (p.12).

Azcárate, ErasoyGáfaró (2012), explicaron lo siguiente:

Ciencias de la Salud, tanto en el campo de la organización y gestión de recursos sanitarios como en el campo de la prevención, detección y tratamiento de enfermedades. Este artículo introduce una disciplina llamada Investigación Operativa (IO), que engloba una serie de modelos y métodos matemáticos que proporcionan apoyo científico para la toma de decisiones. Las herramientas de IO más conocidas y más utilizadas en la práctica son la simulación y la optimización. Uno de los métodos más usados para medir la eficiencia en organizaciones sanitarias es el análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis, DEA) que se basa en modelos de programación lineal. La Investigación Operativa proporciona un conjunto de herramientas útiles para el análisis de problemas de gestión de recursos sanitarios, permitiendo explorar los efectos de distintas políticas y proporcionando medios para la toma de decisiones médicas. (p.23)

Huerta (2012) indicó que el Perú vive desde fines de la última década del siglo XX, un sostenido crecimiento de la industria de la construcción, impulsado, sobre todo, por el aumento de los ingresos económicos de los hogares, las mayores inversiones públicas y privadas, ambas consecuencia directa del crecimiento económico y, asimismo, por la mejora de las condiciones de financiamiento para la adquisición de vivienda públicas. Se trata, sin duda, del duradero boom del sector inmobiliario peruano, cuyo epicentro es Lima Metropolitana.

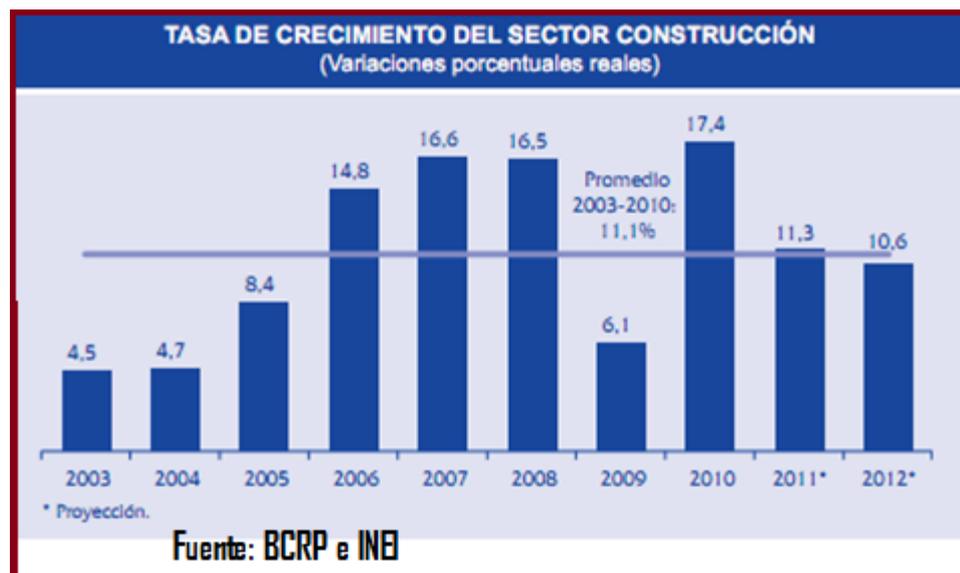


Figura N° 1 Tasa de crecimiento del sector de construcción

Fuente: BCRP (2012). Sector Construcción (p.1)

Huerta (2012) resaltó que el Perú vive desde fines de la última década del siglo XX, un sostenido crecimiento de la industria de la construcción, impulsado, sobre todo, por el aumento de los ingresos económicos de los hogares, las mayores inversiones públicas y privadas, ambas consecuencia directa del crecimiento económico y, asimismo, por la mejora de las condiciones de financiamiento para la adquisición de vivienda públicas. Se trata, sin duda, del duradero boom del sector.

Laurenco (2002), explicó lo siguiente:

Las decisiones sobre la asignación de recursos en diversos ámbitos son problemas altamente complejos y que requieren modelos y métodos sofisticados para su solución e implementación. Entre estos modelos, el Modelo de Asignación Generalizada consiste en asignar un conjunto de tareas a una serie de recursos con un coste total mínimo del sistema. Cada recurso tiene una capacidad limitada y cada tarea debe ser asignada a uno y solo a un recurso, requiriendo una cierta cantidad de esta capacidad. Este modelo tiene diversas aplicaciones en el ámbito industrial, logístico, sanitario, etc. Se propone una heurística adaptativa basada en sistemas GRASP (greedyrandomizedadaptive search heuristic) y MMAS (Max-MinAntSystem) para la resolución de este tipo de problemas. La ventaja de

este método consiste en la fácil adaptación a nuevas restricciones o condiciones del problema al modelo y método de resolución, no siendo necesario reformular el problema. También se presentan resultados computacionales que demuestran que estos métodos son de los más eficientes de los conocidos hasta el momento, seguidas por observaciones concluyentes. (p.22).

Sánchez (2012), explicó lo siguiente:

El Problema de Asignación Generalizada (PAG) es un modelo muy conocido en el ámbito de Investigación de Operaciones (IO), el cuál trata de asignar óptimamente un número de tareas a un grupo de agentes o máquinas y cuando esta tarea es otorgada y desarrollada por un solo agente o máquina (en varias extensiones se ha aplicado en sistemas de distribución computacional, asignación de trabajos en redes de telecomunicación, resolviendo diversas localizaciones, rutas de transporte y calendarización de horarios. Debido a que hay un amplio rango de aplicación modelado en eventos de la vida real, este modelo ha ganado más atención en la comunidad de IO. (p.62).

Sánchez (2012), también manifestó que el estudio que se llevó a cabo y que se redacta en este artículo es la resolución de diferentes instancias con la Heurística de Martello y Toth, aunque existen otro tipo métodos que pueden ayudarnos a resolver este tipo de problema como el conjunto de heurísticas de particionamiento, Relajación LaGrangeana y Programación Lineal basada en heurísticas; Metaheurísticas de solución aproximada como TabuSearch, Recocido Simulado, Algoritmos Genéticos, Colonia de hormigas, GRASP y Búsqueda Profunda de Variables; y métodos exactos como el análisis del Poliedro, Algoritmos de Ramificación y Acotamiento, Ramificación y Precio, y Ramificación y corte.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Investigación operativa

Taha (2004) mencionó que las primeras actividades formales de investigación de operaciones se dieron en Inglaterra durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se encomendó a un equipo de científicos ingleses la toma de decisiones acerca de la mejor utilización de materiales bélicos. Al término de la guerra, las ideas formuladas en operaciones militares fueron adaptadas para mejorar la eficiencia y la productividad en el sector civil. Hoy en día, la investigación de operaciones es una herramienta dominante e indispensable para tomar decisiones. Un elemento principal de la investigación de operaciones es el modelado matemático. Aunque la solución del modelo matemático establece una base para tomar una decisión, se deben tener en cuenta factores intangibles o no cuantificables. En la investigación de operaciones no se tiene una sola técnica general con la que se resuelvan todos los modelos matemáticos que surgen en la práctica. En lugar de ello, la clase y la complejidad del modelo matemático determinan la naturaleza del método de solución.

Las fases principales de la implementación de la investigación de operaciones en la práctica comprenden:

- a) La definición del problema que implica definir el alcance del problema que se investiga
- b) La Construcción del modelo en el que se traduce la definición del problema a relaciones matemáticas.
- c) La solución del modelo es la fase más sencilla de todas las de la investigación de operaciones porque supone el uso de algoritmos bien definidos de optimización.
- d) La validación del modelo que comprueba si el modelo propuesto hace lo que se quiere que haga, pudiendo saber si nuestro modelo es el adecuado con el comportamiento del sistema que se estudia.

- e) La implantación de la solución que implica la traducción de los resultados a instrucciones de operación, emitidas en forma comprensible para las personas que administrarán al sistema recomendado.

1.2.2. Optimización

Ramos(2010) explicó que la optimización es una parte relevante dentro de la Investigación Operativa, consiste en la selección de una alternativa mejor, en algún sentido que las demás alternativas posibles, es un concepto inherente a toda la Investigación Operativa, sin embargo, determinadas técnicas propias de la Investigación Operativa se recogen bajo el nombre de optimización o programación matemática. Resolver un problema de optimización consiste en encontrar el valor que deben tomar las variables para hacer óptima la función objetivo satisfaciendo el conjunto de restricciones.

Ramos (2010) explicó que los problemas de optimización se componen generalmente de tres componentes:

Variables: Representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Desde un punto de vista funcional se pueden clasificar en variables independientes o principales o de control y variables dependientes o auxiliares o de estado, aunque matemáticamente todas son iguales. En el caso de un sistema eléctrico serán los valores de producción de los grupos de generación o los flujos por las líneas. En el caso de la venta, la cantidad de cada producto fabricado y vendido. En el caso de la fabricación de un producto, sus dimensiones físicas.

Función objetivo: Es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar (maximizar o minimizar). Como ejemplo de funciones objetivo se pueden mencionar: la minimización de los costes variables de operación de un sistema eléctrico, la maximización de las contribuciones netos de venta de ciertos productos, la minimización del cuadrado de las desviaciones con respecto a unos valores observados, la minimización del material utilizado en la fabricación de un producto, etc.

Restricciones: Representan el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer. Por ejemplo, la potencia máxima y mínima de operación de un grupo de generación, la capacidad de producción de la fábrica para los diferentes productos, las dimensiones del material bruto del producto, entre otros.

1.2.3. Métodos de optimización

Ramos (2010) mencionó que no existe ningún método de optimización que pueda resolver eficientemente todo tipo de problemas y de ahí que se hayan desarrollado diversos métodos a lo largo de los años, a los métodos de optimización también se les llama programación matemática.

a) Métodos clásicos:

Que son los que habitualmente se explican en los libros de Investigación de Operaciones y se encuentran:

- Programación Lineal
- Programación Lineal Entera
- Programación Lineal Entera Mixta
- Programación estocástica
- Programación dinámica
- Métodos híbridos

De forma muy general y aproximada se puede decir que los métodos clásicos buscan y garantizan un óptimo local.

b) Métodos Metaheurísticos

Ramos (2010) explicó que aparecieron ligados a lo que se denominó inteligencia artificial y se incluyen los algoritmos evolutivos (genéticos entre otros), el método del recocido simulado o las búsquedas heurísticas método tabú, búsqueda aleatoria, entre otros. Los métodos metaheurísticos tienen mecanismos específicos para alcanzar un óptimo global aunque no garantizan su alcance.

1.2.4. Programación lineal

Álvarez (2011) conceptualiza de la siguiente manera: Es una técnica de optimización que consiste en la maximización o minimización de una función lineal, llamada función objetivo, sujeta a restricciones también lineales. El criterio de optimización es por lo general un objetivo económico, por ejemplo maximizar un beneficio o minimizar un costo y por esta razón recibe el nombre de función económica o función objetiva. Los modelos de Programación Lineal son más utilizados que todos los otros tipos de optimización y abarcan cualquier tipo de actividad humana como micro y macroeconomía, finanzas, marketing, economía de la energía, organización de la producción, planificación de la operación, selección de procesos, asignación de tareas, ingeniería química, forestal, agrónoma, comercio internacional, desarrollo económico y muchos otros más. Los problemas de Programación Lineal se componen generalmente de estos tres ingredientes:

a) Variables: Las variables representan valores reales mayores o iguales a cero.

b) Función objetivo: Conjunto de variables mayores o iguales a cero que nos proporcionan una ecuación la cual dará una solución lineal.

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

c) Restricciones: Las restricciones pueden ser de la forma:

$$\begin{array}{cccc} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n & \leq & b_1 & \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n & = & b_2 & \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n & \geq & b_m & \end{array}$$

Figura N° 2 Restricciones de Programación Lineal

Fuente: Alvares (2011). Programación Lineal.

En las ecuaciones anteriores a_{ij}, b_i, c_i , son valores que se asumen conocidos; y el problema consiste en hallar los valores de las, que optimicen

la función sujeta a las restricciones, las variables se llaman variable de decisión.

Forma Estándar de Problema de Programación Lineal

En la forma estándar todas las restricciones se expresan como igualdades agregando variables de holgura o restando variables de exceso, para mayor detalle consúltese: Winston (p. 135), a modo resumen podemos dejar la Tabla (I.5), según la desigualdad que aparezca, y con el valor que deben estar las nuevas variables.

Tabla N° 1 Variables de estandarización

Tipo de desigualdad	Tipos de variables que aparecen
\geq	-Exceso + Artificial
$=$	+Artificial
\leq	+Holgura

Fuente: Winston (2012)- Programación Lineal

Luego de haber estandarizado el modelo, puede ocurrir que necesitemos aplicar el método Simplex o el de las Dos Fases para dar solución al Problema de Programación Lineal.

1.2.5. Métodos de solución de programación lineal

a) El método Gráfico o Geométrico

Saada (2011) explicó que el método gráfico se utiliza para la solución de Problemas de Programación Lineal, representando geométricamente a las restricciones, condiciones técnicas y el objetivo; un modelo de Programación Lineal se puede resolver en forma gráfica si sólo tiene dos variables, para modelos con tres o más variables, el método gráfico es impráctico o imposible.

b) El Método Simplex

Saada (2011) explicó que el método del simplex fue creado en 1947 por el matemático George Dantzig. El álgebra matricial y el proceso de eliminación de Gauss-Jordan para resolver un sistema de ecuaciones lineales constituyen la base del método simplex. Para resolver un problema representado mediante un modelo estandarizado de Programación Lineal como el siguiente:

$$\text{Maximizar o Minimizar: } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n + c_{n+1}x_{n+1} + \dots + c_{n+m}x_{n+m} = 0$$

Sujeto a

$$\begin{array}{rcl} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + x_{n+1} & & = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + x_{n+2} & & = b_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + x_{n+m} & & = b_m \\ \underbrace{x_1, \dots, x_n}_{\text{Variables Originales}} \geq 0 & \underbrace{x_{n+1}, \dots, x_{n+m}}_{\text{Variables de Holgura}} & \geq 0 \end{array}$$

Figura N° 3 Formula Simplex

Fuente: Programación Lineal, Método Simplex.

Se utiliza el tablero Simplex Tabla para las iteraciones y darle solución al Problema Lineal.

		c_j								LD Sol.	θ_i		
		c_1	c_2	...	c_n	c_{n+1}	c_{n+2}	...	c_{n+m}				
		V. de Decisión				V. de Holgura							
F i l a s	c_B	V. Básicas x_B	x_1	x_2	...	x_n	x_{n+1}	x_{n+2}	...	x_{n+m}	b_i		
		c_{n+1}	x_{n+1}	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	1	0	0	0	b_1	
		c_{n+2}	x_{n+2}	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	0	1	0	0	b_2	
		\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	0	...	0	\vdots		
		c_{n+m}	x_{n+m}	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	0	0	0	1	b_m	
		z_j		z_1	z_2	...	z_n	z_{n+1}	z_{n+2}	...	z_{n+m}	z	
	$c_j - z_j$												

Columns

Figura N° 4 Formato de tablero Simplex

Fuente: Programación Lineal, Método Simplex.

c) El Método de dos fases y el método M

Winston (2011) explicó que el conocido como el método Simplex de Dos Fases. Cuando no es posible obtener en el problema inicial una base factible se agrega variables artificiales y se usa el método de Dos Fases o el método M para buscar la solución óptima.

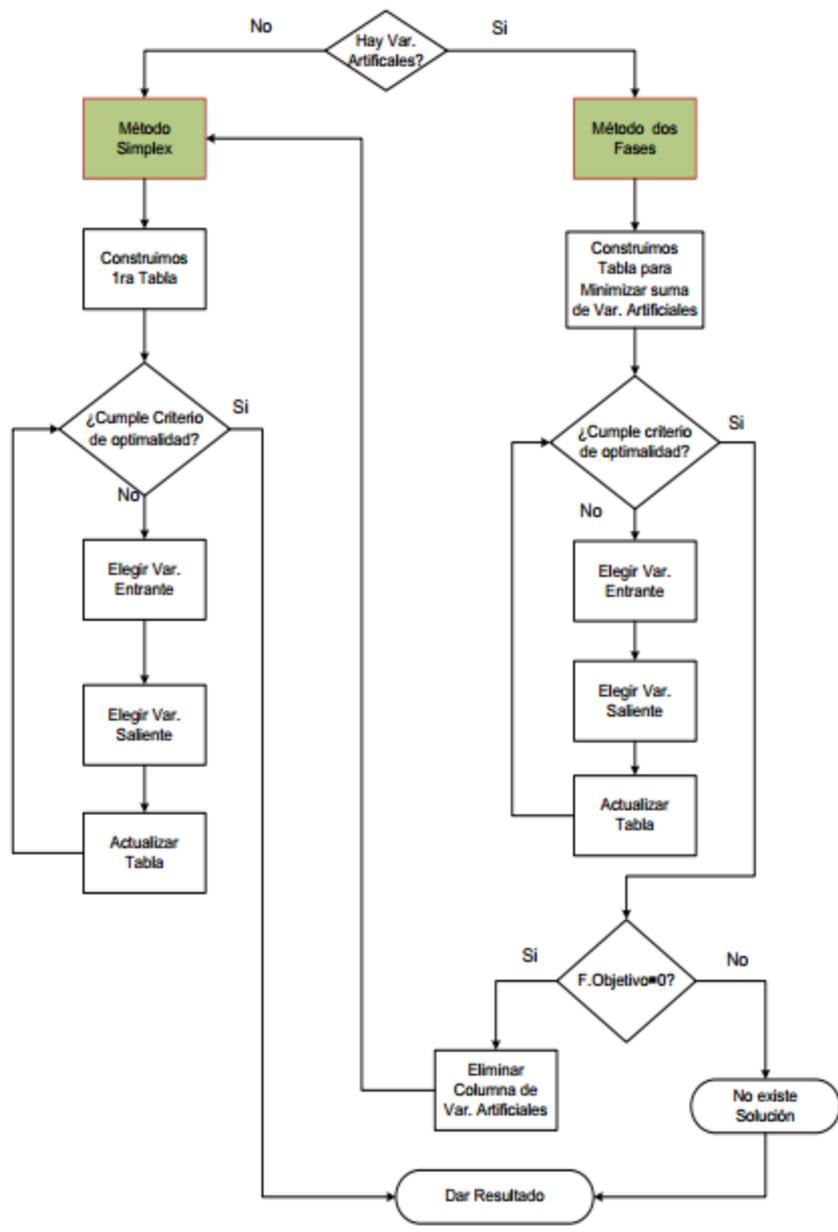


Figura N° 5 Método Simplex y Dos Fases

Fuente: Winston (2012). Método Simplex y Dos Fases (p.1).

1.2.6. Programación lineal entera

Winston (2012) conceptualizó de la siguiente manera: un problema de Programación Entera es un PL en el cual algunas de las variables, o todas, tienen que ser números enteros no negativos. El problema que se obtiene al omitir todas las restricciones enteras o 0-1 para las variables, se llama la relajación programación lineal de programación entera. Parece sensato calcular la solución de un problema de programación entera redondeando la solución de la relajación del problema de programación lineal, pero el redondeo no es aconsejable debido a:

- i) La solución redondeada no es necesariamente óptima. En muchos casos, ni siquiera estará cerca del óptimo.
- ii) La solución redondeada puede no ser factible.

No siempre es admisible que las variables de un Problema de Programación Lineal tomen valores continuos, para dar solución a este tipo de problemas se han creado métodos.

Saada (2011) mencionó que los “Métodos de Programación Lineal esta está dividido o métodos en Grafico o Geométrico, Simplex y de dos fases y el método M.”(P. 26)

De acuerdo a sus características específicas los problemas de programación lineal entera pueden ser:

Programación lineal entera mixta:

Un Problema es de Programación Lineal Entera Mixta cuando solamente algunas de las variables toman valores enteros, los algoritmos mediante los cuales se busca la solución de estos problemas son:

i. Enumerativos

- Branch and Bound
- Balas, entre otros.

ii. De descomposición dual

- Benders, Otros

- **Programación lineal entera binaria (si-no)**

Un problema es de Programación Lineal Entera Binaria cuando las variables toman valores cero o uno.

- **Programación lineal entera pura**

Un Problema es de Programación Lineal Entera Pura cuando todas las variables toman únicamente valores enteros.

1.2.7. Algoritmos de solución de problemas de programación lineal entera

Es el conjunto de problemas de programación lineal para los cuales todas o parte de sus variables pertenecen a los números enteros. A continuación mencionares algunas soluciones.

Enumerativos

Araujo (2010) explicó que estos algoritmos “obtienen la solución en base a enumerar, implícita o explícitamente, todas las soluciones posibles, escogiendo la mejor de todas ellas.”(p.45).

- Enumeración explícita: al calcular todas las posibles soluciones y escoger la mejor de ellas, este método tiene graves inconvenientes debido a la gran cantidad de tiempo que requiere enumerar, y hacer cálculos de todas las posibles soluciones factibles e infactibles.
- Enumeración Implícita: Aplicar un conjunto de reglas para evitar enumerar soluciones infactibles o peores que la mejor solución factible que se haya localizado hasta el momento.

La familia de algoritmos enumerativos más importante es la de los algoritmos Branch and Bound, prácticamente todos los software de programación entera están basados en un algoritmo del tipo Branch and Bound, los cuales se suele interpretar como un árbol de soluciones, donde cada rama nos lleva a una posible solución posterior a la actual. La característica de esta técnica

con respecto a otras anteriores (y a la que debe su nombre) es que el algoritmo se encarga de detectar en qué ramificación las soluciones dadas ya no están siendo óptimas, para «podar» esa rama del árbol y no continuar malgastando recursos y procesos en casos que se alejan de la solución óptima.

Algoritmo Branch and Bound

El primer paso para la resolución de un modelo de Programación Lineal Entera es resolver, mediante el método Simplex, el Problema Lineal Asociado, si la solución así obtenida es entera, habremos encontrado la solución del modelo de Programación

Lineal Entera. En caso contrario, la solución obtenida es una primera aproximación a la solución del modelo.

El algoritmo Branch and Bound, muestra un procedimiento que permite, a partir del problema lineal asociado, ir explorando las soluciones enteras hasta encontrar el óptimo del modelo de Programación Lineal Entera.

Se trata de ir añadiendo restricciones al programa lineal asociado hasta encontrar la solución entera óptima. Para ello se procede en dos pasos: ramificación (Branch) y acotamiento (Bound).

A continuación, se presenta el algoritmo Branch and Bound descompuesto en pasos:

Paso 0: Resolver el problema lineal asociado (PLA) al problema entero: misma función objetivo y restricciones, pero variables no enteras.

Paso 1: Si la solución obtenida es entera: finalizar. La solución óptima será aquella solución entera con mejor valor de la función objetivo.

Si no, ir al paso 2.

Paso 2: Escoger una variable básica cuyo valor en la solución no sea entero.

Paso3: Ramificación: resolver dos nuevos problemas lineales.

Al primero se le añade la restricción: $x_j \leq [x_j]$ máximo entero

Al segundo añadiremos la restricción: $x_j = [x_j] + 1$ donde $[x_j]$ significa el mayor entero contenido en.

Paso4: Acotación: de los dos problemas, escoger aquel que dé como resultado un valor mejor de la función objetivo.

Paso 5: Ir a paso 1.

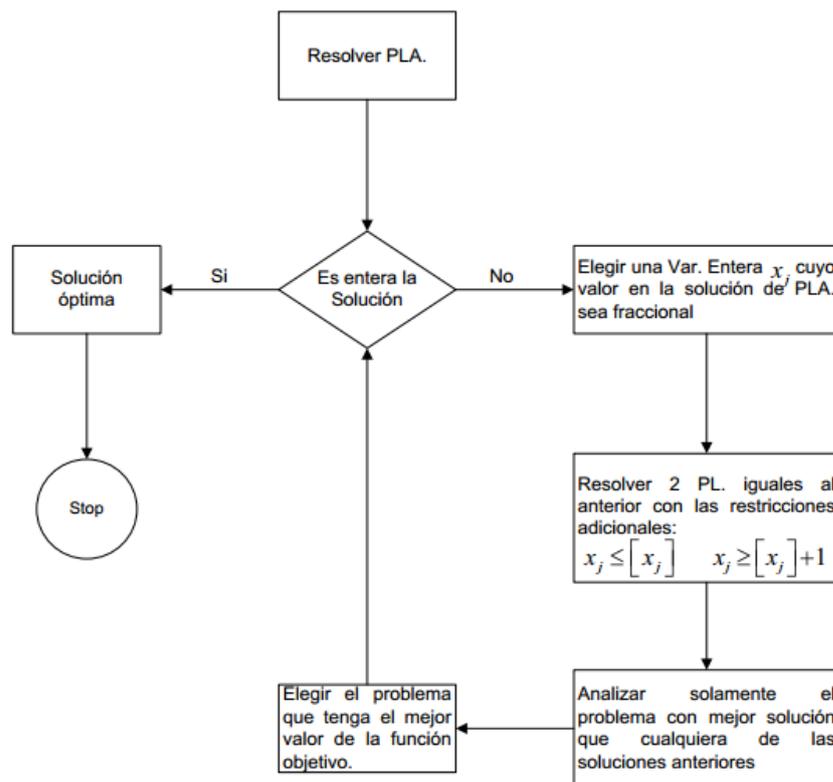


Figura N° 6 Pasos de algoritmo Branch and Bound

Fuente: Winston (2012). Método Branch and Bound.

1.2.8. Método heurístico

Robusté (2009) mencionó que un método Heurístico es cualquier principio que contribuya a hallar una solución a un problema de manera más eficiente. Estos algoritmos se basan en guías, justificadas o no, que ayudan a algoritmos conocidos a producir mejores resultados o a ser más eficientes, también pueden constituir por sí mismos algoritmos propios para la resolución de problemas. Entre los métodos heurísticos se incluyen los que, partiendo de una solución abstracta del problema, la modifican en función de la experiencia y el juicio para poder aplicarla en la práctica. Así, un modelo heurístico busca las alternativas consideradas prácticas sin garantizar la obtención de la solución óptima, aún frecuente se producirán soluciones muy cercanas a la misma.

Uno de los métodos heurísticos clásicos para determinar el número y ubicación de almacenes, dentro de una red de distribución de gran escala, es el de Kuchn-Hamburger(1963). Es un modelo de simulación que incluye reglas heurísticas siguientes para reducir la dificultad combinatoria del problema y guiar el modelo a la solución, las cuales consisten en las ubicaciones más probables son aquellas en las que se concentra la demanda, o que están cerca de dichas concentraciones y para poder determinar el almacén a añadir, sólo se necesita evaluar una pequeña parte de todas las posibles ubicaciones.

Este método heurístico permite tratar diferentes tipos de productos, costes de almacén fijos y variables, capacidad de los almacenes, efectos de los tiempos de entrega sobre el servicio al cliente, tarifas de transporte reales, etc. Generalizaciones todas ellas que acercan el modelo a la realidad, a costa de exigir menor precisión en la solución.

1.2.9. Scrum

Cohn (2010) mencionó que Scrum es una metodología ágil para gestionar proyectos de software que proporciona una manera sencilla de manejar problemas complejos mediante un marco de trabajo capaz de soportar la innovación y permitir la entrega de resultados de alta calidad en tiempos reducidos por parte de equipos auto-organizados ya que en lugar de estar

basada en el seguimiento de un plan se basa en la adaptación continua a las circunstancias de la evolución del proyecto.

Cohn (2010) indica que cada ciclo de desarrollo es una iteración, también llamado sprint, que genera un incremento terminado y operativo del producto. Estas iteraciones son la base del desarrollo ágil, mediante reuniones breves y diarias. Scrum gestiona la evolución del proyecto, en estas reuniones todo el equipo da seguimiento al proyecto revisando el trabajo realizado desde la reunión anterior y prevé el trabajo hasta la reunión siguiente.

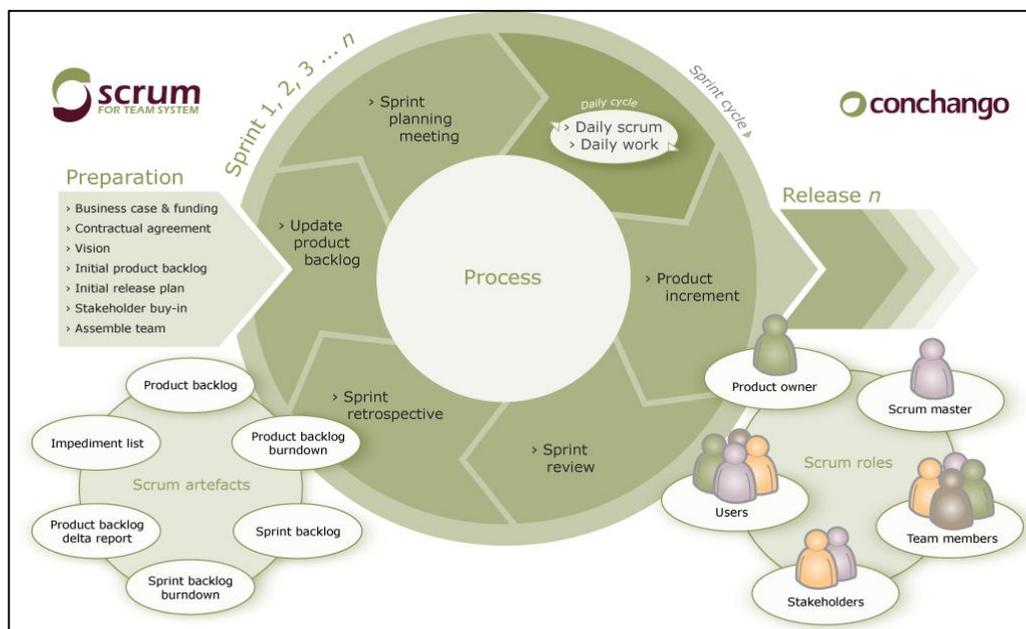


Figura N° 7 Ciclo de Vida de SCRUM

Fuente: Cohn Mike (2010). Software Development using SCRUM (p.9)

Álvarez (2011) resaltó que “El inicio del desarrollo de Scrum empieza desde la visión general del producto, detallando solo las funcionalidades a desarrollar primero por ser priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto y por poder llevarse a cabo en un periodo breve de tiempo.”(p.6).

1.2.9.1. Proceso

Bajo la metodología Scrum un proyecto se ejecuta en iteraciones o Sprint, cada sprint genera un resultado operativo, un incremento de producto final que es susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite.

Con el ProductBacklog actuando como plan del proyecto se inicia el proceso, el cliente prioriza en el ProductBacklog los objetivos balanceando el valor que le aportan respecto a su coste y repartiéndolos en iteraciones y entregas. Regularmente el cliente puede maximizar la utilidad de lo que se desarrolla y el retorno de inversión mediante la replanificación de objetivos que realiza al inicio de cada iteración.

Las actividades que se llevan a cabo en Scrum son la Planificación de la iteración, ejecución de la iteración y la inspección y adaptación.

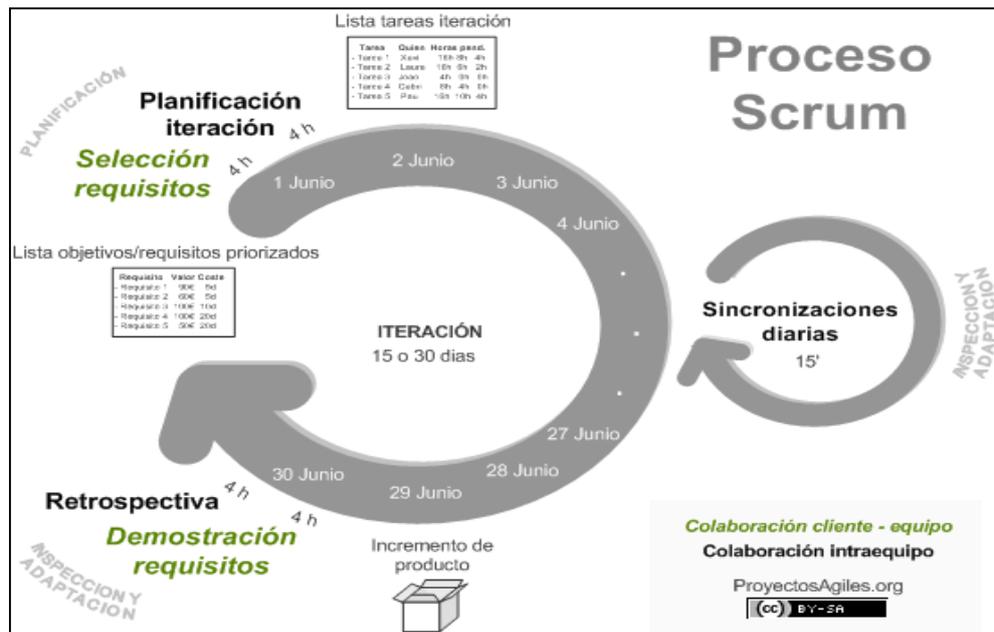


Figura N° 8 Proceso de SCRUM

Fuente: López Juan (2012). <http://www.proyectosagiles.org/que-es-scrum>

1.2.9.2. Roles

Existen 3 tipos de roles en todo proyecto con SCRUM:

- **ProductOwner:** Existe solo uno en el proyecto y es aquella persona conocedora del entorno del negocio del cliente y de la visión del producto. Tiene como responsabilidad el ProductBacklog, representar a todos los interesados en el producto final, obtener el mayor valor posible para los usuarios o clientes, la financiación necesaria para el proyecto, decidir cómo debe ser el resultado final, del lanzamiento y del entorno de la inversión.
- **TeamMembers:** Se trata del equipo de desarrollo, incluyendo al ProductOwner, quienes son un equipo multidisciplinario con las habilidades necesarias para generar el resultado, tienen la responsabilidad de auto-gestionar, auto-organizar y disponer de atribuciones suficientes en la organización para tomar decisiones sobre cómo desempeñar su trabajo.
- **Scrummanager:** Es el responsable del funcionamiento de Scrum en el proyecto cubriendo los aspectos que la organización requiera en función del conocimiento, experiencia con el modelo:
 - Formación al ProductOwner y equipo de trabajo.
 - Revisión y validación del ProductBacklog
 - Moderación de las Reuniones.
 - Resolución de impedimentos que en el Sprint puedan entorpecer la ejecución de las tareas.
 - Gestión de la “dinámica de grupo” en el equipo
 - Respeto de la organización y los implicados, con las pautas de tiempos y formas de Scrum.
 - Configuración, diseño y mejora continua de las prácticas de Scrum en la organización.

1.2.9.3. Elementos

- **ProductBacklog:** Se encuentra situado en el área de requisitos o necesidades, que en la ingeniería de software tradicional cubre los requisitos del sistema o “Concept of Operation” del negocio desde la perspectiva del cliente. Es el inventario de funcionalidades, mejoras, tecnología y corrección de errores que deben incorporarse al producto a través de las sucesivas iteraciones de desarrollo, se trata de una lista de requisitos priorizada que representa la visión y expectativas del ProductOwner respecto a los objetivos y entregas del producto o proyecto.
- **Sprint backlog:** En el Sprint Planning el equipo elabora el Sprint Backlog, se trata pues de una lista que descompone las funcionalidades del ProductBacklog en las tareas necesarias para la construcción de un incremento, es decir, de una parte completa y operativa del producto. A cada persona se le asignan las tareas que va a realizar al igual que el tiempo estimado para su realización, esto facilita identificar aquellas tareas en las cuales el equipo está teniendo problemas y no avanza según lo esperado, de esta manera tomar una decisión al respecto es más sencillo.

Tabla N° 2 Criterio Evaluativo de Metodologías

Criterio Evaluativo	SCRUM	AUP	XP
Roles, responsabilidades y conocimientos técnicos claramente definidos	5	5	5
Actividades y entregables bien definidos, necesarios para el desarrollo del software.	5	5	5
Generar entregable con testing satisfactorio e integrado con el resto de las funciones al finalizar cada iteración	4	4	3
Cliente es parte del equipo, responde consultas, planifica iteraciones y colabora con la escritura de requerimientos y pruebas.	5	4	5
Seguimiento y control diario en base a resultados.	5	4	4
Reduce el costo de cambio	4	5	4
Permite introducir cambios en la iteración en curso	5	4	5

Requiere solo documentación necesaria al inicio de cada iteración	5	4	3
Permite la oportuna toma de decisiones correctivas en la iteración	5	5	4
Puntaje Obtenido	43	40	38

Fuente: Elaboración propia

Evaluando este cuadro se puede observar que al conseguir mayor puntaje (43) se escoge SCRUM como la metodología ágil a utilizar.

1.2.10. Investigaciones relacionadas

1.2.10.1. Investigaciones relacionadas N°1

Restrepo (2011), Aplicación de la heurística de Gupta en la secuenciación de "n" tareas en m máquinas: un caso de estudio

Objetivo

Optimizar la medida de desempeño que frecuentemente se utiliza es la optimización del tiempo total de proceso de todas las tareas o trabajos en todas las máquinas, pero se puede pensar también en la tardanza máxima, tardanza promedio o mínimo número de trabajos tardíos entre otras.

Población

- El problema del Flow Shop

Hay m máquinas en serie. Cada trabajo tiene que ser procesado en cada una de las m máquinas. Cada trabajo tiene que seguir la misma ruta. Por ejemplo, primero en la máquina 1, luego en la máquina 2 y así sucesivamente. Después de la terminación en una máquina, un trabajo es unido a la cola de la siguiente máquina. Usualmente todas las colas son asumidas con la disciplina de primero en llegar primero en ser atendido FIFO. Si la disciplina FIFO está en el efecto del

FlowShop, es referida como una permutación Flow Shop y el campo B incluye la entrada prmu.

Muestra

- 10 tareas
- 5 maquinarias

Hipótesis

- El patrón de llegada de los trabajos: si "n" tareas llegan simultáneamente al taller y quedan disponibles para iniciar su proceso tendremos un problema de programación estática. Si las tareas llegan intermitentemente, posiblemente de acuerdo a un proceso estocástico, el problema de programación es dinámico.
- El número de máquinas que integran el taller: Existe un problema de secuenciación cuando "n" trabajos son programados en máquinas.

Variables

- Tiempo de proceso
- Fecha de llegada
- Fecha de entrega
- Importancia o peso

Indicadores

- Tiempo de terminación o C_{\max}

Análisis de resultados

- $C_{\max} = 93$

Tabla N° 3 Variables de estandarización

MÁQUINA					
TAREA	1	2	3	4	5
3	7	13	16	17	27
5	10	15	20	22	31
6	20	28	35	45	53
2	30	34	44	54	62
7	39	40	54	58	66
10	45	46	61	65	70
8	55	60	69	70	75
1	58	67	72	75	77
9	66	69	81	85	86
4	68	72	82	92	93

Fuente: Restrepo, J. (2011), Programación Lineal

- El flujo de producción: el flujo de proceso de las tareas a través de las máquinas debe ser especificado, si todas las tareas siguen la misma ruta el flujo de producción es continuo o en serie. En el extremo opuesto, donde no existe una ruta preconcebida de procesos se tiene un taller cuyo flujo de producción es aleatorio. Los trabajos pueden ser independientes unos de otros, o bien interdependientes. Cuando se mezclan los diferentes tipos de flujos de producción, los de serie con los aleatorios, existen rutas generales de proceso.

Conclusiones

- La heurística es una herramienta amigable, que permite encontrar rápidamente soluciones sin realizar exhaustivos cálculos.

Recomendaciones

- En la práctica se requieren de herramientas que sean fáciles de entender y manipular. Día a día se requieren hacer

programaciones y programaciones, donde el cliente requiere oportunamente una promesa de entrega.

1.2.10.2. Investigaciones relacionadas N°2

Ballesteros (2013), Aplicación de una heurística constructiva en programación secuencial para asignación de varios trabajos a varias máquinas en paralelo

Objetivo

- Reducción del inventario en proceso, porcentaje de utilización del equipo, cumplimiento de los plazos de entrega entre otros.

Población

- Ambiente de producción: taller

Incluye las definiciones como operación, trabajo, tarea, orden de operaciones, secuencia tecnológica y ruta; y los factores que están relacionados con el conjunto de recursos, la naturaleza de las tareas, secuencia tecnológica, patrón de llegada de las tareas(que puede ser aleatorio, constante, variable), disciplinas, y criterios de evaluación.

Muestra

- Taller de una sola máquina.
- Taller de máquinas en paralelo tales como las idénticas, las uniformes y las no relacionadas.
- Talleres con patrón de flujo uniforme que consideran estructuras de flow shop básico, flow shop flexible, línea de flujo y línea de flujo flexible.
- Talleres con patrón de flujo no uniforme que contienen modelos de job shop, open shop, flexible job shop y flexible open shop.

Hipótesis

- Minimizar el tiempo de finalización de la última tarea.

- Minimizar el número de tareas que se han completado en respectivas fechas de vencimiento.

Variables

- Los parámetros pueden estar asociados al taller (se refieren a información sobre máquinas y estaciones, sistemas de almacenamiento y capacidades, equipos de transferencia de piezas y productos); relacionados con el conjunto de tareas, datos sobre las operaciones (tiempos de procesamiento y secuencia tecnológica) y tiempos o costos de preparación.
- Las variables que por lo general están asociadas a la solución del problema están referidas al tiempo de iniciación y terminación de operaciones (Cij) y tiempos de partida (Dij).

Indicadores

- Medidas de desempeño relacionadas con las tareas.
- Medidas de desempeño asociadas a las máquinas.
- Medidas de desempeño regular
- Medidas de desempeño equivalentes.

Análisis de resultados:

Tabla N° 4 Resultados

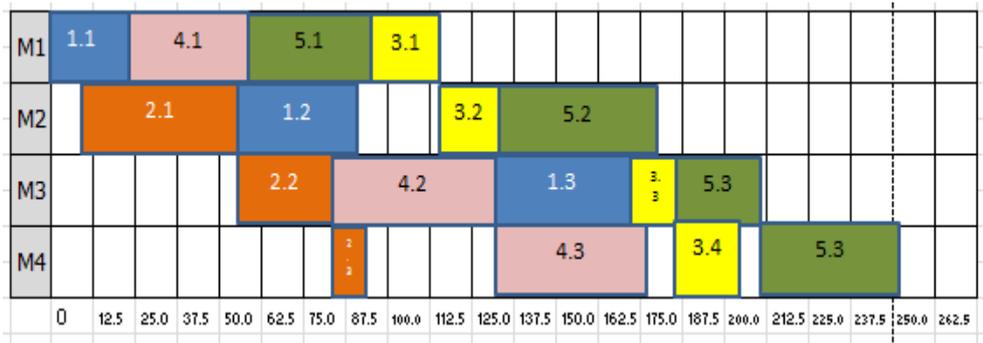
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
1	1	0	0	0	0	1	24	0	24	0
1	2	0	0	0	0	2	32	58	90	0
1	3	0	0	0	0	3	40	134	174	0
2	1	0	0	0	0	2	48	10	58	0
2	2	0	0	0	0	3	20	58	78	0
2	3	0	0	0	0	4	12	78	90	0
3	1	0	0	0	0	1	24	89	113	0
3	2	0	0	0	0	2	15	113	128	0
3	3	0	0	0	0	3	12	174	186	0
3	4	0	0	0	0	4	21	186	207	0
4	1	0	0	0	0	1	35	24	59	0
4	2	0	0	0	0	3	56	78	134	0
4	3	0	0	0	0	4	42	134	176	0
5	1	0	0	0	0	1	30	59	89	0
5	2	0	0	0	0	2	50	128	178	0
5	3	0	0	0	0	3	25	186	211	0
5	4	0	0	0	0	4	40	211	251	0

Fuente: Ballesteros, P (2013), Aplicación Heurística

- Las columnas C9 y C10 indican las fechas de inicio y terminación respectivamente de cada una de las actividades de los diferentes trabajos que se han procesado, que coinciden con la heurística aplicada manualmente

El diagrama de Gantt para este problema es:

Tabla N° 5 Diagrama de Gantt



Fuente: Ballesteros P. (2013), Aplicación Heurística

Conclusiones

- Resolver un problema de secuenciación es proponer un programa o programas donde se pueden observar tanto los tiempos de inicio como los de terminación de las diferentes operaciones relacionadas con las tareas asociadas y con los valores de la medida o medidas de desempeño establecidas como criterio de calidad.

Recomendaciones

- La programación secuencial se puede considerar como una herramienta administrativa que se ocupa de buscar un orden apropiado para la realización de un grupo de tareas o de trabajos y definir los tiempos en que deben iniciarse sus operaciones diferentes con el propósito de lograr un valor óptimo o adecuado de una medida o índice de desempeño, dado un conjunto de recursos, por lo general limitados.

1.2.10.3. Investigaciones relacionadas N°3

Damián (2011), Heurística aplicada a la asignación de recursos humanos en una universidad

Objetivo

- Investigar puntualmente algunos de los algoritmos heurísticos disponibles junto con sus posibles optimizaciones y mejoras, que permitieran obtener soluciones heurísticas par el problema particular de la asignación de recursos humanos en una universidad.

Población

- Universidad de Palermo

Muestra

- Universidad de Palermo - Facultad de ingeniería

Hipótesis

- El algoritmo será capaz de dar solución a problemas de tamaño similar a la asignación de materias requeridas cada cuatrimestre por la facultad de ingeniería de la universidad de Palermo.
- Se pretende obtener buenas soluciones en el menor tiempo posible buscando en lo posible que el proceso de búsqueda de soluciones del algoritmo sea "instantáneo" desde la perspectiva del usuario.

Variables

- Horarios (turnos)
- Materias
- Profesores

Indicadores

- Tiempo de terminación o $C_{m\acute{a}x}$
- Asignaciones de materias

Análisis de resultados

- La evaluación del algoritmo fue completamente satisfactoria en relación a los niveles de aspiración que se pretendieron alcanzar en el desarrollo del algoritmo heurístico de asignación de recursos humanos.

En primer lugar, el algoritmo se demostró capaz de trabajar en un entorno real, con mayores volúmenes de datos que los que se pueden utilizar en pruebas de desarrollo. En el caso concreto de la oferta académica del primer cuatrimestre de 2006, el algoritmo tuvo que generar la asignación de profesores y horarios para un total de 79 cursos.

En segundo lugar, el tiempo de respuesta siempre fue instantáneo, aun en la última prueba de asignación de 79 cursos para la facultad de ingeniería.

En tercer lugar, y como factor más importante, el algoritmo logro dar una solución válida y satisfactoria a partir de las soluciones ingresadas, ya que fue capaz de asignar 78 de los 79 cursos solicitados. Los dos puntos anteriores se volverían intrascendentes si el algoritmo hubiera sido incapaz de realizar su tarea de asignación de profesores y horarios a los cursos solicitados.

Como detalle final, en el caso de evaluación anterior el límite de tolerancia también demostró su utilidad: la única falla de asignación (1/79) fue menor que el 5% permitido, con lo cual el algoritmo asumió que la solución encontrada era válida. La falla de asignación ocurre por simple lógica, ya que se solicitaron "Sistemas Digitales I" y "Sistemas digitales II" ambas por la noche, y dado que el único profesor capaz de dictar esas dos materias solo tenía disponible el miércoles por la noche, una de las dos materias quedo indefectiblemente sin asignarse.

Conclusiones

- Se logró cumplir los objetivos planteados.
- Se destaca que el sistema propuesto demostró su utilidad concreta al encontrar buenas soluciones heurísticas en un problema de asignación de recursos tomado del mundo real.

Recomendaciones

- A partir de la investigación desarrollada, se plantea nuevas líneas de investigación futuras:
- La extensión del algoritmo y el sistema para analizar y administrar el cupo de aulas disponibles en cada turno y las sedes del establecimiento educativo.
- La optimización del algoritmo para distribuir más uniformemente en la semana los días asignados según los requerimientos del usuario.

1.3. Definición de términos básicos

A continuación se definirá una serie de términos importantes para la correcta comprensión del documento: Investigación Operativa, Sistema de Información, Modelo, Optimización, Simulación, Método Heurístico, Metodología Ágil, Metodología y Base Datos.

- a) Bases de datos: La Piedra, Devece y Guiral (2011) nos indican que una base de datos es un conjunto de información estructurada en registros y almacenada en un soporte electrónico legible desde un ordenador. Donde La piedra A. et al. (2011) señala que cada registro constituye una unidad autónoma de información que puede estar a su vez estructurada en diferentes campos o tipos de datos que se recogen en dicha base de datos.
- b) Investigación Operativa: Keys (2011) explicó “La investigación Operativa es una tecnología, pero no en el sentido de modelo clásico

de ciencia-tecnológica, que considera esta última como una ciencia aplicada, sino un marco de modelo nuevo.”(p-115).

- c) Método Heurístico: Se basa en la utilización de reglas empíricas para llegar a una solución. El método heurístico conocido como “Ideal”, formulado por Bransfor y Stein(1984), incluye cinco pasos: Identificar el problema, definir y presentar el problema; explorar las estrategias viables; avanzar en las estrategias; y lograr la solución y volver para evaluar los efectos de las actividades.
- d) Metodología: Según la Real Academia Española (2014), una metodología es un conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal. Se refiere a la serie de métodos y técnicas de rigor científico que se aplican sistemáticamente durante un proceso de investigación para alcanzar un resultado teóricamente válido. En este sentido, la metodología funciona como el soporte conceptual que rige la manera en que aplicamos los procedimientos en una investigación.
- e) Metodologías ágiles: Scrum Manager (2014) indicó que las metodologías ágiles de software se basan en la premisa de un desarrollo ágil de software refiriéndose a métodos donde la ingeniería del software están basados en el desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan mediante la colaboración de grupos auto organizado y multidisciplinario. Actualmente existen muchas metodologías de desarrollo ágil, la mayoría minimiza riesgos del desarrollando software en lapsos cortos, tienen como objetivo principal el desarrollado del software en un periodo corto de tiempo, Scrum Manager (2014) señala que a un ciclo de desarrollo se le llama una iteración, la cual debe durar de una a cuatro semanas, en donde cada iteración del ciclo de vida incluye: planificación, análisis de requisitos, diseño, codificación, revisión y documentación.
- f) Modelo: Ramos (2010) explicó que un modelo es una representación matemática simplificada de una realidad compleja. Modelar es la

acción de construir un modelo, de encorsetar la realidad. Implica la relación entre dos figuras (no necesariamente encarnadas por personas únicas sino por equipos): el modelar (encargado de la especificación y desarrollo del modelo) y el experto sobre la realidad (conocedor del problema real).

- g) Optimización: Robinson (2010) explicó que consiste en la selección de una alternativa mejor, en algún sentido, que las demás alternativas posibles. Es un concepto inherente a toda la investigación operativa.
- h) Simulación: Mondy y Noe (2008) indicó “Es una técnica para experimentar una situación real por medio de un modelo matemático.(P-111)
- i) Sistema de información: Lucas (1994) indicó que “Un sistema de información es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio.” (p.4).

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Son los recursos y/o herramientas tecnológicos tangibles e intangibles que se requieren para lograr el éxito de este proyecto.

2.1.1. Requerimiento de Hardware

Tabla N° 6 Requerimientos de Hardware

Cantidad	Hardware	Descripción
1	Servidor Base de Datos	Lugar físico donde se encontrara almacenado la data del proyecto a realizar
1	Servidor Web	Lugar físico donde se encontrara almacenado la aplicación del proyecto a realizar

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Requerimiento de Software

Tabla N° 7 Requerimientos de Software

Cantidad	Licencia	Descripción
1	Servidor Web	Derecho que nos permite usar las funcionalidades del servidor donde estará nuestro proyecto
1	Microsoft SQL Server 2008express	Derecho que nos permite usar las funcionalidades del gestor de la base de datos
1	Visual Estudio 2010	Derecho que nos permite usar las funcionalidades del ambiente de desarrollo

Fuente: Elaboración propia

Actualmente la empresa “ARAMSA Contratistas Generales SAC” cuenta con paquete de Microsoft Office 2010 y también SQL Server 2008express / Visual Estudio 2010.

2.1.3. Equipo de Desarrollo

Son las personas y/o roles que se requiere para poder realizar este proyecto.

Tabla N° 8 Equipo de Desarrollo

Cantidad	Rol	Descripción
1	Jefe de Proyecto	Encargado de liderar el proyecto controlándolo mediante un plan de trabajo establecido
1	Analista ETL	
1	Analista Explotación de Información	Encargado de analizar la información que soportara y que saldrá del aplicativo
1	Analista Programador	Encargado del desarrollo de la aplicación
1	Modelador	Encargado de modelar todas las funcionalidades que requiera el aplicativo

Fuente: Elaboración propia

2.2. Metodología de investigación científica

En cualquier trabajo de investigación es prioritario que el objeto de estudio así como los hechos y relaciones que se establece conjuntamente con los resultados obtenidos, posean los máxima representatividad, exactitud, confiabilidad, y la validez, por lo que es fundamental que el investigador utilice un procedimiento ordenado, secuencial metodológico, que den respuesta a las preguntas planteadas en la formulación de la investigación y así, cumplir con los objetivos y expectativa planteada en la investigación.

Tamayo (2014) explicó "La investigación es un proceso que mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento". (p.37)

Es por esto, que el presente trabajo, es una investigación científica aplicada de diseño pre - experimental de tipo descriptivo, por cuanto describiremos variables, y analizaremos sus incidencias en un momento dado, en nuestro caso, se ha dispuesto información referente a la asignación de maquinarias a obras de construcción. Este banco de datos representa el sustento empírico y numérico para llegar a conclusiones, por esta razón la naturaleza de datos es de tipo cuantitativo, teniendo nuestro tiempo de estudio de tipo longitudinal debido que se cuenta con información necesaria para poder hacer comparaciones de un antes y un después.

A continuación justificaremos nuestra investigación con citas de autores, para un mejor entendimiento lo dividiremos en categorías:

- **Finalidad de estudio**

La finalidad de estudio de nuestra investigación es aplicada, debido que permitirá resolver el problema de asignación de maquinarias a obras mediante la construcción de un algoritmo capaz de satisfacer todos los requisitos necesarios.

Giroux y Tremblay(2004) afirmó "Lo propio de la investigación aplicada es estudiar problemas concreto con objeto de proponer un "plan de acción" para decidir o intervenir eficazmente en una situación dada", es decir ésta se propone una intervención cuyo éxito no se debe al alzar, se trata por

consiguiente, de una investigación para la acción. Asimismo, Pelekais, De Franco y Parada(2005), refieren que la investigación aplicada describe y predice la aplicabilidad de los resultados, se concibe y planifica con fines eminentemente prácticas, directos e inmediatos dirigidos a la solución problemas de la realidad.

- **Naturaleza de los datos**

La naturaleza de los datos es de tipo cuantitativo dado que nuestros procedimientos de decisión serán entre ciertas alternativas, usando magnitudes numéricas que pueden ser tratadas mediante herramientas del campo de la estadística.

Hernández (2003) explicó “El método cuantitativo “Usa una recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento”. (p.6).

Best y Kahn (1989) explicó:

La investigación cuantitativa consiste en aquellos estudios cuyos datos pueden analizarse en términos de números... La investigación puede ser también cualitativa, o sea describir científicamente a las personas, acontecimientos, etc., sin usar o datos numéricos. La investigación cuantitativa se basa en los planes originales y sus datos se analizan e interpretan con más prontitud. La investigación cualitativa es más abierta y sensible al sujeto. Las dos son útiles y válidas y no se excluyen mutuamente. Es posible usar ambos métodos en una misma investigación. (P. 89-90)

- **Tiempo de estudio**

El tiempo de estudio será de tipo longitudinal debido que se cuenta con información necesaria para poder hacer comparaciones teniendo como resultado un antes y un después.

Hernández (2003), explicó “los diseños longitudinales, son los que representan datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.” (p.23).

- **Naturaleza del estudio**

La naturaleza del estudio será de tipo descriptivo, dado que detallaremos variables, y analizaremos sus incidencias en un momento dado. En nuestro caso, se ha dispuesto información referente a la asignación de maquinarias a obras de construcción.

Hernández, Fernández y Baptista (2006) señalaron que “una investigación descriptiva consiste en presentar la información tal cual es, indicando cual es la situación en el momento de la investigación analizando, interpretando, imprimiendo, y evaluando lo que se desea.”(p.44)

Asimismo Bavaresco (2001) indicó que “las investigaciones descriptivas van hacia la búsqueda, de aquellos aspectos que se desean conocer y de los que se pretenden obtener respuestas, describiendo y analizando sistemáticamente sus características.” (p.23).

- **Diseño experimental**

Es de diseño pre - experimental, dado que se debe probar nuestro algoritmo y comprobar sus resultados.

Según, Campbell y Stanley (1966) indicó que “la investigación pre experimental es aquel experimento con base en grupos escogidos y sin presencia de grado de control alguno.” (p.10).

Asimismo, Arnau (1981) explicó

En su sentido más general el diseño experimental incluye a los procedimientos requeridos en una investigación experimental que van desde la formulación de la hipótesis hasta la obtención de las conclusiones. Tales procedimientos se refieren a la formulación de la hipótesis, selección de las variables independientes y de las variables dependientes, control de las variables experimentales, manipulación de las variables independientes y registro de la variable dependiente, análisis de la varianza producida en la variable dependiente e inferencia de las relaciones entre las variables en estudio.(p.34).

2.2.1. Técnicas de recolección de datos

Hernández (2006) explicó “la técnica de recolección de datos consiste en vías a través de los cuales el investigador registra datos observables que representa verdaderamente los conceptos o variables que se pretende medir.” (p.45)

Asimismo Bavaresco (2001) indicó “que la técnica de recolección de datos constituye el conjunto de herramientas científicamente validadas por medio de los cuales se levanta los registros necesarios para comprobar un hecho o fenómeno en estudio.” (p.34).

Las técnicas utilizadas para la recopilación de información para la elaboración del presente informe fueron las siguientes:

- **Entrevistas:** Para estas se utilizó en principal medida el método de preguntas abiertas, con la finalidad de obtener información no contemplada inicialmente.
- **Revisión documental:** Para obtener información relevante respecto a obras, maquinarias, distancia, costo respecto a nuestro problema.
- **Revisión de Temas:** Se revisaron múltiples fuentes de información (electrónica, bibliográfica, etc.) con la finalidad de tener un alcance de comprensión de los procesos identificados en la organización y así poder identificar soluciones tecnológicas para los problemas encontrados en estos procesos.

2.2.2. Universo o población

En toda investigación es necesario establecer los parámetros, determinado el universo donde se llevará cabo la investigación.

Parra (2006) indicó que el universo “es el conjunto conformado por todos los elementos, seres u objetivos que contienen las características y mediciones u observaciones que se requiere en una investigación dada.”(p.15)

Eyssautier (2002) explicó que “el universo o población es un grupo de personas o cosas similares en una o varios aspectos, que forman parte del objeto de estudio.” (p. 196).

Chávez (2007) indicó que “La población es definida por como el universo de la investigación sobre el cual se pretende generalizar los resultados.”(p.92).

2.2.2.1. Censo

Hernández y Col (2006) indicaron que el censo poblacional es el número elemento sobre el cual se pretende generalizar los resultados. Por otra parte Sabino (2002), refiere el censo poblacional como el estudio que utiliza todos los elementos disponibles de una población definida.

Bavaresco (2001) señaló que el censo es un estudio de todo y cada uno de los elementos de la población para obtener una misma información. El objeto principal de la investigación es obtener información sobre las características o parámetros de una población. Dado que la población a estudiar está claramente definida y limitada, este punto será manejado bajo la perspectiva de un censo poblacional, es decir un recuento completo de los elementos de la población.

I. Lugar

La investigación se lleva a cabo en Lima metropolitana.

II. Tiempo

La investigación se realiza con empresas de construcción en la actualidad.

III. Población

Para la selección de empresa tomada en cuenta en la muestra, se tomaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- a) Empresa de construcción sector privado situadas en Lima metropolitana

i. Muestra

La muestra de este trabajo de investigación está constituida por la siguiente empresa:

- ARAMSA Contratistas Generales S.A.C.

ii. Tipo de muestra

Se utiliza un muestreo general no probabilístico de tipo intencional ya que deseamos analizar el comportamiento de la asignación de maquinarias a obras de empresas de construcción.

2.2.3. Hipótesis

William (2003) resaltó que las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado. Se derivan de la teoría existente.

Hernández, Fernández y Baptista (2006) resaltaron que las hipótesis son explicaciones tentativas de la relación entre dos o más variables. Sus funciones son: guiar el estudio, proporcionar explicaciones y apoyar la prueba de teorías.

Para la elaboración de las hipótesis se analizó la asignación de maquinarias a obras de construcción. Obteniendo las siguientes:

H1₀: El algoritmo no reducirá el costo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 25%.

H1₁: El algoritmo reducirá el costo de asignación de maquinarias en obras por lo menos en 25%.

H2₀: El algoritmo no reducirá la distancia de desplazamiento de asignación de maquinarias en obrasciviles por lo menos en 25%.

H2₁: El algoritmo reducirá la distancia de desplazamiento de asignación de maquinarias en obrasciviles por lo menos en 25%.

H3₀: El algoritmo no reducirá el tiempo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 25%.

H3₁: El algoritmo reducirá el tiempo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obrasciviles por lo menos en 25%.

Los porcentajes de reducción para las variables de costo, tiempo y distancia de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles fueron brindando por la empresa en estudio

Ballesteros (2013) mencionó que la Aplicación de una heurística constructiva en programación secuencial para asignación de varios trabajos a varias máquinas en paralelo utilizó el variable tiempo y costo tuvo un impacto de 30% de reducción del inventario en proceso, porcentaje de utilización del equipo, cumplimiento de los plazos de entrega entre otros.

Damián (2011) mencionó en la “Heurística aplicada a la asignación de recursos Humanos en una Universidad” consideró como variable de hipótesis o niveles de inspiración para evaluar le algoritmo la variable tiempo donde se pretendió obtener buenas soluciones en el menor tiempo posible, buscando en lo posible que el proceso de búsqueda de soluciones del algoritmo sea “instantáneo” desde la perspectiva del usuario.

James Tomalá Robles mencionó en s tesis distancia “Resolver el problema de ruteo en un servicio de Courier done busca tomar la ruta óptima para cada vehículo del depósito, donde se tomó una reducción de 40% con ayuda del Google Maps.

Restrepo (2011) mencionó que la Aplicación de la heurística de Gupta en la secuenciación de n tareas en m máquinas, utilizólas variables distancias y las fechas para el optimar las tareas de cada máquina.

2.3. Metodología para la implantación de la solución

Para la implantación de la solución, trabajaremos con la metodología Scrum, la cual detallaremos:

Tabla N° 9 SCRUM - Etapas

SCRUM	FASE	ENTREGABLE
Planificación de la Entrega	Definición	ProductBacklog
Sprint (*)	Análisis y Diseño	Prototipos
	Construcción	Código Fuente desarrollado
	Certificación	Plan de Pruebas Resultado de pruebas
Despliegue	Despliegue	Documento de Capacitación Código fuente de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

Roles de Scrum

Tabla N° 10 Roles y responsabilidades

ROLES	RESPONSABILIDADES
Scrum Master	Como Gerente de proyectos está a cargo de orquestar al equipo del Proyecto. Asegura el cumplimiento de las reglas establecidas, el Product Backlog, realizar reuniones de SCRUM para verificar cumplimientos de objetivos y que el equipo cuente con las condiciones necesarias para que pueda cumplir con el objetivo.
Propietario del Producto (Product Owner)	Recurso del Cliente, representante de todas las personas interesadas en el proyecto, con autoridad de decisiones y el único con relación directa ante el equipo. Define los objetivos del producto, prioriza requisitos, aprueba calendarios de entrega, colabora con la planificación de objetivos de cada iteración.
Analista Funcional	Responsable del análisis de los requerimientos del diseño. Debe crear las historias de usuarios. Diseñar los prototipos.
Desarrollador	Responsable del diseño, modelamiento, construcción y pruebas de los componentes.
Tester	Responsable de la elaboración de pruebas de la solución durante el proceso de certificación de la misma. Generará los planes de prueba y los reportes de resultado de la misma.

Fuente: Elaboración propia

Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales van a definir el comportamiento de nuestro aplicativo así como los cálculos, manipulación de datos, vistas, interfaces, servicios entre otras funcionalidades. En base al levantamiento de información realizado, se definieron los requerimientos funcionales del proyecto los cuales mencionamos:

Módulo de "Asignación de maquinarias a obras":

El sistema mostrara una interfaz la cual el usuario deberá ingresar la información de obras, etapas y maquinarias las cuales son requisitos necesarios para poder realizar la asignación de maquinarias a obras.

Módulo de mantenimiento de las maquinas y obras.

El sistema mostrará una interfaz donde podrá administras la información de las maquinarias registradas.

2.2.4. Plan de trabajo

Nos permite ordenar y sistematizar información relevante para realizar nuestro proyecto. Esta especie de guía propone una forma de interrelacionar los recursos disponibles, plasmándolo en un cronograma, designando responsabilidades, metas y objetivos.

	📌	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
1		▣ PROYECTO DE TESIS: ASIGNACION OPTIMA DE MAQUINARIAS A OBRAS	57 días	lun 18/08/14	mar 04/11/14		
2		▣ INTRODUCCION	13 días	lun 18/08/14	mié 03/09/14		
3		Levantamiento inicial de informacion	3 días	lun 18/08/14	mié 20/08/14		Rivera, Juan;Santillana, Alonso
4		▣ Identificación de usuarios claves	3 días	jue 21/08/14	lun 25/08/14		
5		Entrevista con usuarios	3 días	jue 21/08/14	lun 25/08/14	3	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
6		Levantamiento geneal de informacion	3 días	jue 21/08/14	lun 25/08/14	3	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
7		Definicion del problema	3 días	mar 26/08/14	jue 28/08/14	6	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
8		▣ Definicion de objetivos	2 días	vie 29/08/14	lun 01/09/14		
9		Definicion de objetivo general	1 día	vie 29/08/14	vie 29/08/14	7	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
10		Definicion de objetivo especifico	1 día	lun 01/09/14	lun 01/09/14	9	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
11		▣ Definicion de justificacion	2 días	mar 02/09/14	mié 03/09/14		
12		Justificacion teorica	1 día	mar 02/09/14	mar 02/09/14	10	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
13		Justificacion social	1 día	mar 02/09/14	mar 02/09/14	10	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
14		Justificacion economica	1 día	mié 03/09/14	mié 03/09/14	13	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
15		▣ MARCO TEORICO	5 días	jue 04/09/14	mié 10/09/14		
16		Definicion de antecedentes	5 días	jue 04/09/14	mié 10/09/14	14	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
17		Definicion de bases teoricas	5 días	jue 04/09/14	mié 10/09/14	14	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
18		Definicion de metodologias	5 días	jue 04/09/14	mié 10/09/14	14	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
19		Definicion de terminos basicos	5 días	jue 04/09/14	mié 10/09/14	14	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
20		▣ METODOLOGIA	5 días	jue 11/09/14	mié 17/09/14		
21		▣ Metodologia de investigacion	3 días	jue 11/09/14	lun 15/09/14		
22		▣ Metodologia de investigacion Cientifica	3 días	jue 11/09/14	lun 15/09/14		
23		Finalidad de estudio	3 días	jue 11/09/14	lun 15/09/14	19	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
24		Naturaleza de datos	3 días	jue 11/09/14	lun 15/09/14	19	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
25		Tiempo de estudio	3 días	jue 11/09/14	lun 15/09/14	19	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
26		Naturaleza de estudio	3 días	jue 11/09/14	lun 15/09/14	19	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
27		Diseño experimental	3 días	jue 11/09/14	lun 15/09/14	19	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
28		▣ Metodologia de Desarrollo	2 días	mar 16/09/14	mié 17/09/14		
29		Metodologia de desarrollo SCRUM	1 día	mar 16/09/14	mar 16/09/14	27	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
30		▣ Sprints	1 día	mié 17/09/14	mié 17/09/14		
31		Sprint 1 - Desarrollo de algoritmo	1 día	mié 17/09/14	mié 17/09/14	29	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
32		Sprint 2 - Desarrollo de sistema informatico	1 día	mié 17/09/14	mié 17/09/14	29	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
33		Sprint 3 - Desarrollo de reportes	1 día	mié 17/09/14	mié 17/09/14	29	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
34		Despliegue	1 día	mié 17/09/14	mié 17/09/14	29	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
35		Etapas de correccion	1 día	mié 17/09/14	mié 17/09/14	29	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
36		▣ DESARROLLO	25 días	jue 18/09/14	mié 22/10/14		
37		Sprint 1 - Desarrollo de algoritmo	15 días	jue 18/09/14	mié 08/10/14	35	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
38		Sprint 2 - Desarrollo de sistema informatico	5 días	jue 09/10/14	mié 15/10/14	37	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
39		Sprint 3 - Desarrollo de reportes	3 días	jue 16/10/14	lun 20/10/14	38	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
40		Despliegue	2 días	mar 21/10/14	mié 22/10/14	39	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
41		PRUEBAS Y RESULTADOS	3 días	jue 23/10/14	lun 27/10/14	40	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
42		DISCUSION Y APLICACIONES	3 días	mar 28/10/14	jue 30/10/14	41	Rivera, Juan;Santillana, Alonso
43		CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	3 días	vie 31/10/14	mar 04/11/14	42	Rivera, Juan;Santillana, Alonso

Figura N° 9 Diagrama de actividades de desarrollo

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Desarrollo del algoritmo

El objetivo del algoritmo es asignar maquinarias a obras en la empresa ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.

3.1.1. Algoritmo

El algoritmo de asignación de maquinaria a obras cuenta con cuatro grandes fases las cuales son:

b) Fase: Ingreso de data

Fase donde se ingresa información necesaria con respecto a obras, etapas de obras y maquinarias, la cual es un requisito necesario para el funcionamiento de las siguientes fases.

c) Fase: Conversión de obra

Fase donde se procede a dar el peso e importancia de cada obra a asignar maquinarias.

d) Fase: Asignación de maquinaria

Fase donde se procede a asignar las maquinarias de acuerdo a una serie de condiciones.

e) Fase: Resultados

Fase donde se registran y visualizan los resultados de la asignación de maquinarias a obras.

3.1.2. Pseudocódigo del algoritmo

Programa Asignación

//Estas variables son ingresadas por el formulario para realizar la simulación de la asignación de maquinarias obras de construcción civil.

NumeroObras//Variable ingresado por el usuario, puede ser 4 obras por Proyecto.

Obra[n]// Variable ingresado por el usuario, varias obras(n) se van a guardar por Proyecto.

CostoObra[n]// Variable ingresado por el usuario, costo por cada obra.

DistanciaObra[n]// Variable ingresado por el usuario, distancia por cada obra.

TiempoObra[n]// Variable ingresado por el usuario, tiempo por cada obra

PartidasObra[n]// Partidas por cada obra, puede ser 4 partidas por obra.

CantidadMaquinariasObra[n]// Cantidad Total de máquinas por obra.

CantidadPartidaObra[n]// Cantidad de Partidas por obra

ObraPartida[n][m]// Variable ingresado por el usuario, varias partidas(m) por Obra.

FechaInicioPorPartidaObra[n][m]// Variable ingresado por el usuario, fecha de inicio de la partida

FechaFinPorPartidaObra[n][m]// Variable ingresado por el usuario, fecha de fin de la partida

CantidadMaquinariasPorPartidaObra[n][m]// Variable ingresado por el usuario, cantidad de máquinas por Partida.

MaquinaObraPartida[m][p]

Maquina[m][p]//Maquina por Partida de obra.

***Para los arreglos/vectores se van a trabajar con clases Obra,ObraPartida y MaquinaObraPartida.*

Variables que serán calculados y luego registrados en la Base Datos:

PesoCostoPrioridad

PesoDistanciaPrioridad

PesoTiempoPrioridad

Costocv[n]

Distanciav[n]

Tiempocv[n]

Ccv[n]
Dv[n]
Tcv[n]
CDT[n]
CDTcv[n]

ObraMenorCDTcvLista
ObraMayorCDTcvLista

Inicio:

Leer variables:

CostoPrioridad
DistanciaPrioridad
TiempoPrioridad
NumeroObras

CostoObra[n]
DistanciaObra[n]
TiempoObra[n]
PartidasObra[n]
CantidadMaquinariasObra[n]
CantidadPartidaObra[n]

FechaInicioporPartidaObra[n][m]
FechaFinporPartidaObra[n][m]
CantidadMaquinariasporPartidaObra[n][m]

Maquina[m][p]

//Busca el peso en la BD la prioridad de cada indicador Costo,Distancia y Tiempo para el Proyecto

PesoCostoPrioridad=BuscarBD_Peso(CostoPrioridad)
PesDistanciaPrioridad=BuscarBD_Peso (DistanciaPrioridad)
PesoTiempoPrioridad=BuscarBD_Peso (TiempoPrioridad)

//Busca el peso en la BD la prioridad de cada indicador Costo,Peso y Tiempo para C/obra

Desde 0 hasta NumeroObras(n)

Costocv[n]=BuscarBD_Peso(CostoObra[n])

Distanciav[n]=BuscarBD_Peso(DistanciaObra[n])

Tiempocv[n]=BuscarBD_Peso(TiempoObra[n])

Fin Desde

Desde 0 hasta NumeroObras (n)

Ccv[n]= Costocv[n]*PesoCostoPrioridad

Dcv[n]=Distanciav[n]*PesDistanciaPrioridad

Tcv[n]= Tiempocv[n]*PesoTiempoPrioridad

Fin Desde

Desde 0 hasta NumeroObras(n)

CDT[n]=Ccv[n]* Dcv[n]*Tcv[n]

Fin Desde

Desde 0 hasta NumeroObras (n)

CDTcv [n]= BuscarBD_Peso(CDT[n])

Fin Desde

//Ya se calcularon los pesos para cada indicador.

//Seleccionará la obra que tenga menor puntaje.

ObraMenorCDTcvLista=SELECCIONARMENORPUNTAJE(CDTcv[n])

ObraMayorCDTcvLista=SELECCIONARMAYORPUNTAJE(CDTcv[n])

//Ordenará Arreglo de menor a mayor

Ordenar (CDTcv[n])

//Asignar FactorCalculado a C/maquina a la Lista, se agregar un campo a la lista de maquinas

Desde 0 hasta NumeroMaquinas (n)

Maquina[n][FactorCalculado]=FACTORCOSTOADQUISICION*FACTORMANTENIMIEN
TO*FACTORVIDA

//Factor Calculado

Fin Desde

```

PROCESO buscarMaquina(CODIGOMAQUINARIA)
Contador=0
Max=0
//Buscará el código de máquina y el que tenga máximo puntaje en el FactorCalculado
por máquina.
//Recorre lista de maquinas
Desde 0 hasta NumeroMaquinas (n)
Si Maquina [n][CM]=CODIGOMAQUINARIA
Y Maquina [n][DISPONIBILIDAD]<>1
Y Maquina [n][FECHAFINDISPONIBILIDAD]<FechaInicioporPartidaObra[n][m]
]<>1

    Max =MAXIMO(Maquina[n][FactorCalculado])
Fin Si
Fin Desde

//En caso que varias máquinas del mismo código tengan el mismo FactorCalculado
//Recorre lista de maquinas
Desde 0 hasta NumeroMaquinas (n)
Si Maquina [n][CM]=CODIGOMAQUINARIA Y Max=Maquina[n][FactorCalculado])
Y Maquina [n][DISPONIBILIDAD]<>1
Y Maquina [n][FECHAFINDISPONIBILIDAD]<FechaInicioporPartidaObra[n][m]

    Contador Contador+ +
Fin Si
Fin Desde

//Si en caso que hay varias máquinas con el mismo FactorCalculado
SI CONTADOR>=1
//Recorre lista de maquinas
    Desde 0 hasta NumeroMaquinas (n)
//Si las maquinas repetidas de mismo FactorCalculado, se tomará el que tenga mayor
Costo
Si Maquina [n][MANTENIMIENTO]=Maquina [n+1][MANTENIMIENTO]
YMaquina [n][VIDA]=Maquina [n+1][VIDA]
Y Maquina [n][DISPONIBILIDAD]<>1
Y Maquina [n][FECHAFINDISPONIBILIDAD]<FechaInicioporPartidaObra[n][m]

Max =MAXIMO(Maquina[n][COSTOADQUISICION])
Fin Si

Si Maquina [n][COSTO]=Maquina [n+1][COSTO]
YMaquina [n][VIDA]=Maquina [n+1][VIDA]
Y Maquina [n][DISPONIBILIDAD]<>1
Y Maquina [n][FECHAFINDISPONIBILIDAD]<FechaInicioporPartidaObra[n][m]

Max =MAXIMO(Maquina[n][MANTENIMIENTO])
Fin Si

Si Maquina [n][COSTO]=Maquina [n+1][COSTO]
YMaquina [n][MANTENIMIENTO]=Maquina [n+1][MANTENIMIENTO]
Y Maquina [n][DISPONIBILIDAD]<>1

```

Y Maquina [n][FECHAFINDISPONIBILIDAD]<FechaInicioporPartidaObra[n][m]

Max =MENOR(Maquina[n][VIDA])

Fin Si

Fin Desde

SINO

Si Maquina [n][COSTO]>Maquina [n][MANTENIMIENTO]

YMaquina [n][COSTO]>Maquina [n][VIDA]

Y Maquina [n][DISPONIBILIDAD]<>1

Y Maquina [n][FECHAFINDISPONIBILIDAD]<FechaInicioporPartidaObra[n][m]

Max =n

Fin Si

Si Maquina [n][MANTENIMIENTO]>Maquina [n][MANTENIMIENTO]

YMaquina [n][MANTENIMIENTO]>Maquina [n][COSTO]

Y Maquina [n][DISPONIBILIDAD]<>1

Y Maquina [n][FECHAFINDISPONIBILIDAD]<FechaInicioporPartidaObra[n][m]

Max =n

Fin Si

Si Maquina [n][VIDA]<Maquina [n][COSTO]

Y Maquina [n][VIDA]<Maquina [n][VIDA]

Y Maquina [n][DISPONIBILIDAD]<>01

Max =n

Fin Si

FIN SI

TERMINAR PROCESO

//como ya se ordenó la lista de Obras, empezará a recorrer de menor a mayor puntaje de obra.

CodigoMaquina=0

//Comenzará asignar a la Obra con menor puntaje.

Desde 0 hasta NumeroObras (n)

Desde 0 hasta CantidadPartidaObra

Desde 0 hasta CantidadMaquinariasporPartidaObra

Desde 0 hasta Maquina

CodigoMaquina =buscarMaquina(CODIGOMAQUINARIA)

ActualizarListaMaquina[DISPONIBILIDAD]=1

ActualizarListaMaquina[FECHAFINDISPONIBILIDAD]=FechaFinporPartidaObra[n][m]

Fin Desde

Fin Desde

Fin Desde

Fin Desde

//Obtener el tiempo, distancia del servicio Google

//Este método es un API del Google Maps, este método recibe la dirección Inicial y dirección destino, donde te devuelve el tiempo(horas) y distancia(kilómetros) entre ambas direcciones.

Desde 0 hasta NumeroMaquinas (n)

Maquina [n][DISTANCIA]=SERVICIOGOOGLE(DIRECCION1, DIRECCION2)

Maquina [n][TIEMPO]=SERVICIOGOOGLE(DIRECCION1, DIRECCION2)

Fin Desde

Fin

3.1.3. Diagrama del algoritmo

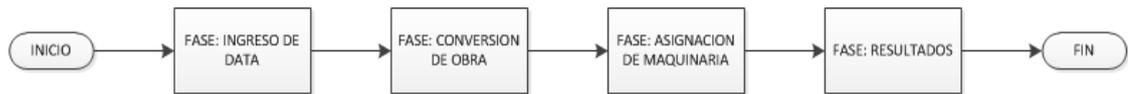


Figura N° 10 Algoritmo General

Fuente: Elaboración Propia

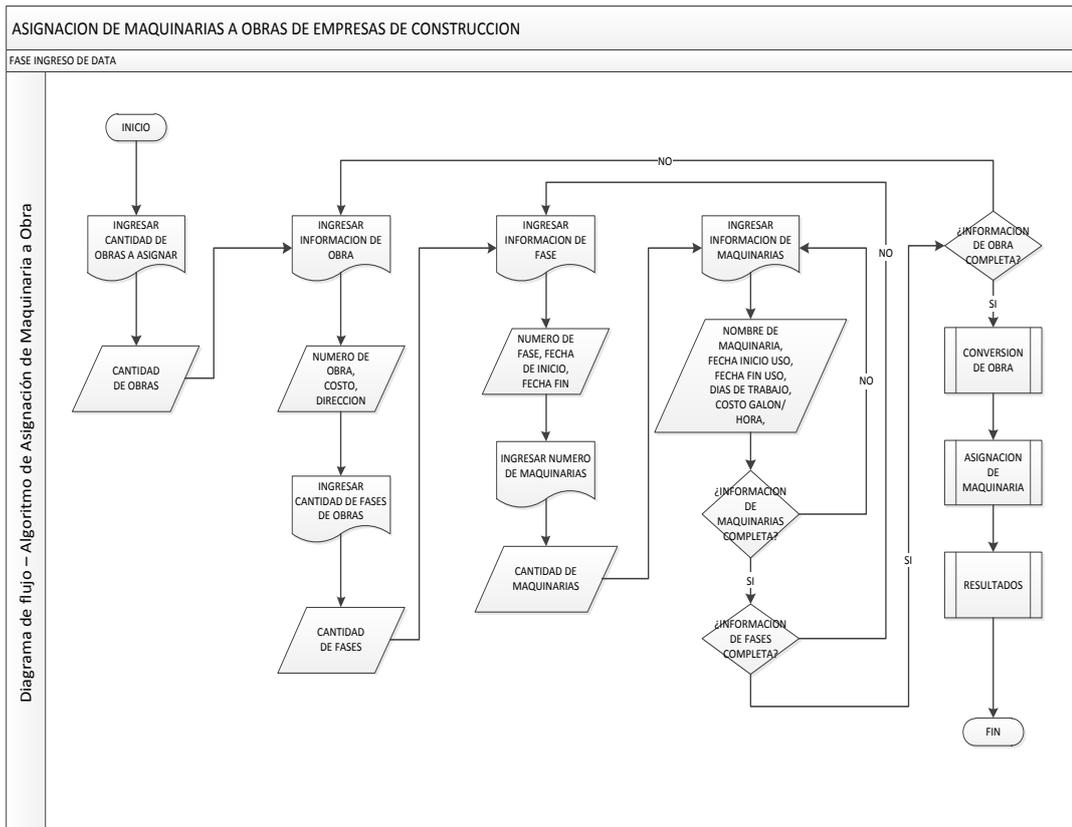


Figura N° 11 Algoritmo – Fase ingreso de data

Fuente: Elaboración propia

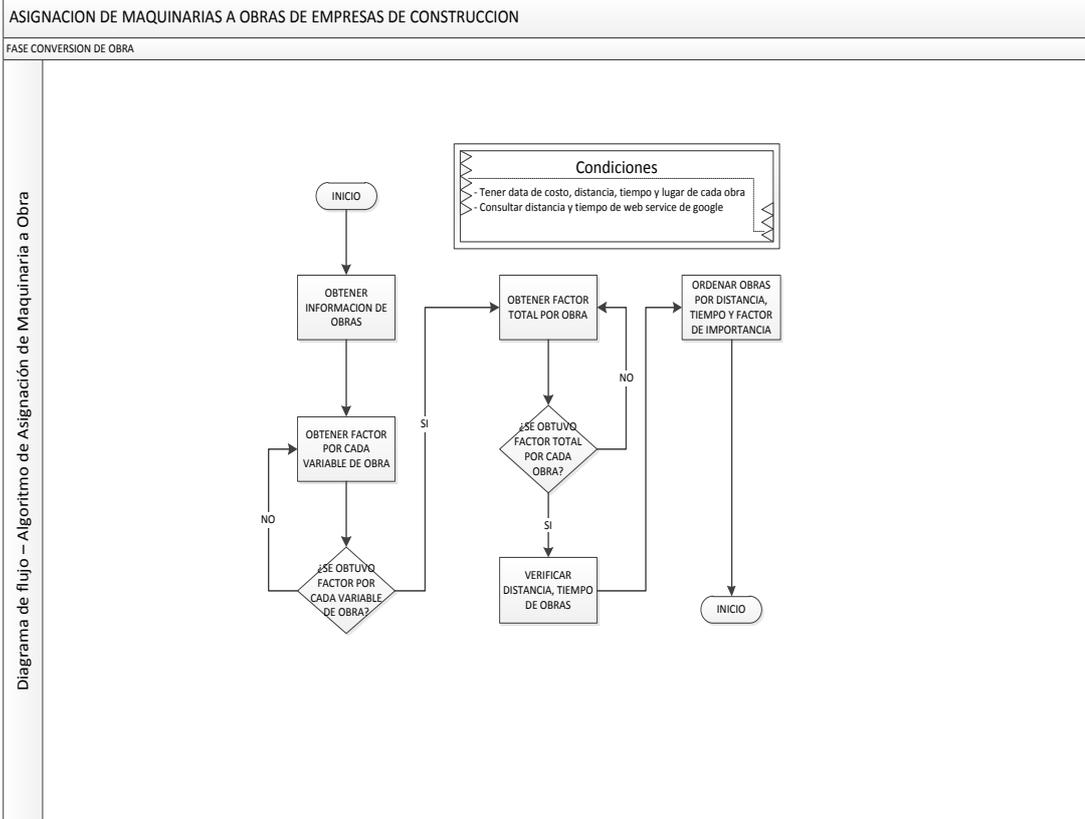


Figura N° 12 Fase conversión de obra

Fuente: Elaboración propia

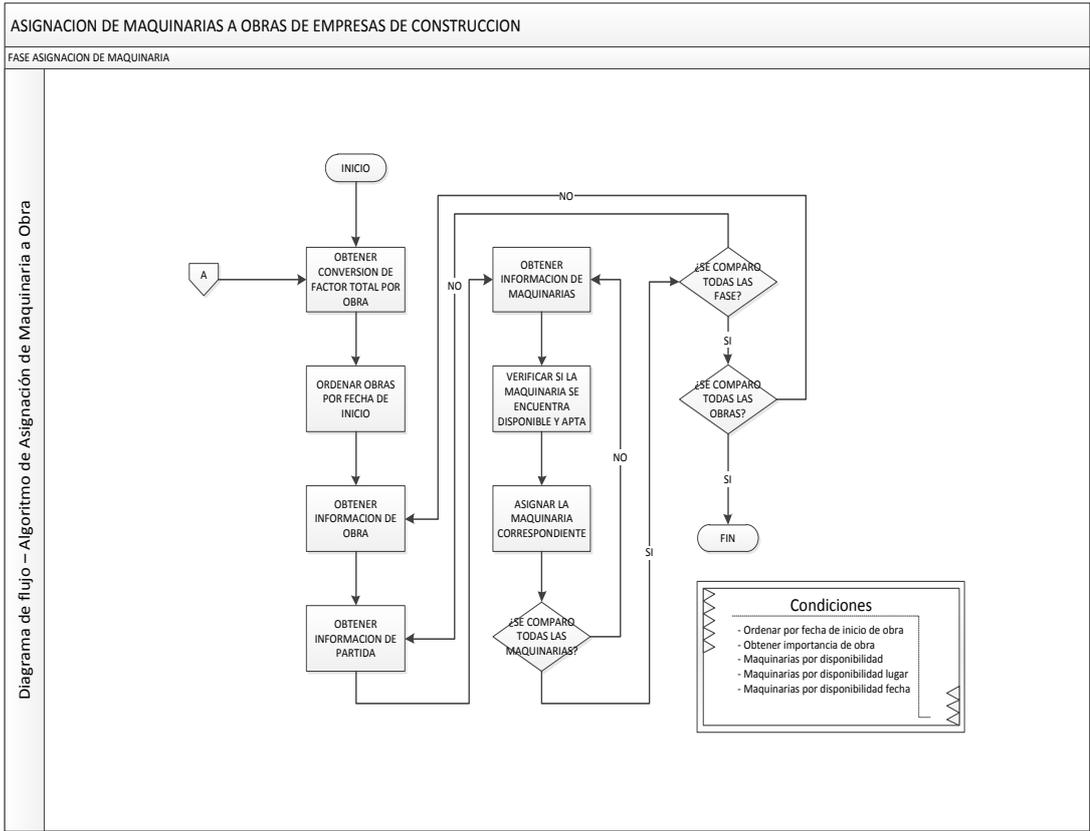


Figura N° 13 Fase asignación de maquinarias

Fuente: Elaboración Propia

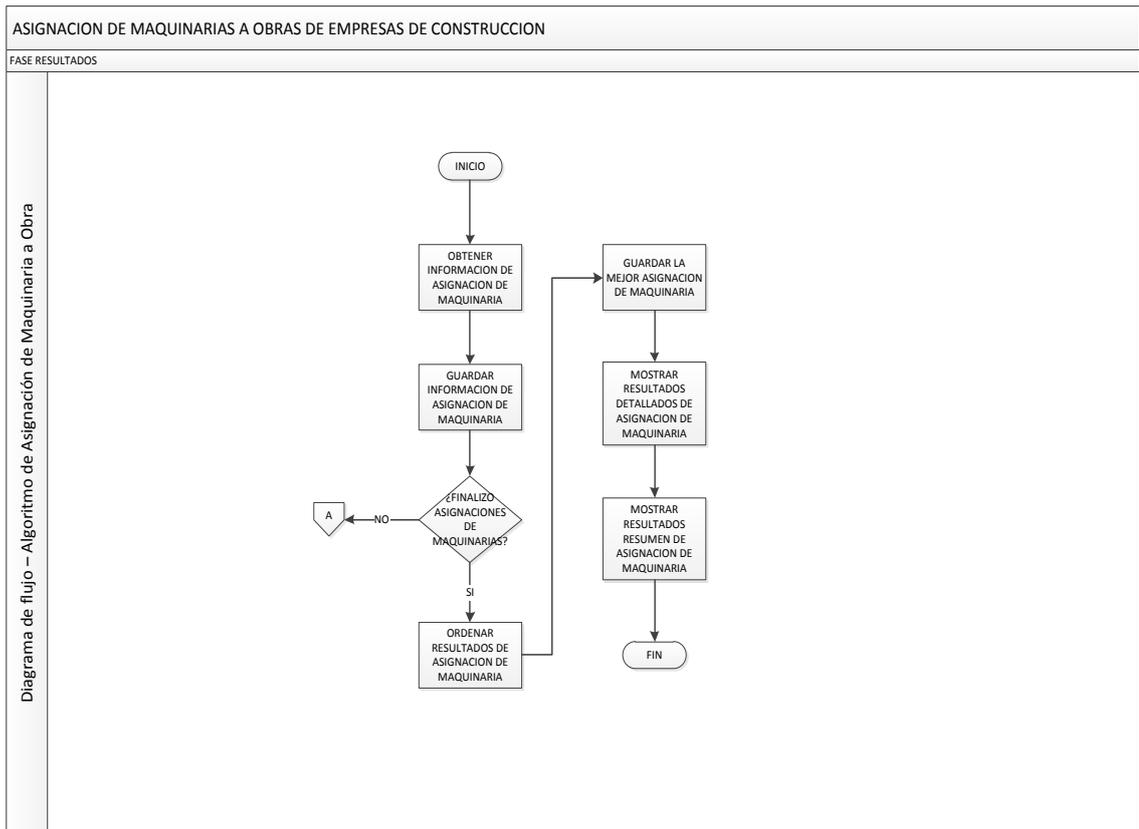


Figura N° 14 Fase resultados

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4. Complejidad del algoritmo

$$T(N)=1 + 1 + \sum_{i=0}^x[1 + 1 + 1 + 1] + \sum_{i=0}^x[1 + 1 + 1 + 1] + \sum_{i=0}^x[1 + 1] + \sum_{i=0}^x[1 + 1] + 1 + \sum_{i=0}^x[1 + 1] + \sum_{i=0}^x[1 + 1 + 1 + 1 + 1] + \sum_{i=0}^x[1 + 1 + 1 + 1 + 1] + 1 + 1 + \sum_{i=0}^x[1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1]$$

$$T(N)=2 + \sum_{i=0}^x[4] + \sum_{i=0}^x[4] + \sum_{i=0}^x[2] + \sum_{i=0}^x[2] + 1 + \sum_{i=0}^x[2] + \sum_{i=0}^x[2 + \sum_{i=0}^x[4] + \sum_{i=0}^x[4] + 2 + \sum_{i=0}^x[6]]$$

$$T(N)=3+14 \sum_{i=0}^x[] + \sum_{i=0}^x[4 + 14 \sum_{i=0}^x[]]$$

$$T(N)=3+\sum_{i=0}^x[14 + 1 + 14]$$

$$T(N)=3+\sum_{i=0}^x[14 + 1 + 14]$$

$$T(N)=3+\sum_{i=0}^x[14 + 14(N - C)]$$

$$T(N)=3+14N+14N^2-14\sum_{i=0}^x[C]$$

$$T(N)=3+14N+14N^2- 14 N(N+1)/14$$

$$T(N)= 13N^2-13N+3$$

$$T(N)=N^2$$

Se puede concluir que el algoritmo creado tiene una orden de complejidad cuadrática.

3.2. Fases

3.2.1. Fase Inicio

En esta fase se elaboró el acta de constitución del proyecto, en el cual se detalló la información necesaria para que la idea del proyecto sea aprobada por la gerencia de ARAMSA S.A. y la organización adopte el proyecto como suyo.

3.2.2. Fase Planificación

En esta fase se definió el propósito del proyecto y se detallaron los objetivos claros y precisos para alcanzar la meta final planteada, así como cada una de las fases y actividades a realizar. Dentro de esta fase se creó el Plan del Proyecto.

3.2.3. Fase Ejecución

En la fase de ejecución se empezó con el desarrollo de proyecto a nivel funcional y técnico, en esta fase se utilizaron ciclos iterativos que se reflejaron en 6 Sprints según SCRUM, a continuación se detallarán las actividades por cada sprint establecido:

Sprint 0

Este sprint considera las actividades que son comunes para todo el desarrollo y que son necesarias para empezar con el desarrollo e implementación:

Definición de los Requerimientos del Negocio

En esta actividad se realizaron las entrevistas al asistente y jefe de producto de ARAMSA a través de reuniones programadas con la finalidad de conocer el negocio y recopilar todas sus necesidades que permitan el cumplimiento de sus objetivos. En esta fase se crearon los siguientes artefactos:

- Reporte de Entrevista
- Requerimientos de Proyecto

Definición del ProductBacklog

En esta actividad se elaboró el productbacklog en donde se definieron las funcionalidades a implementar y se priorizó de acuerdo a la dificultad del desarrollo.

Definición del Sprint Backlog

En esta actividad se elaboró el Sprint Backlog en donde se definieron todos los Sprints y sus respectivos entregables.

Definición de Arquitectura Técnica

En esta actividad se analizaron las especificaciones técnicas que debería cubrir la solución y se propuso una arquitectura tecnológica inicial que

muestra todo el proceso requerido para llegar a exponer la información requerida en el tiempo definido al usuario final.

Sprint 1-2

Para los Sprints 1, y 2 se ejecutaron las mismas actividades reiterativamente para realizar entregas parciales (reportes),

Sprint 3

Este sprint contiene las actividades de cierre del desarrollo: Despliegue y Finalización.

3.3. Desarrollo de la aplicación

3.3.1. Diseño de tablas

Se muestra el diagrama del modelo de datos

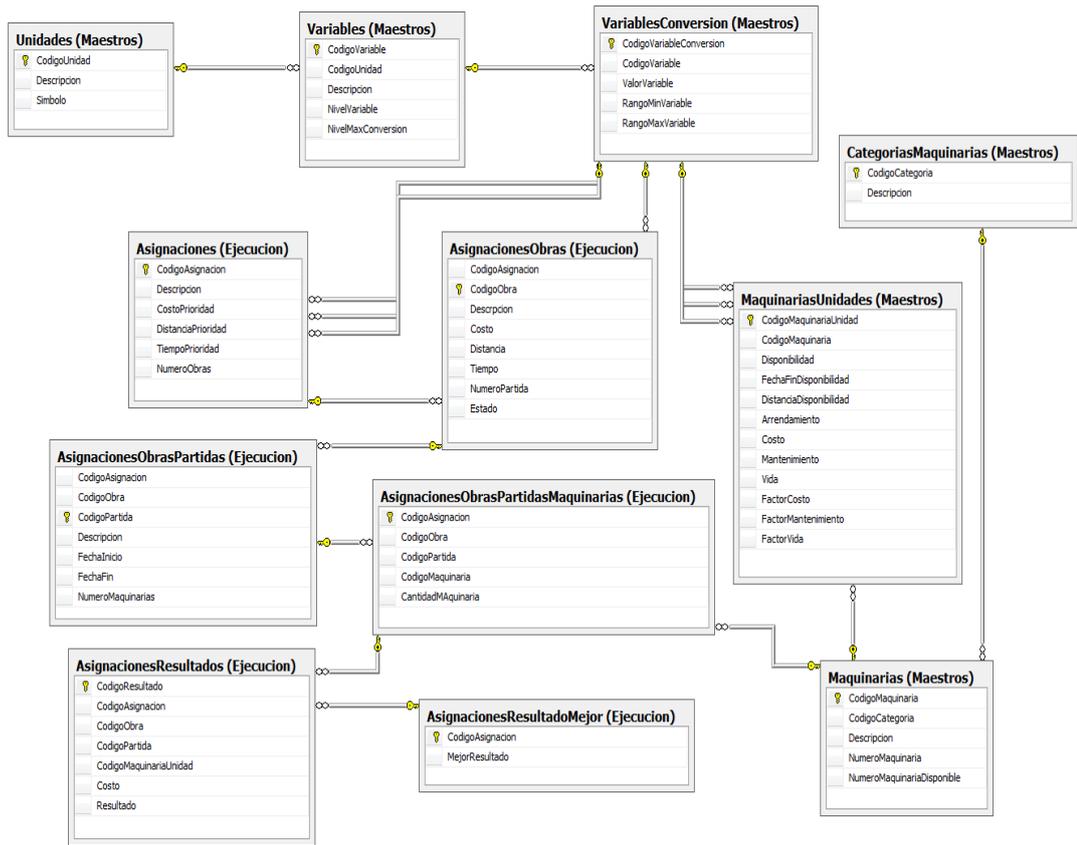


Figura N° 15 Modelo de Datos

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Arquitectura

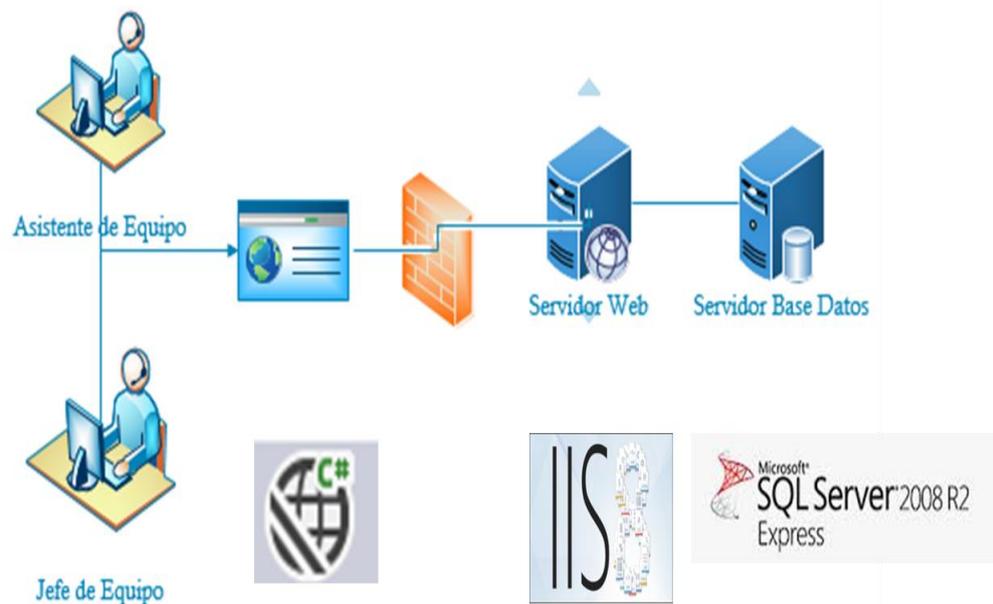


Figura N° 16 Arquitectura Técnica

Fuente: Elaboración Propia

La arquitectura propuesta estará compuesta con aplicativo web desarrollado en lenguaje C# debido a que fácil uso, fácil de programar, la programación funcional y lógica son eficientes y es el más usado en el mercado. Actualmente la empresa en estudio cuenta con aplicativos web donde hacen uso de servidor de Base Datos SQLServer 2008 R2 y Servidor Web IIS8. El aplicativo será utilizado por usuarios el Asistente de Equipo quien hará la simulación de asignación de máquinas a obras. El Jefe de Equipo será el usuario quien apruebe la asignación de máquinas a obras.

3.3.3. Diccionario de Datos

ESTRUCTURA	NOMBRES	DESCRIPCION
BASE DE DATOS	AsignacionMaquinaria	Contenedor de toda las tablas, campos e informacion del algoritmo de asignacion de maquinarias a obras
	Maestros	Agrupacion de las tablas que contienen la informacion base para el algoritmo
ESQUEMAS	Ejecucion	Agrupacion de las tablas que contienen la informacion al momento de ejecutar el algoritmo
	Maestros.CategoriasMaquinarias	Clasificacion de maquinarias
TABLAS	Maestros.Maquinarias	Descripcion de maquinarias
	Maestros.MaquinariasUnidades	Descripcion unitaria de maquinarias
	Maestros.Unidades	Unidades de medida
	Maestros.Variables	Componentes necesarios para medir las prioridades del algoritmo
	Maestros.VariablesConversion	Simplifica los componentes en terminos de rangos, asignandole un valor
	Ejecucion.Asignaciones	Informacion basica para proceder a la asignacion de obra
	Ejecucion.AsignacionesObras	Informacion basica referente a obras para proceder a la asignacion de obra
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidas	Informacion basica referente a partidas de obras para proceder a la asignacion de obra
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidasMaquinarias	Informacion basica referente a maquinarias de partidas de obras para proceder a la asignacion de obra
	Ejecucion.AsignacionesResultados	Contenedor de resultados de las asignaciones que genera el algoritmo
	Ejecucion.AsignacionesResultadoMejor	Mejores resultados de asignaciones que genera el algoritmo
	Maestros.CategoriasMaquinarias.CodigoCategoria	Campo identificador de la clasificacion de maquinaria de la tabla CategoriaMaquinaria
	Maestros.CategoriasMaquinarias.Descripcion	Campo que muestra el detalle de la clasificacion de maquinaria de la tabla CategoriaMaquinaria
	Maestros.Maquinarias.CodigoMaquinaria	Campo identificador de la maquinaria de la tabla Maquinaria
	Maestros.Maquinarias.CodigoCategoria	Campo que llama al identificador de la tabla CategoriasMaquinarias
	Maestros.Maquinarias.Descripcion	Campo que muestra el detalle de la maquinaria de la tabla Maquinarias
	Maestros.Maquinarias.NumeroMaquinaria	Campo que muestra la cantidad de maquinarias
Maestros.Maquinarias.NumeroMaquinariaDisponible	Campo que muestra la cantidad de maquinarias disponibles	
Maestros.MaquinariasUnidades.CodigoMaquinariaUnidad	Campo identificador de la unidad de maquinaria de la tabla MaquinariasUnidad	
Maestros.MaquinariasUnidades.CodigoMaquinaria	Campo que llama al identificador de la tabla Maquinarias	
Maestros.MaquinariasUnidades.AptoAsignacion	Campo que muestra si la maquinaria unidad se encuentra en un lugar apto para proceder a la asignacion	
Maestros.MaquinariasUnidades.Disponibilidad	Campo que muestra si la maquinaria unidad se encuentra disponible	
Maestros.MaquinariasUnidades.FechaFinDisponibilidad	Campo que muestra la finalizacion del uso de la maquinaria unidad en terminos de fecha	
Maestros.MaquinariasUnidades.DistanciaDisponibilidad	Campo que muestra el lugar y distancia donde se encuentra la maquinaria unidad	
Maestros.MaquinariasUnidades.Arrendamiento	Campo que muestra si la unidad de maquinaria es un arrendamiento	
Maestros.MaquinariasUnidades.Costo	Campo que muestra el costo de adquisicion de la maquinaria unidad	
Maestros.MaquinariasUnidades.Mantenimiento	Campo que muestra el costo de mantenimiento de la maquinaria unidad	
Maestros.MaquinariasUnidades.Vida	Campo que muestra el año de compra de la maquinaria unidad	
Maestros.MaquinariasUnidades.FactorCosto	Campo que muestra la conversion del campo Maestros.MaquinariasUnidades.Costo mediante la tabla VariableConversion	
Maestros.MaquinariasUnidades.FactorMantenimiento	Campo que muestra la conversion del campo Maestros.MaquinariasUnidades.Mantenimiento mediante la tabla VariableConversion	
Maestros.MaquinariasUnidades.FactorVida	Campo que muestra la conversion del campo Maestros.MaquinariasUnidades.Vida mediante la tabla VariableConversion	
Maestros.Unidades.CodigoUnidad	Campo identificador de la unidad de la tabla Unidades	
Maestros.Unidades.Descripcion	Campo que muestra el detalle de la unidad de la tabla Unidades	
Maestros.Unidades.Simbolo	Campo que muestra el simbolo de la unidad de la tabla Unidades	
Maestros.Variables.CodigoVariable	Campo identificador de la variable de la tabla Variables	
Maestros.Variables.CodigoUnidad	Campo que llama al identificador de la tabla Unidad	
Maestros.Variables.Descripcion	Campo que muestra el detalle de la unidad de la tabla Variables	
CAMPOS	Maestros.Variables.NivelVariable	Campo que muestra la prioridad de variables
	Maestros.Variables.NivelMaxConversion	Campo que muestra el maximo nivel de profundidad de conversion
	Maestros.VariablesConversion.CodigoVariableConversion	Campo identificador de la conversion de variable de la tabla VariablesConversion
	Maestros.VariablesConversion.CodigoVariable	Campo que llama al identificador de la tabla Variables
	Maestros.VariablesConversion.ValorVariable	Campo que muestra el valor de la variable convertida
	Maestros.VariablesConversion.RangoMinVariable	Campo que muestra el valor minimo para poder realizar la conversion de variable
	Maestros.VariablesConversion.RangoMaxVariable	Campo que muestra el valor maximo para poder realizar la conversion de variable
	Ejecucion.Asignaciones.CodigoAsignacion	Campo identificador de la asignacion de la tabla Asignaciones
	Ejecucion.Asignaciones.Descripcion	Campo que muestra el detalle de la asignacion
	Ejecucion.Asignaciones.CostoPrioridad	Campo que muestra la prioridad del costo de la asignacion
	Ejecucion.Asignaciones.DistanciaPrioridad	Campo que muestra la prioridad del distancia de la asignacion
	Ejecucion.Asignaciones.TiempoPrioridad	Campo que muestra la prioridad del tiempo de la asignacion
	Ejecucion.Asignaciones.NumeroObras	Campo que muestra la cantidad de obras a realizar la asignacion
	Ejecucion.AsignacionesObras.CodigoAsignacion	Campo que llama al identificador de la tabla Asignaciones
	Ejecucion.AsignacionesObras.CodigoObra	Campo identificador de la asignacion por obra de la tabla AsignacionesObras
	Ejecucion.AsignacionesObras.Descripcion	Campo que muestra el detalle de la obra a asignar
	Ejecucion.AsignacionesObras.Costo	Campo que muestra el costo de la obra a asignar
	Ejecucion.AsignacionesObras.Distancia	Campo que muestra el el tiempo de la obra a asignar
	Ejecucion.AsignacionesObras.Tiempo	Campo que muestra la distancia de la obra a asignar
	Ejecucion.AsignacionesObras.NumeroPartida	Campo que muestra la cantidad de partidas que tiene la obra
	Ejecucion.AsignacionesObras.Estado	Campo que muestra el estado de la obra a asignar
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidas.CodigoAsignacion	Campo que llama al identificador de la tabla Asignaciones
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidas.CodigoObra	Campo que llama al identificador de la tabla AsignacionesObras
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidas.CodigoPartida	Campo identificador de la asignacion por obra de la tabla AsignacionesObrasPartidas
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidas.Descripcion	Campo que muestra el detalle de la partida de obra
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidas.FechaInicio	Campo que muestra la fecha de inicio de la partida
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidas.FechaFin	Campo que muestra la fecha de termino de la partida
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidas.NumeroMaquinarias	Campo que muestra la cantidad de maquinarias que tiene cada partida
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidasMaquinarias.CodigoAsignacion	Campo que llama al identificador de la tabla Asignaciones
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidasMaquinarias.CodigoObra	Campo que llama al identificador de la tabla AsignacionesObras
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidasMaquinarias.CodigoPartida	Campo que llama al identificador de la tabla AsignacionesObrasPartidas
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidasMaquinarias.CodigoMaquinaria	Campo identificador de la maquinaria por partida de la tabla AsignacionesObrasPartidasMaquinarias
	Ejecucion.AsignacionesObrasPartidasMaquinarias.CantidadMaquinaria	Campo que muestra las unidades de maquinarias de cada partida
	Ejecucion.AsignacionesResultados.CodigoAsignacion	Campo que llama al identificador de la tabla Asignaciones
	Ejecucion.AsignacionesResultados.CodigoAsignacionN	Campo identificador de las veces que se ejecuta el algoritmo de la tabla AsignacionesResultados
	Ejecucion.AsignacionesResultados.CodigoObra	Campo que llama al identificador de la tabla AsignacionesObras
	Ejecucion.AsignacionesResultados.CodigoPartida	Campo que llama al identificador de la tabla AsignacionesObrasPartidas
	Ejecucion.AsignacionesResultados.CodigoMaquinariaUnidad	Campo que llama al identificador de la tabla AsignacionesObrasPartidasMaquinarias
	Ejecucion.AsignacionesResultadoMejor.CodigoAsignacion	Campo que llama al identificador de la tabla Asignaciones
	Ejecucion.AsignacionesResultadoMejor.CodigoAsignacionN	Campo identificador de las veces que se ejecuta el algoritmo de la tabla AsignacionesResultados

Figura N° 17 Diccionario de Base de datos

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4. Estructura de Datos

Tabla N° 11 Estructura de Datos

Tipo de Dato	Nombre	Detalle
DataTable	dt_Lista	Lista dinamica, se van almacenar los datos del formulario.
DataTable	dt_ListaCalculo	Lista dinamica, se van calcular costo, distancia y tiempo por cada registro ingresado por el formula
DataTable	dt_MaquinaUnidad	Lista que almacenada desde tabla de Máquinas.
Double	TextBox_CostoTot	Costo Total de la obra.

Fuente: Elaboración Propia

En la anterior tabla se muestra la las principales variables que se usó para el desarrollo del algoritmo. El objeto Datatable es una memoria interna de datos recuperados, con estos objetos se puede trabajar como Arrays bajo restricciones.

3.3.5. Prototipos



Figura N° 18 Pantalla de bienvenida

Fuente: Elaboración Propia

Obra

Número Obra

Lugar Obra 



Fase

Número Fase Obra

Fecha Inicio Maquinaria

Fecha Final Maquinaria

Cantidad días de Trabajo

Cantidad horas de Trabajo

Maquinaria ▼

[Agregar a la lista](#)

Cálculo

[Calcular](#)

[Exportar excel](#)

[Mantenimiento](#)

1 ▼

Figura N° 19 Formulario para la simulación

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°19 se muestra el formulario que el usuario ingresará para la simulación de la asignación de maquinarias obras civiles.

Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Costo por Máquina	Resultado Costo	Estado
OBRA1	PARTIDA1	TRACTOR SOBRE NEUMATICOS (BULLDOZER)	01-02-2014	13-02-2014	55	\$52	\$3,448	✓
OBRA1	PARTIDA1	TRACTOR SOBRE NEUMATICOS (BULLDOZER)	01-02-2014	13-02-2014	54	\$52	\$3,448	✓
OBRA1	PARTIDA1	RODILLO NEUMATICO	14-02-2014	28-02-2014	86	\$3	\$232	✓
OBRA1	PARTIDA2	TRACTOR SOBRE NEUMATICOS (BULLDOZER)	01-03-2014	31-03-2014	55	\$52	\$8,149	✓
OBRA1	PARTIDA2	MOTOVIVELADORA	01-03-2014	17-03-2014	67	\$10	\$803	✓
OBRA1	PARTIDA3	RODILLO NEUMATICO	01-04-2014	15-04-2014	86	\$3	\$232	✓
OBRA2	PARTIDA1	RETROEXCAVADORA	22-05-2014	28-06-2014	62	\$64	\$12,591	✓
OBRA2	PARTIDA1	ZANADORA	01-03-2014	15-04-2014	66	\$49	\$11,571	✓
OBRA2	PARTIDA1	RODILLO TANDEM	16-04-2014	21-05-2014	93	\$9	\$1,639	✓
OBRA2	PARTIDA1	PLANCHA COMPACTADORA	22-05-2014	30-06-2014	98	\$83	\$16,983	✓
OBRA2	PARTIDA2	TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)	23-09-2014	25-10-2014	53	\$45	\$7,867	✓
OBRA2	PARTIDA2	RETROEXCAVADORA	28-07-2014	15-08-2014	62	\$64	\$6,486	✓

Figura N° 20 Resultado de la simulación

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°20 se muestra las lista de maquinarias que el usuario ingresó por el formulario, donde se puede mostrar el ID de la maquina asignada, el Costo por Hora, Resultado de combustible, Distancia Recorrida, Tiempo recorrida, detalle de la ruta y el estado.



Figura N° 21 Gráficos del resultado de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°21 se muestra el costo de desplazamiento por cada obra.



Figura N° 22 Gráficos del resultado de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°22 se muestra el costo de desplazamiento por cada tipo de Máquina.

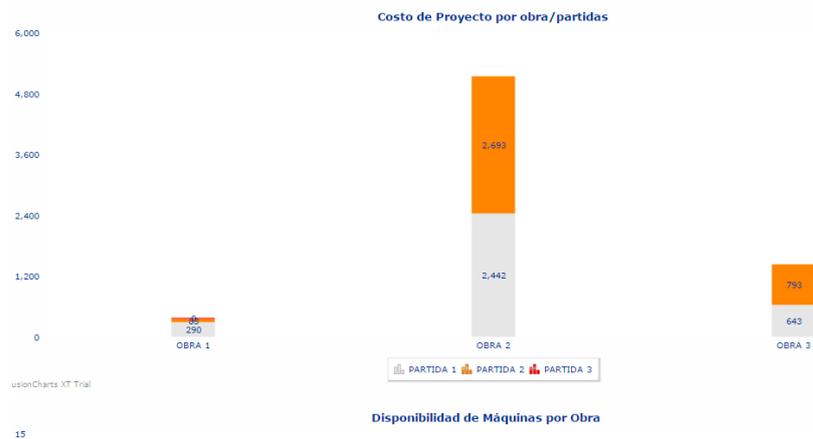


Figura N° 23 Gráficos del resultado de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°23 se muestra el costo de desplazamiento por cada tipo de fase (partida).



Figura N° 24 Gráficos del resultado de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°24 se muestra la cantidad de maquinarias disponibles (asignados) a cada obra.

Codigo Maquina	Categoria	Costo	Mantenimiento	Mantenimiento	FactorCosto	FactorMantenimiento	FactorVida	Costo Hora	Modificar
1	TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)	65000	5500	1999	5	2	4	59.89	Edit Delete
2	TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)	40700	3000	2005	4	2	3	45.21	Edit Delete
3	TRACTOR SOBRE NEUMATICOS (BULLDOZER)	80000	2000	2010	6	2	2	52.24	Edit Delete
4	TRACTOR SOBRE NEUMATICOS (BULLDOZER)	80000	2000	2010	6	2	2	52.24	Edit Delete
5	TRACTOR SOBRE NEUMATICOS (BULLDOZER)	92000	500	2013	6	1	1	50.35	Edit Delete
6	EXCAVADORA DE ORUGAS	50000	10200	1991	4	3	5	55.46	Edit Delete
7	EXCAVADORA DE ORUGAS	120000	900	2010	7	1	2	65.34	Edit Delete
8	EXCAVADORA SOBRE NEUMATICOS	65000	11000	1990	5	3	5	61.34	Edit Delete
9	EXCAVADORA SOBRE NEUMATICOS	160000	1200	2010	8	2	2	71.34	Edit Delete
10	EXCAVADORA SOBRE NEUMATICOS	145000	1800	2006	7	2	2	70.2	Edit Delete
11	RETROEXCAVADORA	75000	1500	2002	6	2	3	63.59	Edit Delete
12	ZANADORA	30000	5000	1995	3	2	5	35.45	Edit Delete
13	ZANADORA	30000	4000	1995	3	2	5	35.13	Edit Delete
14	ZANADORA	55000	2000	2001	5	2	4	50.06	Edit Delete
15	ZANADORA	60000	1000	2004	5	1	3	49.45	Edit Delete
16	MOTONIVELADORA	8000	1500	1994	1	2	5	9.56	Edit Delete
17	MOTONIVELADORA	15000	250	2005	2	1	3	10.87	Edit Delete
18	MOTONIVELADORA	14000	250	2003	2	1	3	10.48	Edit Delete
19	MOTONIVELADORA	18000	0	2014	2	1	1	8.12	Edit Delete
20	MOTOTRAYLA	1200	180	1988	1	1	5	0.89	Edit Delete
21	MOTOTRAYLA	4500	200	1998	1	1	4	2.43	Edit Delete
22	MOTOTRAYLA	5000	50	2006	1	1	3	1.25	Edit Delete
23	MOTOTRAYLA	5000	50	2008	1	1	2	1.23	Edit Delete
24	RODILLO VIBRATORIO	1500	80	1990	1	1	5	0.93	Edit Delete
25	RODILLO VIBRATORIO	1500	80	1990	1	1	5	0.93	Edit Delete
26	RODILLO VIBRATORIO	1200	80	2004	1	1	3	0.93	Edit Delete
27	RODILLO VIBRATORIO	1200	80	2004	1	1	3	0.93	Edit Delete
28	RODILLO VIBRATORIO	900	0	2014	1	1	1	0.45	Edit Delete
29	RODILLO PATA CABRA	1200	50	1990	1	1	5	0.93	Edit Delete
30	RODILLO PATA CABRA	1200	50	1990	1	1	5	0.93	Edit Delete
31	RODILLO PATA CABRA	1200	30	1990	1	1	5	0.92	Edit Delete
32	RODILLO PATA CABRA	1800	10	2003	1	1	3	0.93	Edit Delete
33	RODILLO PATA CABRA	1800	10	2003	1	1	3	0.93	Edit Delete
34	RODILLO NEUMATICO	4000	100	1990	1	1	5	2.97	Edit Delete
35	RODILLO NEUMATICO	4000	100	1990	1	1	5	2.97	Edit Delete
36	RODILLO NEUMATICO	5500	80	1998	1	1	4	3.28	Edit Delete
37	RODILLO NEUMATICO	5500	90	1998	1	1	4	3.28	Edit Delete

Figura N° 25 Formulario Mantenimiento de Maquinarias

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°25 se muestra las lista de maquinarias de la empresa, en esta tabla el usuario podrá eliminar, modificar y agregar maquinarias.

```

<script>
  var map;
  var geocoder;
  var bounds = new google.maps.LatLngBounds();
  var markersArray = [];

  var origin1;// = new google.maps.LatLng(-11.4960553, -76.62871336);
  var destinationA;//= new google.maps.LatLng(-3.59502361, -80.47979356);

  var destinationIcon = 'https://chart.googleapis.com/chart?chst=d_map_pin_letter&chld=D|FF0000|000000';
  var originIcon = 'https://chart.googleapis.com/chart?chst=d_map_pin_letter&chld=O|FFFF00|000000';

  function initialize()...

  function calculateDistances()...

  function callback(response, status)...

  function addMarker(location, isDestination)...

  function deleteOverlays()...

  google.maps.event.addDomListener(window, 'load', initialize);

  function Read_Data()...
</script>

```

Figura N° 26 JavaScript de Google Maps

Fuente: <https://developers.google.com>

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Pruebas

Los tipos de pruebas que se realizaron son las siguientes:

4.1.1. Prueba de Algoritmo

Para las pruebas de nuestra solución, se ha obtenido información de 20 obras, las cuales hemos tomado datos relevantes de costo, distancia y tiempo por cada obra.

Hemos realizado 18 casos haciendo una combinación aleatoria de las 20 obras y 1 caso con las 20 obras comparando con datos reales obtenida por la empresa ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C., cabe resaltar que la comparación de los primeros 18 casos nos fueron de ayuda para poder ajustar nuestra solución y dar un resultado óptimo.

A continuación se muestra los datos utilizados para realizar las pruebas:

Caso 1:

Se realizó una corrida de las obras 18, 19 y 20 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 12 Prueba caso 1

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 18	2,504.49	4,127.00	54.65	373.08	464.00	7.87	2,131.41	3,663.00	46.78	85.10%	88.76%	85.61%
OBRA 19	8,085.14	13,672.00	166.54	5,134.50	8,736.00	114.10	2,950.64	4,936.00	52.44	36.49%	36.10%	31.49%
OBRA 20	5,029.45	8,435.00	112.74	1,435.27	2,138.00	30.30	3,594.18	6,297.00	82.44	71.46%	74.65%	73.12%
TOTAL	15,619.08	26,234.00	333.93	6,942.85	11,338.00	152.27	8,676.23	14,896.00	181.66	55.55%	56.78%	54.40%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 2:

Se realizó una corrida de las obras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 12 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas
- Maquinarias en distintos lugares
- Mayor tiempo entre asignación de maquinarias

Tabla N° 13 Prueba caso 2

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 1	14,707.14	25,097.10	381.99	13,974.99	15,758.30	312.18	732.15	9,338.80	69.81	4.98%	37.21%	18.27%
OBRA 2	24,683.54	51,685.70	653.19	13,963.56	20,910.80	270.47	10,719.98	30,774.90	382.72	43.43%	59.54%	58.59%
OBRA 3	5,603.24	8,698.00	116.67	6,617.60	10,220.00	137.10	-1,014.36	-1,522.00	-20.43	-18.10%	-17.50%	-17.51%
OBRA 4	25,817.67	56,221.00	759.69	12,817.12	22,208.00	413.77	13,000.55	34,013.00	345.92	50.36%	60.50%	45.53%
OBRA 5	3,609.19	6,063.00	81.68	1,413.58	2,244.00	33.13	2,195.61	3,819.00	48.55	60.83%	62.99%	59.44%
OBRA 6	3,998.19	11,053.00	138.43	4,915.87	13,596.00	167.93	-917.68	-2,543.00	-29.50	-22.95%	-23.01%	-21.31%
OBRA 7	3,047.82	11,129.00	146.93	2,727.88	4,980.00	69.68	319.94	6,149.00	77.25	10.50%	55.25%	52.57%
OBRA 8	8,623.70	17,307.20	227.06	9,014.54	17,371.00	230.43	-390.84	-63.80	-3.37	-4.53%	-0.37%	-1.49%
OBRA 9	38,727.72	85,385.00	1,099.48	30,133.45	64,056.00	837.25	8,594.27	21,329.00	262.23	22.19%	24.98%	23.85%
OBRA 12	20,340.83	35,655.00	458.83	19,482.10	31,781.00	407.57	858.73	3,874.00	51.26	4.22%	10.87%	11.17%
TOTAL	149,159.04	308,294.00	4,063.95	115,060.68	203,125.10	2,879.52	34,098.36	105,168.90	1,184.43	22.86%	34.11%	29.14%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 3:

Se realizó una corrida de las obras 1, 2, 3, 4, 5, 6 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas
- Maquinarias en distintos lugares
- Mayor tiempo entre asignación de maquinarias

Tabla N° 14 Prueba caso 3

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 1	14,707.14	25,097.10	381.99	11,291.63	10,584.80	248.90	3,415.51	14,512.30	133.09	23.22%	57.82%	34.84%
OBRA 2	24,683.54	51,685.70	653.19	26,149.12	47,822.00	622.50	-1,465.58	3,863.70	30.69	-5.94%	7.48%	4.70%
OBRA 3	5,603.24	8,698.00	116.67	3,789.80	5,472.00	75.18	1,813.44	3,226.00	41.49	32.36%	37.09%	35.56%
OBRA 4	25,817.67	56,221.00	759.69	14,331.02	23,569.00	431.78	11,486.65	32,652.00	327.91	44.49%	58.08%	43.16%
OBRA 5	3,609.19	6,063.00	81.68	1,154.95	1,626.00	25.57	2,454.24	4,437.00	56.11	68.00%	73.18%	68.70%
OBRA 6	3,998.19	11,053.00	138.43	5,134.94	13,596.00	167.93	-1,136.75	-2,543.00	-29.50	-28.43%	-23.01%	-21.31%
TOTAL	78,418.97	158,817.80	2,131.65	61,851.46	102,669.80	1,571.87	16,567.51	56,148.00	559.78	21.13%	35.35%	26.26%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 4:

Se realizó una corrida de las obras 7, 8, 9 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas

Tabla N° 15 Prueba caso 4

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 7	3,047.82	11,129.00	146.93	3,125.12	5,095.00	71.65	-77.30	6,034.00	75.28	-2.54%	54.22%	51.24%
OBRA 8	8,623.70	17,307.20	227.06	2,077.81	4,924.00	71.00	6,545.89	12,383.20	156.06	75.91%	71.55%	68.73%
OBRA 9	38,727.72	85,385.00	1,099.48	30,340.30	64,056.00	837.25	8,387.42	21,329.00	262.23	21.66%	24.98%	23.85%
TOTAL	50,399.24	113,821.20	1,473.47	35,543.23	74,075.00	979.90	14,856.01	39,746.20	493.57	29.48%	34.92%	33.50%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 5:

Se realizó una corrida de las obras 10, 11, 12 y 13 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 16 Prueba caso 5

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 10	10,038.40	23,375.00	311.00	6,581.26	16,296.00	210.15	3,457.14	7,079.00	100.85	34.44%	30.28%	32.43%
OBRA 11	4,701.22	11,770.00	155.60	2,516.01	4,963.00	66.45	2,185.21	6,807.00	89.15	46.48%	57.83%	57.29%
OBRA 12	20,340.83	35,655.00	458.83	17,838.04	30,915.00	393.75	2,502.79	4,740.00	65.08	12.30%	13.29%	14.18%
OBRA 13	25,040.66	53,925.00	697.09	12,605.67	24,903.00	329.88	12,434.99	29,022.00	367.21	49.66%	53.82%	52.68%
TOTAL	60,121.11	124,725.00	1,622.52	39,540.98	77,077.00	1,000.23	20,580.13	47,648.00	622.29	34.23%	38.20%	38.35%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 6:

Se realizó una corrida de las obras 14, 15, 16 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas

Tabla N° 17 Prueba caso 6

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 14	20,194.18	48,684.00	609.49	18,178.35	36,808.00	458.67	2,015.83	11,876.00	150.82	9.98%	24.39%	24.75%
OBRA 15	21,891.83	39,100.00	513.31	20,095.64	36,594.00	470.43	1,796.19	2,506.00	42.88	8.20%	6.41%	8.35%
OBRA 16	2,588.59	12,339.00	160.97	3,175.72	6,699.00	88.18	-587.13	5,640.00	72.79	-22.68%	45.71%	45.22%
TOTAL	44,674.60	100,123.00	1,283.77	41,449.70	80,101.00	1,017.28	3,224.90	20,022.00	266.49	7.22%	20.00%	20.76%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 7:

Se realizó una corrida de las obras 17, 18, 19 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 18 Prueba caso 7

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 17	14,520.31	31,768.00	421.83	5,974.77	13,152.00	176.53	8,545.54	18,616.00	245.30	58.85%	58.60%	58.15%
OBRA 18	2,504.49	4,127.00	54.65	379.40	448.00	8.00	2,125.09	3,679.00	46.65	84.85%	89.14%	85.36%
OBRA 19	8,085.14	13,672.00	166.54	5,281.50	8,960.00	117.37	2,803.64	4,712.00	49.17	34.68%	34.46%	29.53%
TOTAL	25,109.94	49,567.00	643.02	11,635.67	22,560.00	301.90	13,474.27	27,007.00	341.12	53.66%	54.49%	53.05%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 8:

Se realizó una corrida de las obras 1, 10, 11, 16, 17 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 19 Prueba caso 8

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 1	14,707.14	25,097.10	381.99	2,191.65	3,596.00	60.97	12,515.49	21,501.10	321.02	85.10%	85.67%	84.04%
OBRA 10	10,038.40	23,375.00	311.00	6,913.69	16,692.00	217.07	3,124.71	6,683.00	93.93	31.13%	28.59%	30.20%
OBRA 11	4,701.22	11,770.00	155.60	1,527.22	3,819.00	51.93	3,174.00	7,951.00	103.67	67.51%	67.55%	66.62%
OBRA 16	2,588.59	12,339.00	160.97	803.46	2,407.00	36.97	1,785.13	9,932.00	124.00	68.96%	80.49%	77.04%
OBRA 17	14,520.31	31,768.00	421.83	5,802.76	13,109.00	176.42	8,717.55	18,659.00	245.41	60.04%	58.74%	58.18%
TOTAL	46,555.66	104,349.10	1,431.39	17,238.79	39,623.00	543.35	29,316.87	64,726.10	888.04	62.97%	62.03%	62.04%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 9:

Se realizó una corrida de las obras 1, 11, 12, 15, 18 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 20 Prueba caso 9

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 1	14,707.14	25,097.10	381.99	3,531.99	6,092.00	92.67	11,175.15	19,005.10	289.32	75.98%	75.73%	75.74%
OBRA 11	4,701.22	11,770.00	155.60	2,475.83	4,963.00	66.45	2,225.39	6,807.00	89.15	47.34%	57.83%	57.29%
OBRA 12	20,340.83	35,655.00	458.83	17,664.50	30,915.00	393.75	2,676.33	4,740.00	65.08	13.16%	13.29%	14.18%
OBRA 15	21,891.83	39,100.00	513.31	11,311.36	20,008.00	264.88	10,580.47	19,092.00	248.43	48.33%	48.83%	48.40%
OBRA 18	2,504.49	4,127.00	54.65	429.80	448.00	8.00	2,074.69	3,679.00	46.65	82.84%	89.14%	85.36%
TOTAL	64,145.51	115,749.10	1,564.38	35,413.48	62,426.00	825.75	28,732.03	53,323.10	738.63	44.79%	46.07%	47.22%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 10:

Se realizó una corrida de las obras 1, 2, 12, 13, 14 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas
- Maquinarias en distintos lugares
- Mayor tiempo entre asignación de maquinarias

Tabla N° 21 Prueba caso 10

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 1	14,707.14	25,097.10	381.99	11,287.52	18,833.00	254.15	3,419.62	6,264.10	127.84	23.25%	24.96%	33.47%
OBRA 2	24,683.54	51,685.70	653.19	29,298.85	52,644.00	679.70	-4,615.31	-958.30	-26.51	-18.70%	-1.85%	-4.06%
OBRA 12	20,340.83	35,655.00	458.83	13,041.45	22,355.00	286.75	7,299.38	13,300.00	172.08	35.89%	37.30%	37.50%
OBRA 13	25,040.66	53,925.00	697.09	12,960.08	26,553.00	349.13	12,080.58	27,372.00	347.96	48.24%	50.76%	49.92%
OBRA 14	20,194.18	48,684.00	609.49	18,178.35	36,808.00	458.67	2,015.83	11,876.00	150.82	9.98%	24.39%	24.75%
TOTAL	104,966.35	215,046.80	2,800.59	84,766.25	157,193.00	2,028.40	20,200.10	57,853.80	772.19	19.24%	26.90%	27.57%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 11:

Se realizó una corrida de las obras 3, 5, 8 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 22 Prueba caso 11

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 3	5,603.24	8,698.00	116.67	2,099.41	3,216.00	46.20	3,503.84	5,482.00	70.47	62.53%	63.03%	60.40%
OBRA 5	3,609.19	6,063.00	81.68	940.80	1,120.00	20.00	2,668.39	4,943.00	61.68	73.93%	81.53%	75.51%
OBRA 8	8,623.70	17,307.20	227.06	2,166.19	4,850.00	70.00	6,457.51	12,457.20	157.06	74.88%	71.98%	69.17%
TOTAL	17,836.13	32,068.20	425.41	5,206.40	9,186.00	136.20	12,629.73	22,882.20	289.21	70.81%	71.35%	67.98%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 12:

Se realizó una corrida de las obras 4, 6, 9, 10 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas
- Maquinarias en distintos lugares
- Mayor tiempo entre asignación de maquinarias

Tabla N° 23 Prueba caso 12

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 4	25,817.67	56,221.00	759.69	11,838.28	26,477.00	338.02	13,979.39	29,744.00	421.67	54.15%	52.91%	55.51%
OBRA 6	3,998.19	11,053.00	138.43	4,915.87	13,596.00	167.93	-917.68	-2,543.00	-29.50	-22.95%	-23.01%	-21.31%
OBRA 9	38,727.72	85,385.00	1,099.48	30,133.45	64,056.00	837.25	8,594.27	21,329.00	262.23	22.19%	24.98%	23.85%
OBRA 10	10,038.40	23,375.00	311.00	6,874.75	15,929.00	209.38	3,163.65	7,446.00	101.62	31.52%	31.85%	32.67%
TOTAL	78,581.98	176,034.00	2,308.60	53,762.35	120,058.00	1,552.58	24,819.63	55,976.00	756.02	31.58%	31.80%	32.75%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 13:

Se realizó una corrida de las obras 2, 4, 9 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 24 Prueba caso 13

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 2	24,683.54	51,685.70	653.19	10,048.02	16,437.60	215.10	14,635.52	35,248.10	438.09	59.29%	68.20%	67.07%
OBRA 4	25,817.67	56,221.00	759.69	15,756.49	37,614.00	475.97	10,061.18	18,607.00	283.72	38.97%	33.10%	37.35%
OBRA 9	38,727.72	85,385.00	1,099.48	30,340.30	64,056.00	837.25	8,387.42	21,329.00	262.23	21.66%	24.98%	23.85%
TOTAL	89,228.93	193,291.70	2,512.36	56,144.80	118,107.60	1,528.32	33,084.13	75,184.10	984.04	37.08%	38.90%	39.17%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 14:

Se realizó una corrida de las obras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 25 Prueba caso 14

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 13	25,040.66	53,925.00	697.09	10,998.05	22,997.00	305.10	14,042.61	30,928.00	391.99	56.08%	57.35%	56.23%
OBRA 14	20,194.18	48,684.00	609.49	15,429.12	35,096.00	437.33	4,765.06	13,588.00	172.16	23.60%	27.91%	28.25%
OBRA 15	21,891.83	39,100.00	513.31	17,940.81	34,124.00	437.43	3,951.02	4,976.00	75.88	18.05%	12.73%	14.78%
OBRA 16	2,588.59	12,339.00	160.97	2,486.08	5,332.00	71.93	102.51	7,007.00	89.04	3.96%	56.79%	55.31%
OBRA 17	14,520.31	31,768.00	421.83	7,385.48	17,028.00	226.02	7,134.83	14,740.00	195.81	49.14%	46.40%	46.42%
OBRA 18	2,504.49	4,127.00	54.65	435.40	560.00	10.00	2,069.09	3,567.00	44.65	82.62%	86.43%	81.70%
OBRA 19	8,085.14	13,672.00	166.54	6,953.24	11,575.00	149.83	1,131.90	2,097.00	16.71	14.00%	15.34%	10.03%
TOTAL	67,126.67	141,709.00	1,819.89	44,367.98	92,217.00	1,179.87	22,758.69	49,492.00	640.02	33.90%	34.93%	35.17%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 15:

Se realizó una corrida de las obras 8, 10, 14, 17 obteniendo resultados positivos.

Tabla N° 26 Prueba caso 15

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 8	8,623.70	17,307.20	227.06	2,199.12	4,850.00	70.00	6,424.58	12,457.20	157.06	74.50%	71.98%	69.17%
OBRA 10	10,038.40	23,375.00	311.00	5,295.83	12,535.00	163.82	4,742.57	10,840.00	147.18	47.24%	46.37%	47.33%
OBRA 14	20,194.18	48,684.00	609.49	18,178.35	36,808.00	458.67	2,015.83	11,876.00	150.82	9.98%	24.39%	24.75%
OBRA 17	14,520.31	31,768.00	421.83	6,101.99	14,416.00	193.80	8,418.32	17,352.00	228.03	57.98%	54.62%	54.06%
TOTAL	53,376.59	121,134.20	1,569.38	31,775.29	68,609.00	886.28	21,601.30	52,525.20	683.10	40.47%	43.36%	43.53%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 16:

Se realizó una corrida de las obras 4, 5, 6, 9, 20 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas
- Maquinarias en distintos lugares
- Mayor tiempo entre asignación de maquinarias

Tabla N° 27 Prueba caso 16

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 4	25,817.67	56,221.00	759.69	12,675.74	27,136.00	348.38	13,141.93	29,085.00	411.31	50.90%	51.73%	54.14%
OBRA 5	3,609.19	6,063.00	81.68	2,500.12	3,555.00	50.38	1,109.07	2,508.00	31.30	30.73%	41.37%	38.32%
OBRA 6	3,998.19	11,053.00	138.43	4,915.87	13,596.00	167.93	-917.68	-2,543.00	-29.50	-22.95%	-23.01%	-21.31%
OBRA 9	38,727.72	85,385.00	1,099.48	30,133.45	64,056.00	837.25	8,594.27	21,329.00	262.23	22.19%	24.98%	23.85%
OBRA 20	5,029.45	8,435.00	112.74	2,851.07	4,893.00	63.87	2,178.38	3,542.00	48.87	43.31%	41.99%	43.35%
TOTAL	77,182.22	167,157.00	2,192.02	53,076.25	113,236.00	1,467.82	24,105.97	53,921.00	724.20	31.23%	32.26%	33.04%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 17:

Se realizó una corrida de las obras 2, 3, 5, 6, 10, 11, 19 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas
- Maquinarias en distintos lugares
- Mayor tiempo entre asignación de maquinarias

Tabla N° 28 Prueba caso 17

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 2	24,683.54	51,685.70	653.19	26,283.75	47,822.00	622.50	-1,600.21	3,863.70	30.69	-6.48%	7.48%	4.70%
OBRA 3	5,603.24	8,698.00	116.67	2,099.42	3,219.00	45.80	3,503.82	5,479.00	70.87	62.53%	62.99%	60.74%
OBRA 5	3,609.19	6,063.00	81.68	1,154.95	1,626.00	25.57	2,454.24	4,437.00	56.11	68.00%	73.18%	68.70%
OBRA 6	3,998.19	11,053.00	138.43	5,134.94	13,596.00	167.93	-1,136.75	-2,543.00	-29.50	-28.43%	-23.01%	-21.31%
OBRA 10	10,038.40	23,375.00	311.00	6,672.60	14,732.00	193.45	3,365.80	8,643.00	117.55	33.53%	36.98%	37.80%
OBRA 11	4,701.22	11,770.00	155.60	2,050.87	4,749.00	65.02	2,650.35	7,021.00	90.58	56.38%	59.65%	58.22%
OBRA 19	8,085.14	13,672.00	166.54	4,842.60	7,730.00	102.63	3,242.54	5,942.00	63.91	40.10%	43.46%	38.37%
TOTAL	60,718.92	126,316.70	1,623.11	48,239.14	93,474.00	1,222.90	12,479.79	32,842.70	400.21	20.55%	26.00%	24.66%

Fuente: Elaboración Propia

Caso 18:

Se realizó una corrida de las obras 1, 4, 6, 10, 13, 16, 19 obteniendo algunos resultados negativos, estos resultados son debido a:

- Asignación de modelos de maquinarias distintas
- Maquinarias en distintos lugares
- Mayor tiempo entre asignación de maquinarias

Tabla N° 29 Prueba caso 18

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
OBRA 1	14,707.14	25,097.10	381.99	4,117.70	6,759.00	102.55	10,589.44	18,338.10	279.44	72.00%	73.07%	73.15%
OBRA 4	25,817.67	56,221.00	759.69	14,155.86	23,209.00	426.95	11,661.82	33,012.00	332.74	45.17%	58.72%	43.80%
OBRA 6	3,998.19	11,053.00	138.43	5,134.94	13,596.00	167.93	-1,136.75	-2,543.00	-29.50	-28.43%	-23.01%	-21.31%
OBRA 10	10,038.40	23,375.00	311.00	6,658.74	14,322.00	189.23	3,379.66	9,053.00	121.77	33.67%	38.73%	39.15%
OBRA 13	25,040.66	53,925.00	697.09	13,383.08	26,877.00	352.48	11,657.58	27,048.00	344.61	46.55%	50.16%	49.44%
OBRA 16	2,588.59	12,339.00	160.97	986.59	4,296.00	59.68	1,602.00	8,043.00	101.29	61.89%	65.18%	62.92%
OBRA 19	8,085.14	13,672.00	166.54	5,790.03	9,217.00	120.77	2,295.11	4,455.00	45.77	28.39%	32.58%	27.48%
TOTAL	90,275.79	195,682.10	2,615.71	50,226.93	98,276.00	1,419.60	40,048.86	97,406.10	1,196.11	44.36%	49.78%	45.73%

Fuente: Elaboración Propia

Como mencionamos, estos casos nos han servido para poder ajustar nuestra solución en referencia de las condiciones que tenemos, manejando las variables de costo, distancia y tiempo. Es importante mencionar que la explicación a detalle de los resultados se dará con el caso que contiene las 20 obras comparado con la información real.

Mediante el trabajo realizado, pudimos hacer la corrida de las 20 obras comparando con la información real y obtener los siguientes resultados.

A continuación se muestra los datos utilizados para realizar las pruebas:

Tabla N° 30 Datos Reales Vs Algoritmo

OBRAS	REAL			ALGORITMO		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
obra1	14,707.13	25,097.10	382.02	12,776.59	16,204.50	299.78
obra2	24,683.54	51,685.70	653.23	14,213.28	21,971.80	283.17
obra3	5,603.24	8,698.00	116.67	6,809.13	10,973.00	146.67
obra4	25,817.66	56,221.00	759.68	11,205.46	19,635.00	382.13
obra5	3,609.19	6,063.00	81.68	1,967.84	3,100.00	43.73
obra6	3,998.21	11,053.00	138.47	2,573.71	7,516.00	94.60
obra7	3,047.82	11,129.00	146.95	3,812.76	10,876.00	142.28
obra8	8,623.72	17,307.20	227.07	8,222.27	18,071.80	238.63
obra9	38,727.69	85,385.00	1,099.33	33,167.25	69,361.00	900.17
obra10	10,038.41	23,375.00	311.05	8,096.22	17,499.00	233.87
obra11	4,701.22	11,770.00	155.65	2,256.56	8,359.00	110.67
obra12	20,340.84	35,655.00	458.92	17,269.48	27,883.00	358.67
obra13	25,040.63	53,925.00	697.07	15,615.20	30,225.00	398.12
obra14	20,194.16	48,684.00	609.33	18,288.85	39,376.00	490.67
obra15	21,891.85	39,100.00	513.40	11,206.65	16,756.00	225.87
obra16	2,588.59	12,339.00	160.98	3,232.25	6,585.00	89.92
obra17	14,520.31	31,768.00	421.75	11,495.42	25,422.00	340.17
obra18	2,504.48	4,127.00	54.65	1,080.71	1,527.00	21.13
obra19	8,085.14	13,672.00	166.53	6,115.53	9,541.00	125.27
obra20	5,029.45	8,435.00	112.73	2,420.29	4,166.00	58.67
TOTAL	263,753.29	555,489.00	7,267.17	191,825.45	365,048.10	4,984.17

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Prueba de Funcionalidad

Las pruebas de funcionalidad consistieron en el diseño y ejecución de los diferentes casos de pruebas a través de la herramienta SOATEST. Los casos de pruebas se desarrollaron siguiendo los userstories, estos se detallan en el Documento de Casos de Pruebas.

4.1.3 Prueba de rendimiento

Para las pruebas de rendimiento o stress se utilizó la herramienta LOAD TEST en el cual se configuró las siguientes variables de inicio:

Tabla N° 31 Variables de Inicio en Load Test

Variables	Valor
Cantidad de Usuarios	3
Tiempo total de Ejecución de pruebas (horas)	5
Cantidad de Obras simuladas	100

Fuente: Elaboración Propia

Además para evaluar si las pruebas fueron exitosas o tuvieron fallas se configuró los factores de éxito o fracaso, las cuales son las siguientes:

Tabla N° 32 Cuadro de Factores de Éxito o Fracaso

Factores de éxito y fracaso	Valor
Sin fallas	Contador de fallas debe ser == 0
100% Éxito	Porcentaje de pérdida total debe ser ==0%
Tiempo de Servidor (mínimo)	Promedio del tiempo del servidor debe ser <200.0
Tasa de Coincidencia	Rendimiento final debe ser >= 10 hits por segundos.
Tiempo de ejecución (mínimo)	Promedio tiempo de ejecución (ms) debe ser <300

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Prueba de integridad

Para las pruebas de integridad se comparó la información almacenada en la base de datos con la información que muestra los diferentes reportes del aplicativo. Para que la prueba sea exitosa se debe tener el 99.97% de similitud de los datos como mínimo.

4.2. Resultado

De acuerdo a la ejecución de las pruebas realizadas a la aplicación se obtuvieron los siguientes resultados:

4.2.1. Resultado de algoritmo

Habiendo realizado la prueba de las 20 obras y comparado con los datos reales de cada obra, podemos decir que en términos generales hemos tenido un mejor resultado respecto a nuestras variables propuestas (costo, distancia y tiempo) la cual presentamos:

a) Costo

Total Real = S/. 263,753.29

Total Algoritmo = S/. 191,825.45

Se ha obtenido una variación positiva respecto a nuestra solución en términos absolutos monetarios de S/. 71,927.84 y en términos relativos de 27.27%.

b) Distancia

Total Real = 555,489.00 KM

Total Algoritmo = 365,048.10 KM

Se ha obtenido una variación positiva respecto a nuestra solución en términos absolutos kilómetros de 190,440.90 KM y en términos relativos de 34.28%.

c) Tiempo

Total Real = 7,267.17 H

Total Algoritmo = 4,984.17 H

Se ha obtenido una variación positiva respecto a nuestra solución en términos absolutos horas de 2,283.00 H y en términos relativos de 31.42%.

Para poder analizar los resultados que se ha obtenido y comprobar nuestras hipótesis, hemos realizado el método estadístico de Pruebas de los rangos con signo de Wilcoxon.

A continuación mostramos los resultados y comparaciones realizadas:

Tabla N° 33 Cuadro de comparación

OBRAS	REAL			ALGORITMO			DIFERENCIA CANTIDAD			DIFERENCIA PORCENTAJE		
	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO	COSTO	DISTANCIA	TIEMPO
obra1	14,707.13	25,097.10	382.02	12,776.59	16,204.50	299.78	1,930.54	8,892.60	82.23	13.13	35.43	21.53
obra2	24,683.54	51,685.70	653.23	14,213.28	21,971.80	283.17	10,470.26	29,713.90	370.07	42.42	57.49	56.65
obra3	5,603.24	8,698.00	116.67	6,809.13	10,973.00	146.67	-1,205.89	-2,275.00	-30.00	-21.52	-26.16	-25.71
obra4	25,817.66	56,221.00	759.68	11,205.46	19,635.00	382.13	14,612.20	36,586.00	377.55	56.60	65.08	49.70
obra5	3,609.19	6,063.00	81.68	1,967.84	3,100.00	43.73	1,641.35	2,963.00	37.95	45.48	48.87	46.46
obra6	3,998.21	11,053.00	138.47	2,573.71	7,516.00	94.60	1,424.50	3,537.00	43.87	35.63	32.00	31.68
obra7	3,047.82	11,129.00	146.95	3,812.76	10,876.00	142.28	-764.93	253.00	4.67	-25.10	2.27	3.18
obra8	8,623.72	17,307.20	227.07	8,222.27	18,071.80	238.63	401.45	-764.60	-11.57	4.66	-4.42	-5.09
obra9	38,727.69	85,385.00	1,099.33	33,167.25	69,361.00	900.17	5,560.44	16,024.00	199.17	14.36	18.77	18.12
obra10	10,038.41	23,375.00	311.05	8,096.22	17,499.00	233.87	1,942.18	5,876.00	77.18	19.35	25.14	24.81
obra11	4,701.22	11,770.00	155.65	2,256.56	8,359.00	110.67	2,444.66	3,411.00	44.98	52.00	28.98	28.90
obra12	20,340.84	35,655.00	458.92	17,269.48	27,883.00	358.67	3,071.36	7,772.00	100.25	15.10	21.80	21.84
obra13	25,040.63	53,925.00	697.07	15,615.20	30,225.00	398.12	9,425.43	23,700.00	298.95	37.64	43.95	42.89
obra14	20,194.16	48,684.00	609.33	18,288.85	39,376.00	490.67	1,905.31	9,308.00	118.67	9.43	19.12	19.47
obra15	21,891.85	39,100.00	513.40	11,206.65	16,756.00	225.87	10,685.20	22,344.00	287.53	48.81	57.15	56.01
obra16	2,588.59	12,339.00	160.98	3,232.25	6,585.00	89.92	-643.66	5,754.00	71.07	-24.87	46.63	44.15
obra17	14,520.31	31,768.00	421.75	11,495.42	25,422.00	340.17	3,024.89	6,346.00	81.58	20.83	19.98	19.34
obra18	2,504.48	4,127.00	54.65	1,080.71	1,527.00	21.13	1,423.78	2,600.00	33.52	56.85	63.00	61.33
obra19	8,085.14	13,672.00	166.53	6,115.53	9,541.00	125.27	1,969.61	4,131.00	41.27	24.36	30.22	24.78
obra20	5,029.45	8,435.00	112.73	2,420.29	4,166.00	58.67	2,609.16	4,269.00	54.07	51.88	50.61	47.96
TOTAL	263,753.29	555,489.00	7,267.17	191,825.45	365,048.10	4,984.17	71,928.00	190,441.00	2,283.00	27.27	34.28	31.42

Fuente: Elaboración Propia

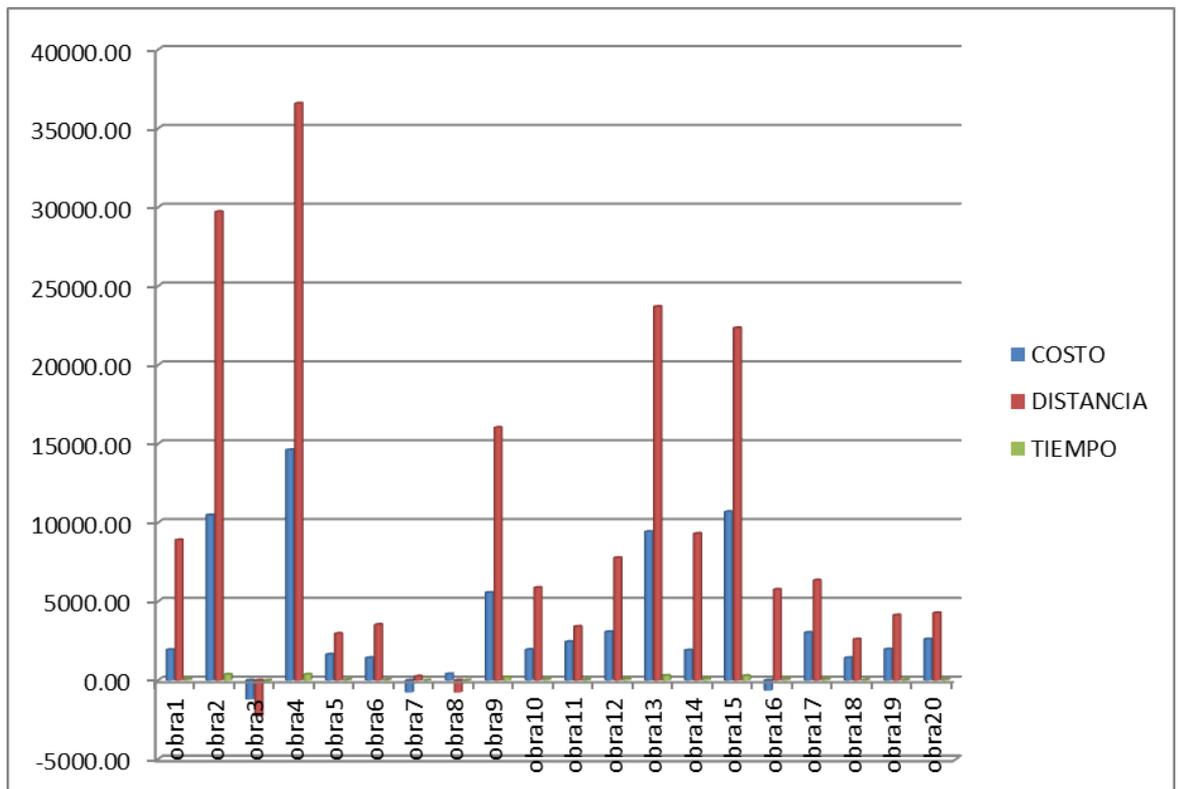


Figura N° 27 Gráfica según diferencia por cantidad

Fuente: Elaboración Propia

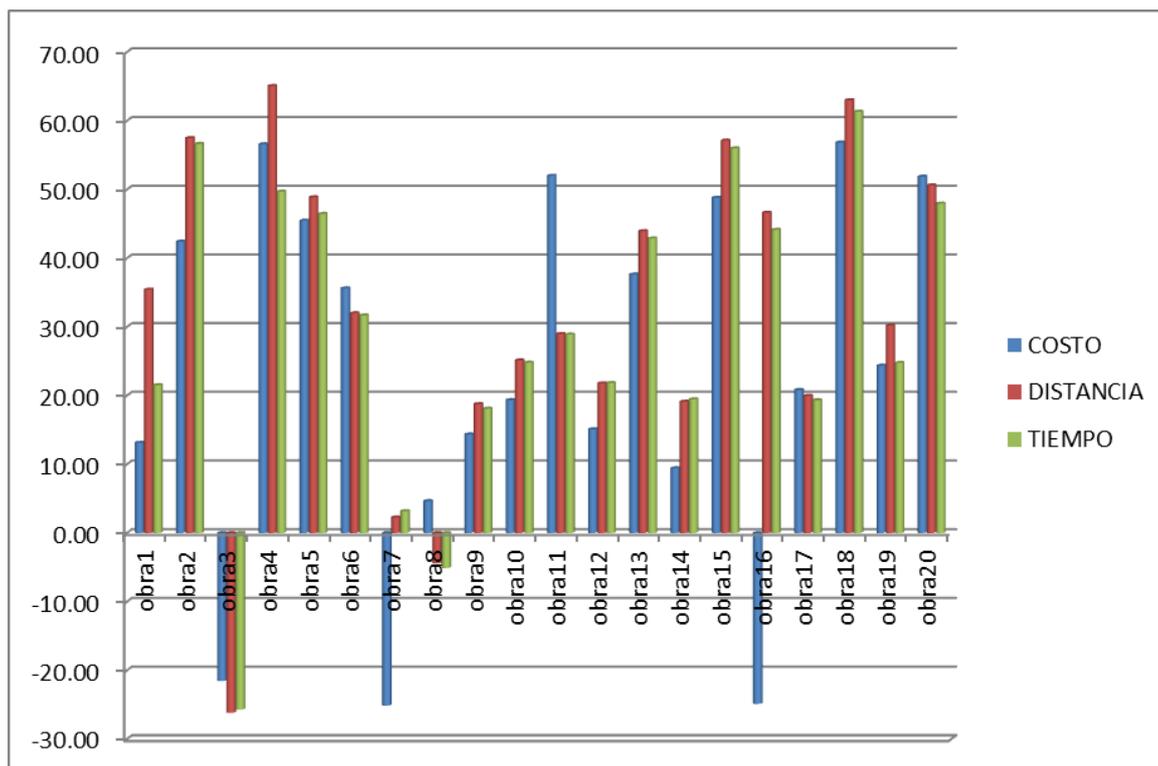


Figura N° 28 Gráfica según diferencia por porcentaje

Fuente: Elaboración Propia

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Nivel de significancia: 5%

d) Costo

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
CostoA - CostoR	Rangos negativos	17 ^a	11,82	201,00
	Rangos positivos	3 ^b	3,00	9,00
	Empates	0 ^c		
	Total	20		

a. CostoA < CostoR

b. CostoA > CostoR

c. CostoA = CostoR

Estadísticos de contraste^a

	CostoA - CostoR
Z	-3,584 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

Figura N° 29 Resultado del aplicativo SPSS- Costo

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

Si tenemos las siguientes hipótesis:

H1₀: El algoritmo no reducirá el costo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 25%.

H1₁: El algoritmo reducirá el costo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 25%.

Y nuestro resultado estadístico es:

$$p = 0,000338 < 0.05$$

Dado que nuestro p es menor que el nivel de significancia, entonces:

Aceptamos la hipótesis H1₁.

e) Distancia

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
DistanciaA - DistanciaR	Rangos negativos	20 ^a	10,50	210,00
	Rangos positivos	0 ^b	,00	,00
	Empates	0 ^c		
	Total	20		

a. DistanciaA < DistanciaR

b. DistanciaA > DistanciaR

c. DistanciaA = DistanciaR

Estadísticos de contraste^a

	DistanciaA - DistanciaR
Z	-3,920 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

Figura N° 30 Resultado del aplicativo SPSS- Distancia

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

Si tenemos las siguientes hipótesis:

H₂₀: El algoritmo no reducirá la distancia de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 25%.

H₂₁: El algoritmo reducirá la distancia de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 25%.

Y nuestro resultado estadístico es:

$$p = 0,000089 < 0.05$$

Dado que nuestro p es menor que el nivel de significancia, entonces:

Aceptamos la hipótesis H₂₁.

f) Tiempo

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
TiempoA - TiempoR	Rangos negativos	18 ^a	11,39	205,00
	Rangos positivos	2 ^b	2,50	5,00
	Empates	0 ^c		
	Total	20		

a. TiempoA < TiempoR

b. TiempoA > TiempoR

c. TiempoA = TiempoR

Estadísticos de contraste^a

	TiempoA - TiempoR
Z	-3,733 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

Figura N° 31 Resultado del aplicativo SPSS- Tiempo

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

Si tenemos las siguientes hipótesis:

H3₀: El algoritmo no reducirá el tiempo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 25%.

H3₁: El algoritmo reducirá el tiempo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 25%.

Y nuestro resultado estadístico es:

$$p = 0,000189 < 0.05$$

Dado que nuestro p es menor que el nivel de significancia, entonces:

Aceptamos la hipótesis H3₁.

Justificación de resultados negativos

Para una mejor explicación se ha definido las siguientes condiciones:

- Color amarillo: El caso real ha superado al caso del algoritmo.
- Color verde: El caso del algoritmo ha superado al caso real.
- Color blanco: No hay existe ninguna diferencia.
- Color rojo: Motivo por el cual ha habido una variación.

- **Resultados negativos costos**

Obra 3

Podemos notar que existe una variación entre el caso real y caso del algoritmo en términos absolutos monetarios de S/. 1205.89 y en términos relativos de 21.52%

A continuación se muestra las diferencias (Ver anexo 1).

Obra 7

Podemos notar que existe una variación entre el caso real y caso del algoritmo en términos absolutos monetarios de S/. 764.93 y en términos relativos de 25.10%

A continuación se muestra las diferencias (Ver anexo 2).

Obra 16

Podemos notar que existe una variación entre el caso real y caso del algoritmo en términos absolutos monetarios de S/. 643.66 y en términos relativos de 24.87%

A continuación se muestra las diferencias (Ver anexo 3).

- **Resultados negativos distancia**

Obra 3

Podemos notar que existe una variación entre el caso real y caso del algoritmo en términos absolutos kilómetros de 2275.00 km. y en términos relativos de 26.16%

A continuación se muestra las diferencias (Ver anexo 4).

Obra 8

Podemos notar que existe una variación entre el caso real y caso del algoritmo en términos absolutos kilómetros de 764.60 km. y en términos relativos de 4.42%

A continuación se muestra las diferencias (Ver anexo 5).

- **Resultados negativos tiempo**

Obra 3

Podemos notar que existe una variación entre el caso real y caso del algoritmo en términos absolutos horas de 30 h. y en términos relativos de 25.71%

A continuación se muestra las diferencias (Ver anexo 6).

Obra 8

Podemos notar que existe una variación entre el caso real y caso del algoritmo en términos absolutos horas de 11.57 h. y en términos relativos de 5.09%

A continuación se muestra las diferencias (Ver anexo 7).

4.2.2. Resultado de pruebas de funcionalidad

Los resultados para las pruebas de funcionalidad se agruparon de acuerdo a la ejecución de los casos de prueba, los cuales son los siguientes:

Tabla N° 34 Resultados de Casos de Pruebas

Caso de prueba	Responsable	Fecha de Ejecución	Resultado
Simulación de asignación de maquinarias	Juan Rivera	05/11/2014	OK
Mantenimiento de maquinarias	Alonso Santillan	05/11/2014	OK

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al cuadro anterior se puede concluir que las pruebas de funcionalidad del proyecto fueron exitosas.

4.2.3. Resultado de pruebas de rendimiento

Los resultados que se obtuvieron en la ejecución de las pruebas de rendimiento a través del Load Test son las siguientes:

Tabla N° 35 Resultados de Pruebas de Stress

Factores de éxito o fracaso	Valor Esperado	Valor	Resultado
Sin fallas	==0	Contador de fallas debe ser == 0	OK
100% Éxito	==0%	Porcentaje de pérdida total debe ser ==0%	OK
Tiempo de Servidor (mínimo)	<200.0	Promedio del tiempo del servidor debe ser <200.0	OK
Tasa de Coincidencia	>=10	Rendimiento final debe ser >= 10 hits por segundos.	OK
Tiempo de ejecución (mínimo)	<300	Promedio tiempo de ejecución (ms) debe ser<300	OK

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro anterior se observa que las pruebas de rendimiento estuvieron dentro del rango óptimo establecido con lo cual se concluye que las pruebas fueron exitosas.

4.2.4. Resultado de pruebas de integridad

Mediante sentencias SQL se obtuvo la información de la base datos con cual se comparó con los diferentes reportes y se obtuvo el siguiente resultado:

- En los campos de texto los datos coinciden en un 99.999%

- En los campos numéricos los datos coinciden en un 99.987%
- En los campos de fechas coinciden en un 99.999%

Se puede concluir que las pruebas de integridad de datos fueron exitosas.

4.2.5. Semejanzas y diferencias de algoritmos de optimización

Para llevar a cabo las semejanzas y diferencias de los algoritmos de optimización se analizaron el algoritmo de Húngaro y Gutza, donde se realizaron simulación con la data actual tal como se realizó para el algoritmo creado. (Ver anexo 9).

Tabla N° 36 Comparativo de algoritmos de optimización

Semejanza/Diferencia	Algoritmo de asignación de maquinaria a obras de la empresa CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	Algoritmo Húngaro	Algoritmo Gupta
Orden de complejidad	O(n2)	O(n3)	O(n2)
Tipo de recursión	Recursión indirecta	Recursión directa	Recursión indirecta
Tipos de problemas a solucionar	No Polinómica	Polinómica	No Polinómica
Tipo de algoritmo	Secuencial/Paralelo	Secuencial	Secuencial
Niveles del algoritmo	3	1	1
Variables iniciales	Obras / Fases / Maquinarias / Fechas / Costo / Distancia / Tiempo	Obras / Maquinarias / Distancia	Obras / Maquinarias / Tiempo
Servicios utilizados	Google maps	Ninguno	Ninguno
Escalabilidad	Si	No	No
Facilidad de uso	Algoritmo fácil de implementar	Algoritmo fácil de implementar	Algoritmo con dificultad de implementar
Resultado reducción de costo de desplazamiento	31.42%.	-	-
Resultado reducción de distancia de desplazamiento	34.28%.	13.39%	-
Resultado reducción de tiempo de desplazamiento	31.42%.	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Sorett,I (2011) mencionó que el algoritmo Húngaro modela un problema de asignación como una matriz de costes $n \times m$, donde cada elemento representa el coste de asignar el n ésimo trabajador al m ésimo trabajo. Este algoritmo se usa para resolver problemas de minimización, ya que es más eficaz que el empleado para resolver el problema del transporte por el alto grado de degeneración que pueden presentar los problemas de asignación. El problema de asignación tiene que ver con la asignación de

tareas a empleados, de territorios a vendedores, de contratos a postores o de trabajos a plantas. Al aplicar el método de transporte y el método de asignación la gerencia está buscando una ruta de distribución o una asignación que optimizará algún objetivo; éste puede ser la minimización del costo total, la maximización de las utilidades o la minimización del tiempo total involucrado.

Restrepo, K. (2011), explicó que el algoritmo Gupta es un método el cual es similar al de Palmer, excepto que él define los índices de una manera diferente, tomando dentro de la cuenta unos interesantes hechos de la optimización de la regla de Johnson para el problema de tres máquinas. El algoritmo de Gupta para resolver un problema de programación de n tareas a través de m máquinas. El objetivo es dar un mejor resultado de la medida de desempeño que frecuentemente se utiliza es la optimización del tiempo total de proceso de todas las tareas o trabajos en todas las maquinarias.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y APLICACIÓN

5.1. Discusión

Esta investigación tuvo como propósito desarrollar una solución para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. que mejore la asignación en base a costo, tiempo y distancia.

El beneficio obtenido por la empresa ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES SAC con el uso de la solución ofrecida es una disminución de los costos en combustible a través de la asignación de las máquinas (distancia y tiempo). Para evidenciar con exactitud el éxito de la solución ofrecida fue necesario medir el costo, tiempo y distancia de una muestra de 20 obras con un rango tiempo de 2 años.

De los resultados obtenidos en esta investigación, según la relación variable e hipótesis, podemos decir lo siguiente:

Tabla N° 37 Cuadro comparativo Hipótesis

VARIABLE	HIPOTESIS	RESULTADO CANT.	RESULTADO %
Costo	25.00%	71,928.00	27.27%
Distancia	25.00%	190,441.00	34.28%
Tiempo	25.00%	2,283.00	31.42%

Fuente: Elaboración Propia

Podemos notar que aplicando nuestra solución, se ha logrado un mejor resultado respecto a la información recabada de la empresa ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES SAC (justificado estadísticamente mediante la Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon). A continuación mostramos los resultados:

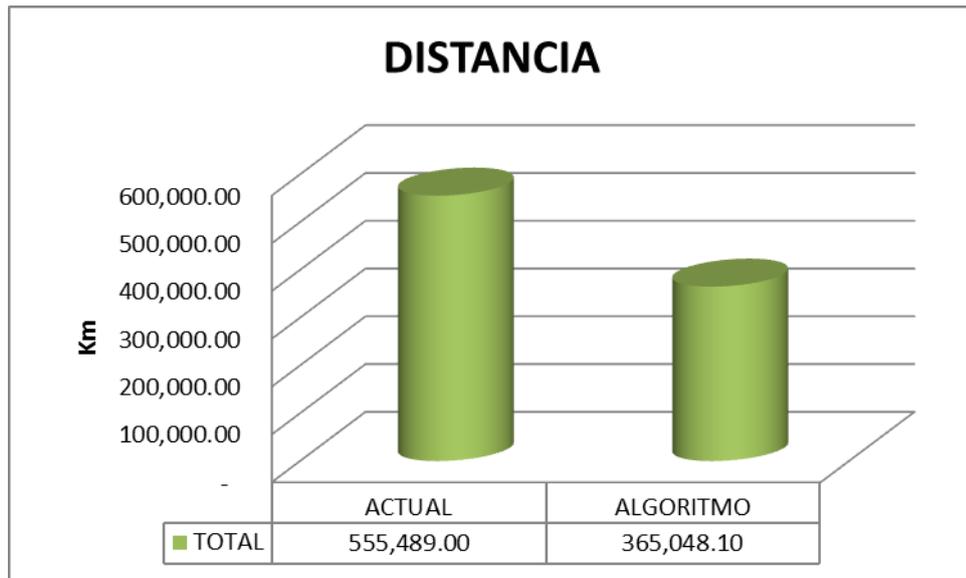


Figura N° 32 Comparación a nivel Distancia Real VS Algoritmo

Fuente: Elaboración Propia

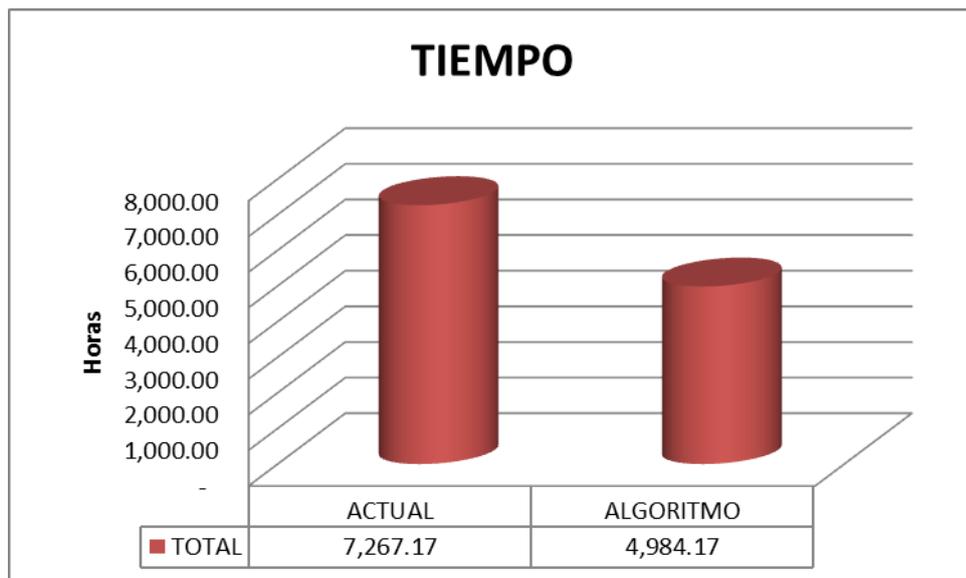


Figura N° 33 Comparación a nivel Tiempo Real VS Algoritmo

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Aplicación

El presente proyecto tuvo como alcance el desarrollo de una solución de asignación de maquinarias para el proceso de asignación. Es importante mencionar que la arquitectura diseñada es flexible y escalable permitiendo la incorporación de datos de otras áreas de la organización.

Si bien el algoritmo creado se ha construido utilizando datos de una empresa en específico, es posible adaptarlo fácilmente para ser utilizado por otras organizaciones que necesiten optimizar la asignación de sus recursos. Hay empresas que manejan un mayor número de maquinarias de lo que nuestras pruebas han contemplado pero, por la facilidad con que se puede adaptar el modelo y el fácil manejo del software posible satisfacer cualquier requerimiento, además de trabajar con un mayor número de variables. Dejamos a disposición de las organizaciones de realizar ajustes o variaciones al modelo planteado, como por ejemplo, preferencias de entrega de algunas maquinarias a obras, trabajando con diferentes fechas de entrega, prioridades o pesos a cada maquinaria.

Es así que este modelo es aplicable a todo sistema que requiera un programa de asignación de recursos como: máquinas, personal y otros, es por este motivo que nuestro modelo va más allá del sector construcción y puede enfocarse también en otros sectores.

CONCLUSIONES

Primera: Para la realización de un estudio de este tipo no se necesita grandes inversiones económicas ni tecnológicas, pues contando con recursos limitados se ha logrado desarrollar el presente trabajo, el cual es brindar una herramienta útil y necesaria para que las organizaciones puedan optimizar la utilización de sus recursos, maximizar sus contribuciones y de esta manera cumplir con sus obligaciones como tal.

Segunda: Se ha logrado desarrollar un algoritmo para solucionar el problema de costo de desplazamiento de asignación de maquinarias a obras civiles donde existen restricciones de distancia y tiempo. Los resultados han demostrado que estos problemas pueden ser resueltos eficientemente mediante métodos heurísticos.

Tercera: Comparando los resultados obtenidos según la asignación de manera manual por la empresa ARAMSA Contratistas Generales S.A.C. y nuestra solución, se obtuvieron las siguientes conclusiones importantes:

Se puede observar que Nuestra solución reducirá el costo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles en 27.27%, además de reducir la distancia de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 34.28% y finalmente reducir el tiempo de desplazamiento de asignación de maquinarias en obras civiles por lo menos en 31.42%.

Por consiguiente podemos decir que nuestra solución garantiza una reducción de costos asignación de maquinarias a obras civiles de forma eficiente.

- Cuarta:** La investigación realizada es un punto de partida para comprender la importancia de la adecuada administración de asignación de maquinarias a obras y se entenderá porque el control es significativo para que las empresas tengan fortalezas en sus capacidades competitivas.
- Quinta:** Se concluye que el proyecto descrito, desarrolló un sistema de información web, necesaria para asignación de maquinarias a obras de construcción, logrando un óptimo registro y seguimiento de las maquinarias.
- Sexta:** El motivo principal del presente estudio ha sido presentar el uso de una de las herramientas útiles y necesarias para que las organizaciones puedan optimizar la utilización de sus recursos y maximizar sus contribuciones, de esta manera puedan también cumplir con sus obligaciones tanto internas como externas, así mismo competir en el mercado exigente de hoy.
- Séptima:** Se ha logrado desarrollar un algoritmo tiene una orden de complejidad cuadrática.

RECOMENDACIONES

- Primera:** Los usuarios de negocio deben realizar exploraciones de la información disponible con la finalidad de descubrir formas de optimizar sus procesos o mejorar el cumplimiento de sus metas.
- Segunda:** De las metodologías ágiles como la utilizada en el presente proyecto, Scrum permite que el desarrollo se vaya realizando con prioridades establecidas por el mismo cliente, los plazos que establece la metodología son cortos, lo cual ayuda a que el desarrollo y finalización del proyecto sea en el menor tiempo posible, además se realiza entregas pequeñas de acuerdo a lo establecido con el cliente lo cual facilita realizar un seguimiento de los avances del proyecto.
- Tercera:** Se debe emplear un servidor Active Directory para manejar el tema de perfiles de acceso.
- Cuarta:** Es importante implementar logs de auditoría que registre la información relacionada con la modificación de los archivos asociados al aplicativo.
- Quinta:** Si bien el algoritmo creado se ha construido utilizando datos de una empresa, es posible adaptarlo fácilmente para ser utilizado por otras organizaciones que necesiten optimizar la asignación de sus recursos.
- Sexta:** Hay empresas que manejan mucho más máquinas pero, por la facilidad con que se puede adaptar el modelo y el fácil manejo del software es posible ampliar a más las variables de trabajo. Se podría hacer algunos ajustes o variaciones al modelo planteado, como por ejemplo, preferencias de entrega de algunas máquinas algunos de los obras, trabajando con diferentes fechas de entrega, prioridades o pesos a cada máquina.

Séptima: Es así que este modelo es aplicable a todo sistema que requiera un programa de asignación de recursos como: máquinas, personal y otros por lo que va más allá del sector construcción y puede enfocarse también en el sector servicios.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Álvarez, A. (2011). *Métodos Ágiles y SCRUM*. Madrid: Anaya Multimedia.
- Araujo, C. (2010). *Procesos operativos*. Recuperado EL 12 de Agosto del 2014 desde http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3332/1/araujo_cr.pdf
- AsprovaCorporation(2008). *Asignación eficiente de máquinas por la programación de producción*. Recuperado el 22 de Agosto de 2014 desde http://kaizenqa.sakura.ne.jp/lean_manufacturing_japan_es/improve/cuales_son_los_metodos_eficace.html
- Bautista,M. (2007). *El proceso proyecto-construcción: aplicación a la ingeniería civil*.Pontificia Universidad Javeriana de Colombia.
- Bellini, F. (2004). *Investigación de Operaciones*. Recuperado el 22 de Agosto de 2014 desdehttp://www.investigacion-operaciones.com/modelo_de_transporte.htm
- Chavarry,C. (2010). *Control de costos en obras de construcción civil*. Recuperado el 22 de Agosto de 2014 desde http://cybertesis.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/335/1/chavarry_cm.pdf
- Cohn, M. (2010).*Succeeding with Agile: Software Development using SCRUM*.USA: Pearson Education.
- Kathryn, A. (2010). *Heuristic design and fundamentals of the Simulated Annealing*.Recuperado el 21 de Agosto del 2014 desde<http://aepia.lcc.uma.es/index.php/ia/article/viewFile/718/710>
- León, S. M., Díaz, K. R., y Orendain, M. C. (2007). *Utilización del modelo de transporte para la asignación de trabajos a máquinas considerando prioridades*. *Ingeniería*, 11(2), p.47-65.

- Lourenço, H.R. (2002). *Heurísticas adaptativas para el problema de asignación generalizada (Adaptiveheuristicsforthe generalizedassignmentproblem)*. Recuperado el 24 de Agosto del 2014 desde http://www.econ.upf.edu/~ramalhin/PDFfiles/2002_AEB.pdf.
- Medina, L. (2007). *Utilización del modelo de transporte para la asignación de trabajos a máquinas considerando prioridades*. Recuperado el 29 de Agosto del 2014 desde <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46711206>
- MINTRA (2010). *Boletín de estadísticas ocupacionales. Ministerio de Trabajo y promoción del empleo*. Recuperado el 22 de Agosto de 2014 desde <http://www.mintra.gob.pe/archivos/file/estadisticas/peel/beo/BE O2010-III-6.pdf>
- Mony, R. y Noe, R. (2008). *Administración de recursos Humanos*. (9na ed.) México: Pearson.
- Moreno, F., Marthe, H. y Rebolledo, Y. (2010). *Cómo escribir textos académicos según normas internacionales: APA, IEEE, MLA, VANCOUVER e ICONTEC*. México: Santino.
- Moya, M. J. (2008). *Transporte Y Asignación Investigación de Operaciones 2*. Costa Rica: EUNED.
- Muñoz, C. (1998). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. México: Pearson Education.
- Opaso, J. (2012). *Sector Construcción: Chile, Perú y Colombia*. Recuperado el 22 de Agosto del 2014 desde http://www.larrainvial.com/Content/descargas/productos/seminario_la_rain/chile/2012/enero/01-Jorge_Opaso.pdf
- Ramírez, R. (2010). *Proyecto de Investigación, Cómo se hace una tesis*. Lima: Fondo Editorial Toribio.

- Ramos, A. (2010). *Modelos Matemáticos de optimización*. Recuperado el 30 de Agosto del 2014 desde http://www.gams.com/docs/contributed/modelado_en_gams.pdf
- Robusté, F. (2009). *Logística del transporte*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Sánchez, D. (2012). *Resolviendo Problemas de Asignación Generalizada (PAG) con Métodos exactos y Aproximados*. Recuperado el 30 de Agosto del 2014 desde http://cecip.upaep.mx/conacyt/memorias2012/cd/documents/05_03.pdf
- Sarabia, A. (1996). *La investigación operativa: una herramienta para la adopción de decisiones*. España: Universidad Madrid Editorial.
- Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones*. México: Pearson Educación.
- Tokeshi, A. (2011). *Planifique, desarrolle y apruebe su tesis*. Lima: Fondo Editorial.
- UDEP. (2011). *Capítulo I: Análisis del sector construcción*. Universidad de Piura. Recuperado el 27 de Agosto de 2014 desde http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_97_204_59_903.pdf
- Vivanco, E. (2010). *Elementos para la determinación del costo horario de los equipos y la maquinaria del sector construcción*. Recuperado el 22 de Agosto del 2014 desde http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_tecnica_calculo_costo.pdf
- Wayne, L. W. (2006). *Investigación de operaciones y aplicación de algoritmos*. México: Ed Thomson.

ANEXOS

Anexo N° 1 Resultado caso 1

REAL											ALGORITMO										
Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta	Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta
OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)	02/01/2014	16/02/2014	2	11121.66	199.43	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)	02/01/2014	16/02/2014	1	14732.94	253.33	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)	02/01/2014	16/02/2014		0	0	0	0		OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)	02/01/2014	16/02/2014	2	11121.66	898.73	1310	17.35	Viene desde: OBRA 12, con 1,310 Km. en 17 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	EICAVADORA DE ORUGAS	02/01/2014	16/02/2014	4	12851.04	264.11	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	EICAVADORA DE ORUGAS	02/01/2014	16/02/2014	3	12851.04	264.11	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TANDEM	02/01/2014	16/02/2014	39	986.46	145.53	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TANDEM	02/01/2014	16/02/2014	39	986.46	145.53	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TANDEM	02/01/2014	16/02/2014	40	986.46	392.49	783	10.38333333	Viene desde: OBRA 6, con 783 Km. en 10 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TANDEM	02/01/2014	16/02/2014	40	986.46	145.53	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TANDEM	02/01/2014	16/02/2014	43	2167.26	102.41	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TANDEM	02/01/2014	16/02/2014	41	976.62	145.53	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	VEROAPIZONADOR	02/01/2014	16/02/2014	45	596.6	80.85	268	3.85	Viene desde: La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	VEROAPIZONADOR	02/01/2014	16/02/2014	44	596.6	417.55	1502	19.88333333	Viene desde: OBRA 9, con 1,502 Km. en 20 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	CARGADOR FRONTAL SOBRE NEUMATICOS	02/01/2014	16/02/2014	49	17719.38	923.02	1310	17.35	Viene desde: OBRA 12, con 1,310 Km. en 17 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	CARGADOR FRONTAL SOBRE NEUMATICOS	02/01/2014	16/02/2014	49	17719.38	923.02	1310	17.35	Viene desde: OBRA 12, con 1,310 Km. en 17 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION VOLQUETE	17/02/2014	04/03/2014	72	5717.7	671.71	1494	19.76666667	Viene desde: OBRA 2, con 1,494 Km. en 20 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION VOLQUETE	17/02/2014	04/03/2014	67	4056.3	732.55	1021	13.41666667	Viene desde: OBRA 14, con 1,021 Km. en 13 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION CISTERNA	17/02/2014	04/03/2014	74	4401.9	1023.913333	1494	19.76666667	Viene desde: OBRA 2, con 1,494 Km. en 20 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION CISTERNA	17/02/2014	04/03/2014	73	4399.2	1023.913333	1494	19.76666667	Viene desde: OBRA 2, con 1,494 Km. en 20 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	17/02/2014	04/03/2014	81	3528.9	1134.666667	1494	19.76666667	Viene desde: OBRA 2, con 1,494 Km. en 20 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	17/02/2014	04/03/2014	84	5337	968.5666667	1494	19.76666667	Viene desde: OBRA 2, con 1,494 Km. en 20 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	17/02/2014	04/03/2014	85	3787.2	465.1733333	783	10.38333333	Viene desde: OBRA 6, con 783 Km. en 10 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	17/02/2014	04/03/2014	85	3787.2	860.7733333	1502	19.88333333	Viene desde: OBRA 9, con 1,502 Km. en 20 hrs.

Anexo N° 2 Resultado caso 2

REAL											ALGORITMO										
Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta	Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta
OBRA 7	PARTIDA 1	EXCAVADORA DE ORUGAS	01/11/2013	16/12/2013	7	14113.44	1185.03	1306	17.1	Viene desde: OBRA 9, con 1,306 Km. en 17hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	EXCAVADORA DE ORUGAS	01/11/2013	16/12/2013	6	11979.36	1376.55	1306	17.1	Viene desde: OBRA 9, con 1,306 Km. en 17hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	EXCAVADORA DE ORUGAS	01/11/2013	16/12/2013		0	0	0	0		OBRA 7	PARTIDA 1	EXCAVADORA DE ORUGAS	01/11/2013	16/12/2013		0	0	0	0	
OBRA 7	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	01/11/2013	16/12/2013	31	198.72	32.375	107	1.85	Viene desde: La empresa local, con 107 Km. en 2hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	01/11/2013	16/12/2013	31	198.72	217.5833333	963	12.43333333	Viene desde: OBRA 14, con 963 Km. en 12 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	01/11/2013	16/12/2013	30	200.88	226.2866667	963	12.43333333	Viene desde: OBRA 14, con 963 Km. en 12 hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	01/11/2013	16/12/2013	30	200.88	226.2866667	963	12.43333333	Viene desde: OBRA 14, con 963 Km. en 12 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	01/11/2013	16/12/2013	29	200.88	311.22	1306	17.1	Viene desde: OBRA 9, con 1,306 Km. en 17hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	01/11/2013	16/12/2013	32	200.88	234.612	1306	17.1	Viene desde: OBRA 9, con 1,306 Km. en 17hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	PLANTA TRITURADORA	01/11/2013	16/12/2013	63	24455.52	957.6	1306	17.1	Viene desde: OBRA 9, con 1,306 Km. en 17hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	PLANTA TRITURADORA	01/11/2013	16/12/2013	63	24455.52	696.2666667	963	12.43333333	Viene desde: OBRA 14, con 963 Km. en 12 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	TRACTOR REPOLOCADOR	01/11/2013	16/12/2013	84	16748.64	84.175	107	1.85	Viene desde: La empresa local, con 107 Km. en 2hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	TRACTOR REPOLOCADOR	01/11/2013	16/12/2013	83	16619.04	679.7366667	1298	16.98333333	Viene desde: OBRA 2, con 1298 Km. en 9 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	01/11/2013	16/12/2013	102	1080	5.18	107	1.85	Viene desde: La empresa local, con 107 Km. en 2hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	01/11/2013	16/12/2013	102	747.36	26.36666667	725	5.416666667	Viene desde: OBRA 6, con 725 Km. en 9 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	01/11/2013	16/12/2013	104	814.32	47.53333333	1298	16.98333333	Viene desde: OBRA 2, con 1,298 Km. en 17hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	01/11/2013	16/12/2013	103	747.36	26.36666667	725	5.416666667	Viene desde: OBRA 6, con 725 Km. en 9 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	01/11/2013	16/12/2013	108	664.48	47.53333333	1298	16.98333333	Viene desde: OBRA 2, con 1,298 Km. en 17hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	01/11/2013	16/12/2013	108	664.48	26.36666667	725	5.416666667	Viene desde: OBRA 6, con 725 Km. en 9 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	01/11/2013	16/12/2013	111	257.04	34.81333333	963	12.43333333	Viene desde: OBRA 14, con 963 Km. en 12 hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	01/11/2013	16/12/2013	109	174.96	26.36666667	725	5.416666667	Viene desde: OBRA 6, con 725 Km. en 9 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	01/11/2013	16/12/2013	112	270	34.81333333	963	12.43333333	Viene desde: OBRA 14, con 963 Km. en 12 hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	01/11/2013	16/12/2013	110	211.68	34.81333333	963	12.43333333	Viene desde: OBRA 14, con 963 Km. en 12 hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	GRUPO ELECTROGENO	01/11/2013	16/12/2013	127	2147.68	47.53333333	1298	16.98333333	Viene desde: OBRA 2, con 1,298 Km. en 17hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	GRUPO ELECTROGENO	01/11/2013	16/12/2013	126	1105.92	5.18	107	1.85	Viene desde: La empresa local, con 107 Km. en 2hrs.
OBRA 7	PARTIDA 1	CAMIONETA PICKUP	01/11/2013	16/12/2013	186	7000.56	33.67	107	1.85	Viene desde: La empresa local, con 107 Km. en 2hrs.	OBRA 7	PARTIDA 1	CAMIONETA PICKUP	01/11/2013	16/12/2013	182	8408.88	36.26	107	1.85	Viene desde: La empresa local, con 107 Km. en 2hrs.

Anexo N° 3 Resultado caso 3

REAL										ALGORITMO											
Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta	Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta
OBRA 16	PARTIDA 1	ENCHADORA DE ORUGAS	02/01/2015	02/04/2015	7	30187.08	135.135	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	ENCHADORA DE ORUGAS	02/01/2015	02/04/2015	7	30187.08	1011.78	1113	14.6	Viene desde: OBRA 2, con 1.113 Km. en 15 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	ENCHADORA DE ORUGAS	02/01/2015	02/04/2015	6	25622.52	156.975	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	ENCHADORA DE ORUGAS	02/01/2015	02/04/2015	6	25622.52	1538.891667	1509	19.11666667	Viene desde: OBRA 15, con 1.509 Km. en 20 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	02/01/2015	02/04/2015	32	429.66	200.312	1113	14.6	Viene desde: OBRA 2, con 1.113 Km. en 15 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	02/01/2015	02/04/2015	32	429.66	26.754	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	02/01/2015	02/04/2015	33	429.66	200.312	1113	14.6	Viene desde: OBRA 2, con 1.113 Km. en 15 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	02/01/2015	02/04/2015	33	429.66	200.312	1113	14.6	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	02/01/2015	02/04/2015	29	429.66	35.49	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	02/01/2015	02/04/2015	30	429.66	35.49	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	02/01/2015	02/04/2015	31	425.04	34.125	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	02/01/2015	02/04/2015	31	425.04	34.125	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	PLANTA TRITURADORA	02/01/2015	02/04/2015	63	52307.64	109.2	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	PLANTA TRITURADORA	02/01/2015	02/04/2015	63	52307.64	109.2	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 124 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	TRACTOR ESPALCADOR	02/01/2015	06/01/2015	94	1550.8	869.8083333	509	15.19666667	Viene desde: OBRA 15, con 509 Km. en 31 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	TRACTOR ESPALCADOR	02/01/2015	06/01/2015	94	1550.8	58.725	124	1.95	Viene desde: OBRA 15, con 509 Km. en 31 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	02/01/2015	02/04/2015	104	1741.74	27.83333333	784	9.983333333	Viene desde: OBRA 10, con 784 Km. en 13 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	02/01/2015	02/04/2015	107	2310	5.46	124	1.95	Viene desde: OBRA 13, con 124 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	02/01/2015	02/04/2015	105	2310	27.83333333	784	9.983333333	Viene desde: OBRA 10, con 784 Km. en 13 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	02/01/2015	02/04/2015	105	2310	16.52	437	5.9	Viene desde: OBRA 13, con 437 Km. en 5 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	02/01/2015	02/04/2015	103	1598.52	27.83333333	784	9.983333333	Viene desde: OBRA 10, con 784 Km. en 13 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	02/01/2015	02/04/2015	106	2310	16.52	437	5.9	Viene desde: OBRA 13, con 437 Km. en 5 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	02/01/2015	02/04/2015	113	577.5	16.52	437	5.9	Viene desde: OBRA 15, con 437 Km. en 4 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	02/01/2015	02/04/2015	110	452.76	5.46	124	1.95	Viene desde: OBRA 15, con 124 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	02/01/2015	02/04/2015	108	351.12	7.98	202	2.85	Viene desde: OBRA 7, con 202 Km. en 3 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	02/01/2015	02/04/2015	111	549.78	5.46	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 204 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	02/01/2015	02/04/2015	109	374.02	42.14	1199	15.05	Viene desde: OBRA 4, con 1.199 Km. en 15 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	02/01/2015	02/04/2015	115	619.84	5.46	124	1.95	Viene desde: OBRA 11, con 204 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	GRUPO ELECTROGENO	02/01/2015	02/04/2015	121	2892.38	40.88	1113	14.6	Viene desde: OBRA 2, con 1.113 Km. en 15 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	GRUPO ELECTROGENO	02/01/2015	02/04/2015	120	1496.38	6.252222222	153	2.222222222	Viene desde: La empresa local, con 153 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	GRUPO ELECTROGENO	02/01/2015	02/04/2015	122	2873.64	40.88	1113	14.6	Viene desde: OBRA 2, con 1.113 Km. en 15 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	GRUPO ELECTROGENO	02/01/2015	02/04/2015	123	4219.7	16.52	437	5.9	Viene desde: OBRA 13, con 437 Km. en 5 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	CAMIONETA PICK UP	02/01/2015	02/04/2015	125	21801.78	251.58	784	9.983333333	Viene desde: OBRA 10, con 784 Km. en 13 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	CAMIONETA PICK UP	02/01/2015	02/04/2015	127	14677.74	34.28666667	117	1.883333333	Viene desde: OBRA 8, con 117 Km. en 2 hrs.
OBRA 16	PARTIDA 1	OMNIBUS	02/01/2015	02/04/2015	189	17754.68	363.3833333	784	9.983333333	Viene desde: OBRA 10, con 784 Km. en 13 hrs.	OBRA 16	PARTIDA 1	OMNIBUS	02/01/2015	02/04/2015	191	16835.38	75.04	153	2.222222222	Viene desde: La empresa local, con 153 Km. en 2 hrs.

Anexo N° 4 Resultado caso 4

REAL										ALGORITMO											
Obra	Período	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Combustible	Resultado Costo Hora	Distancia recorrida	Tempo recorrida	Detalle de Ruta	Obra	Período	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tempo recorrida	Detalle de Ruta
										Viene desde: La empresa											Viene desde: La empresa
OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE OULGAS (BALDOSER)	02/01/2014	16/02/2014	2	1122.56	194.43	268	3.85	Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE OULGAS (BALDOSER)	02/01/2014	16/02/2014	1	1472.94	253.33	268	3.85	Viene desde: OBRA 12, con 1.130 Km. en 17 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE OULGAS (BALDOSER)	02/01/2014	16/02/2014	0	0	0	0	0	Viene desde: La empresa	OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE OULGAS (BALDOSER)	02/01/2014	16/02/2014	2	1122.66	666.72	1200	17.35	Viene desde: OBRA 12, con 1.130 Km. en 17 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	EUCALIPTORA	02/01/2014	16/02/2014	4	1285.04	264.11	268	3.85	Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	EUCALIPTORA	02/01/2014	16/02/2014	3	1285.04	264.11	268	3.85	Viene desde: La empresa
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBOEN	02/01/2014	16/02/2014	39	986.46	145.33	268	3.85	Viene desde: La empresa	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBOEN	02/01/2014	16/02/2014	39	986.46	145.33	268	3.85	Viene desde: La empresa
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBOEN	02/01/2014	16/02/2014	40	986.46	292.49	783	10.38333333	Viene desde: OBRA 12, con 1.130 Km. en 17 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBOEN	02/01/2014	16/02/2014	40	986.46	145.33	268	3.85	Viene desde: La empresa
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBOEN	02/01/2014	16/02/2014	43	2367.26	302.41	268	3.85	Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBOEN	02/01/2014	16/02/2014	41	976.62	145.33	268	3.85	Viene desde: La empresa
OBRA 3	PARTIDA 1	VERGAMIZON ALCOR	02/01/2014	16/02/2014	45	586.6	80.85	268	3.85	Viene desde: La empresa	OBRA 3	PARTIDA 1	VERGAMIZON ALCOR	02/01/2014	16/02/2014	44	586.6	471.55	1502	19.88333333	Viene desde: OBRA 12, con 1.130 Km. en 17 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 1	CARGADOR FRONTAL SOBRE NEUMATICOS	02/01/2014	16/02/2014	49	1779.38	932.02	1310	17.35	Viene desde: OBRA 12, con 1.130 Km. en 17 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	CARGADOR FRONTAL SOBRE NEUMATICOS	02/01/2014	16/02/2014	49	1779.38	932.02	1310	17.35	Viene desde: OBRA 12, con 1.130 Km. en 17 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION CLOQUETE	17/02/2014	04/03/2014	71	5717.7	871.71	1494	19.7666667	Viene desde: OBRA 12, con 1.494 Km. en 19 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION CLOQUETE	17/02/2014	04/03/2014	67	4056.3	723.85	1021	13.4566667	Viene desde: OBRA 12, con 1.494 Km. en 19 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION CISTERNA	17/02/2014	04/03/2014	74	4401.9	1023.533333	1494	19.7666667	Viene desde: OBRA 12, con 1.494 Km. en 19 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION CISTERNA	17/02/2014	04/03/2014	73	4594.2	1023.913333	1494	19.7666667	Viene desde: OBRA 12, con 1.494 Km. en 19 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	17/02/2014	04/03/2014	81	3538.9	1134.666667	1494	19.7666667	Viene desde: OBRA 12, con 1.494 Km. en 19 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	17/02/2014	04/03/2014	84	5337	668.566667	1494	19.7666667	Viene desde: OBRA 12, con 1.494 Km. en 19 hrs.
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	17/02/2014	04/03/2014	86	3787.2	465.17333333	783	10.38333333	Viene desde: OBRA 12, con 783 Km. en 10 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	17/02/2014	04/03/2014	85	3787.2	680.77333333	1502	19.88333333	Viene desde: OBRA 12, con 1.522 Km. en 18 hrs.

Anexo N° 5 Resultado caso 5

REAL											ALGORITMO											
Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta	Obra	Partida	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta	
OBRA 8	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	09/03/2014	08/05/2014		0	0	0	0	0	OBRA 8	PARTIDA 1	RODILLO PATA CABRA	09/03/2014	08/05/2014		0	0	0	0	0	
OBRA 8	PARTIDA 1	CABRA	09/03/2014	08/05/2014		0	0	0	0	0	OBRA 8	PARTIDA 1	CABRA	09/03/2014	08/05/2014		0	0	0	0	0	
OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	09/03/2014	18/05/2014	107	360	9.613333333	241	3.433333333	Viene desde OBRA 1, con 241 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	09/03/2014	18/05/2014	106	360	44.52	1212	15.9	Viene desde OBRA 1, con 1212 Km. en 15 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	09/03/2014	18/05/2014	105	360	9.613333333	241	3.433333333	Viene desde OBRA 1, con 241 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	09/03/2014	18/05/2014	105	360	44.52	1212	15.9	Viene desde OBRA 2, con 1212 Km. en 15 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	09/03/2014	18/05/2014	110	328.28	9.613333333	241	3.433333333	Viene desde OBRA 1, con 241 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	09/03/2014	18/05/2014	112	420	44.52	1212	15.9	Viene desde OBRA 3, con 1212 Km. en 15 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	09/03/2014	18/05/2014	114	420	9.613333333	241	3.433333333	Viene desde OBRA 1, con 241 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	09/03/2014	18/05/2014	113	420	44.52	1212	15.9	Viene desde OBRA 2, con 1212 Km. en 15 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 1	CAMIONETA PICK UP	09/03/2014	18/05/2014	176	13966.96	408.9633333	1338	17.183333333	Viene desde OBRA 11, con 1338 Km. en 17 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	CAMIONETA PICK UP	09/03/2014	18/05/2014	187	1874.72	50.96	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 1	CAMIONETA PICK UP	09/03/2014	18/05/2014	185	18889.76	511.7866667	1338	17.183333333	Viene desde OBRA 11, con 1338 Km. en 17 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	CAMIONETA PICK UP	09/03/2014	18/05/2014	185	18888.48	54.68	231	2.9	Viene desde OBRA 11, con 231 Km. en 3 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 1	PLANTA DE CONCRETO	18/05/2014	17/08/2014	61	4705.68	762	3046	13.25	Viene desde OBRA 14, con 1325 Km. en 13 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	PLANTA DE CONCRETO	18/05/2014	17/08/2014	60	4722.96	89.4	1212	15.9	Viene desde OBRA 11, con 1212 Km. en 15 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 1	CAMION ESTERNA	18/05/2014	17/08/2014	73	21702.72	823.62	1212	16.9	Viene desde OBRA 2, con 1212 Km. en 15 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION ESTERNA	18/05/2014	17/08/2014	73	21702.72	7.77	8.2	0.15	Viene desde OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION HONDA DE CONCRETO	18/05/2014	17/08/2014	80	49487.16	129.36	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION HONDA DE CONCRETO	18/05/2014	17/08/2014	78	18911.4	852.0866667	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION HONDA DE CONCRETO	18/05/2014	17/08/2014	77	22853.48	896.9333333	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION HONDA DE CONCRETO	18/05/2014	17/08/2014	77	22853.48	896.9333333	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 11, con 1220 Km. en 16 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	18/05/2014	17/08/2014	82	17409.24	8.61	8.2	0.15	Viene desde OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	18/05/2014	17/08/2014	84	28329.2	7.35	8.2	0.15	Viene desde OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	18/05/2014	17/08/2014	86	18683.52	186.3733333	299	4.383333333	Viene desde OBRA 11, con 299 Km. en 4 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CAMION DE TRANSPORTE	18/05/2014	17/08/2014	85	18683.52	6.72	8.2	0.15	Viene desde OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	MOTOCICLETA	18/05/2014	17/08/2014	146	1124.84	7.84	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	MOTOCICLETA	18/05/2014	17/08/2014	146	896.28	9.42	8.2	0.15	Viene desde OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	ELECTROBOMBA	08/06/2014	06/09/2014	154	427.5	7.84	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	ELECTROBOMBA	08/06/2014	06/09/2014	154	427.5	7.84	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	ELECTROBOMBA	08/06/2014	06/09/2014	152	900	7.84	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	ELECTROBOMBA	08/06/2014	06/09/2014	155	427.5	7.84	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	MEZCLADORA DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	158	380	723.45	3046	13.25	Viene desde OBRA 14, con 1325 Km. en 13 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	MEZCLADORA DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	162	2269.5	195.04	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	MEZCLADORA DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	157	3330	191.78	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	MEZCLADORA DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	158	1498	808.18	1212	15.9	Viene desde OBRA 9, con 1212 Km. en 15 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	164	2947.5	672.7	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	164	2947.5	672.7	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	166	3933.5	109.76	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	163	3946	738.97	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	VIBRADOR DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	178	412.2	105.84	194	2.8	Viene desde OBRA 11, con 194 Km. en 2 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	VIBRADOR DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	167	678.6	738.97	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	VIBRADOR DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	168	496.2	659.4	1220	16.7	Viene desde OBRA 4, con 1220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	VIBRADOR DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	168	496.2	672.7	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	BOMBA INFLASORA DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	173	628.2	659.4	1220	16.7	Viene desde OBRA 4, con 1220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	BOMBA INFLASORA DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	171	659.4	738.97	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	BOMBA INFLASORA DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	172	628.2	672.7	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	BOMBA INFLASORA DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	172	628.2	672.7	1220	16.01666667	Viene desde OBRA 9, con 1220 Km. en 16 hrs.	
OBRA 8	PARTIDA 2	CAMIONETA PICK UP	19/05/2014	11/10/2014	177	35109.36	498.12	1540	19.76666667	Viene desde OBRA 15, con 1540 Km. en 20 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CAMIONETA PICK UP	19/05/2014	11/10/2014	187	23636.88	0	0	0	0	Viene desde OBRA 8, con 0 Km. en 0 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	CAMIONETA PICK UP	19/05/2014	11/10/2014	179	30771.84	0	0	0	0	OBRA 8	PARTIDA 2	CAMIONETA PICK UP	19/05/2014	11/10/2014	182	28963.92	0	0	0	0	Viene desde OBRA 8, con 0 Km. en 0 hrs.

Anexo N° 6 Resultado caso 6

REAL											ALGORITMO										
Otra	Período	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tempo recorrida	Detalle de Ruta	Otra	Período	Tipo Máquina	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tempo recorrida	Detalle de Ruta		
OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE OBRAS	02/01/2014	16/02/2014	2	1121.66	199.40	3.85	La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE OBRAS	02/01/2014	16/02/2014	1	1472.94	253.33	3.85	La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE OBRAS	02/01/2014	16/02/2014	0	0	0	0	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	TRACTORES DE OBRAS	02/01/2014	16/02/2014	2	1121.66	199.40	17.35	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	BOCAMONDA DE OBRAS	02/01/2014	16/02/2014	4	1261.04	264.11	3.85	La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	BOCAMONDA DE OBRAS	02/01/2014	16/02/2014	3	1261.04	264.11	3.85	La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBIEN	02/01/2014	16/02/2014	3	886.46	145.53	3.85	La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBIEN	02/01/2014	16/02/2014	3	886.46	145.53	3.85	La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBIEN	02/01/2014	16/02/2014	6	886.46	145.53	3.85	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBIEN	02/01/2014	16/02/2014	6	886.46	145.53	3.85	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBIEN	02/01/2014	16/02/2014	43	2167.25	102.41	3.85	La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RODILLO TAMBIEN	02/01/2014	16/02/2014	41	976.62	145.53	3.85	La empresa Local, con 268 Km. en 4 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	RESCUPION ALCOR	02/01/2014	16/02/2014	45	598.6	80.85	3.85	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	RESCUPION ALCOR	02/01/2014	16/02/2014	44	598.6	417.55	15.80333333	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	CARGADOR FRONTAL	02/01/2014	16/02/2014	49	1779.38	93.02	17.35	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	CARGADOR FRONTAL	02/01/2014	16/02/2014	49	1779.38	93.02	17.35	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	HELMATICOS	02/01/2014	16/02/2014	49	1779.38	93.02	17.35	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	HELMATICOS	02/01/2014	16/02/2014	49	1779.38	93.02	17.35	OBRA 12, con 1.310 Km. en 17 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 1	CAMION	17/02/2014	14/03/2014	72	517.7	871.71	1494	OBRA 12, con 1.494 Km. en 15.7666667 20 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 1	CAMION	17/02/2014	14/03/2014	67	406.1	733.55	15.4566667	OBRA 12, con 1.494 Km. en 15.7666667 20 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION	17/02/2014	14/03/2014	74	441.9	1023.913333	1494	OBRA 12, con 1.494 Km. en 15.7666667 20 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	CAMION	17/02/2014	14/03/2014	73	4396.2	1023.913333	1494	OBRA 12, con 1.494 Km. en 15.7666667 20 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 2	TRANSPORTE	17/02/2014	14/03/2014	61	338.9	1154.656667	1494	OBRA 12, con 1.494 Km. en 15.7666667 20 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	TRANSPORTE	17/02/2014	14/03/2014	64	5307	968.566667	1494	OBRA 12, con 1.494 Km. en 15.7666667 20 hrs.		
OBRA 3	PARTIDA 2	TRANSPORTE	17/02/2014	14/03/2014	86	3787.2	465.1733333	783	OBRA 12, con 1.378 Km. en 15.80333333 hrs.	OBRA 3	PARTIDA 2	TRANSPORTE	17/02/2014	14/03/2014	85	3787.2	890.1733333	1502	OBRA 12, con 1.378 Km. en 15.80333333 hrs.		

Anexo N° 7 Resultado caso 7

Obra	Partida	Tipo Máquina	REAL							ALGORITMO											
			Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta	Fecha Inicio Máquina	Fecha Fin Máquina	ID Máquina	Resultado Costo Hora	Resultado Costo Combustible	Distancia recorrida	Tiempo recorrida	Detalle de Ruta			
OBRA 8	PARTIDA 1	ROCILLO PATA CABRA	09/03/2014	08/05/2014		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
OBRA 8	PARTIDA 1	ROCILLO PATA CABRA	09/03/2014	08/05/2014		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	09/03/2014	18/05/2014	107	1680	9.613333333	241	3.433333333	Viene desde: OBRA 1, con 241 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	09/03/2014	18/05/2014	106	1680	44.52	1212	15.9	Viene desde: OBRA 2, con 1.112 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	09/03/2014	18/05/2014	105	1680	9.613333333	241	3.433333333	Viene desde: OBRA 1, con 241 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	09/03/2014	18/05/2014	105	1680	44.52	1212	15.9	Viene desde: OBRA 2, con 1.112 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	09/03/2014	18/05/2014	110	328.28	9.613333333	241	3.433333333	Viene desde: OBRA 1, con 241 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	09/03/2014	18/05/2014	112	420	44.52	1212	15.9	Viene desde: OBRA 2, con 1.112 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	09/03/2014	18/05/2014	114	420	9.613333333	241	3.433333333	Viene desde: OBRA 1, con 241 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	MARTILLO PERFORADOR	09/03/2014	18/05/2014	113	420	44.52	1212	15.9	Viene desde: OBRA 2, con 1.112 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 1	CARDONETA PICK UP	09/03/2014	18/05/2014	179	1389.96	408.9333333	1338	17.183333333	Viene desde: OBRA 12, con 1.338 Km. en 17 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	CARDONETA PICK UP	09/03/2014	18/05/2014	187	1574.72	50.96	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 1	CARDONETA PICK UP	09/03/2014	18/05/2014	185	1089.76	312.7666667	1338	17.183333333	Viene desde: OBRA 12, con 1.338 Km. en 17 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 1	CARDONETA PICK UP	09/03/2014	18/05/2014	182	1308.46	64.68	231	3.3	Viene desde: OBRA 7, con 231 Km. en 3 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	PLANTA DE CONCRETO	19/05/2014	17/08/2014	61	43165.68	742	1049	13.25	Viene desde: OBRA 14, con 2.049 Km. en 13 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	PLANTA DE CONCRETO	19/05/2014	17/08/2014	60	40221.96	890.4	1212	15.9	Viene desde: OBRA 2, con 1.112 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON ESTERNA	19/05/2014	17/08/2014	73	21702.72	823.62	1212	15.9	Viene desde: OBRA 2, con 1.112 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON ESTERNA	19/05/2014	17/08/2014	79	21702.72	7.77	8.2	0.15	Viene desde: OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON MIDER DE CONCRETO	19/05/2014	17/08/2014	80	19487.16	129.36	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON MIDER DE CONCRETO	19/05/2014	17/08/2014	78	19691.4	852.0866667	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON MIDER DE CONCRETO	19/05/2014	17/08/2014	77	22053.48	896.9333333	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON MIDER DE CONCRETO	19/05/2014	17/08/2014	77	22053.48	896.9333333	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON DE TRANSPORTE	19/05/2014	17/08/2014	82	17409.24	8.61	8.2	0.15	Viene desde: OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON DE TRANSPORTE	19/05/2014	17/08/2014	84	26329.2	7.35	8.2	0.15	Viene desde: OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON DE TRANSPORTE	19/05/2014	17/08/2014	86	18883.52	196.3733333	269	4.383333333	Viene desde: OBRA 5, con 269 Km. en 4 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CARDON DE TRANSPORTE	19/05/2014	17/08/2014	85	18883.52	6.72	8.2	0.15	Viene desde: OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	MOTOROMBA	19/05/2014	17/08/2014	145	1114.44	7.84	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	MOTOROMBA	19/05/2014	17/08/2014	146	896.88	0.42	8.2	0.15	Viene desde: OBRA 11, con 8 Km. en 0 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	ELECTROBOMB A	08/06/2014	06/09/2014	154	427.5	7.84	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	ELECTROBOMB A	08/06/2014	06/09/2014	154	427.5	7.84	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	ELECTROBOMB A	08/06/2014	06/09/2014	152	900	7.84	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	ELECTROBOMB A	08/06/2014	06/09/2014	155	427.5	7.84	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	MEZCLADORA DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	169	1800	723.45	1049	13.25	Viene desde: OBRA 14, con 2.049 Km. en 13 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	MEZCLADORA DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	162	2299.3	145.04	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	MEZCLADORA DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	157	3230	941.78	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	MEZCLADORA DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	158	1449	868.14	1212	15.9	Viene desde: OBRA 2, con 1.112 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	164	2947.5	672.7	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	164	2947.5	672.7	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	166	1903.5	109.76	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO	08/06/2014	06/09/2014	163	3546	739.97	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	VIBRADOR DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	170	412.2	105.84	194	2.8	Viene desde: La empresa Local, con 194 Km. en 3 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	VIBRADOR DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	167	678.6	739.97	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	VIBRADOR DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	169	448.2	659.4	1222	15.7	Viene desde: OBRA 4, con 1.222 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	VIBRADOR DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	168	448.2	672.7	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	BOMBA IMPULSORA DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	173	638.2	659.4	1222	15.7	Viene desde: OBRA 4, con 1.222 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	BOMBA IMPULSORA DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	171	658.8	739.97	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	BOMBA IMPULSORA DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	172	638.2	672.7	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	BOMBA IMPULSORA DE CONCRETO	06/09/2014	11/10/2014	172	638.2	672.7	1220	16.01666667	Viene desde: OBRA 9, con 1.220 Km. en 16 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	CARDONETA PICK UP	19/05/2014	11/10/2014	177	35309.36	498.12	1542	19.76666667	Viene desde: OBRA 15, con 1.542 Km. en 21 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CARDONETA PICK UP	19/05/2014	11/10/2014	187	23636.88	0	0	0	Viene desde: OBRA 8, con 0 Km. en 0 hrs.
OBRA 8	PARTIDA 2	CARDONETA PICK UP	19/05/2014	11/10/2014	179	30771.84	0	0	0	Viene desde: OBRA 8, con 0 Km. en 0 hrs.	OBRA 8	PARTIDA 2	CARDONETA PICK UP	19/05/2014	11/10/2014	182	28963.92	0	0	0	Viene desde: OBRA 8, con 0 Km. en 0 hrs.

Anexo N° 8 Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	INDICADORES
<p>Escasez de recursos para la construcción óptima de obras en empresas constructoras en el Perú.</p>	<p>OG: Desarrollar un algoritmo para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.</p>	<p>HG: El algoritmo, mejoró la asignación de maquinarias a obras para empresas constructoras del Perú.</p>	<p>Performance total de los resultados de la comparación de las variables de distancia y costo</p>
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES
	<p>OE1: Elaborar el algoritmo para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.</p> <p>OE2: Probar el algoritmo para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.</p> <p>OE3: Afinar el algoritmo para la asignación de maquinarias a obras en la empresa constructora mediana ARAMSA CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. que mejore la asignación en base a tiempo, distancia y costo.</p>	<p>HE1: El algoritmo, mejoró la asignación de maquinarias a obras respecto de la variable distancia.</p> <p>HE2: El algoritmo, mejoró la asignación de maquinarias a obras respecto de la variable tiempo.</p> <p>HE3: El algoritmo, mejoró la asignación de maquinarias a obras respecto de la variable costo.</p>	<p>Asignación de Maquinarias</p> <p>Distancia</p> <p>Tiempo</p> <p>Costo</p>
			VARIABLES DEPENDIENTES
			<p>% de comparación de variable de valores reales versus valor algoritmo</p> <p>% de comparación de variable de valores reales versus valores de</p> <p>% de comparación de variable de valores reales versus valores de</p>

Anexo N° 9 Simulación de algoritmo Húngaro

	OBRA 1	OBRA 2	OBRA 3	OBRA 4	OBRA 5	OBRA 6	OBRA 7	OBRA 8	OBRA 9	OBRA 10	OBRA 11	OBRA 12	OBRA 13	OBRA 14	OBRA 15	OBRA 16	OBRA 17	OBRA 18	OBRA 19	OBRA 20	RESULTADO DISTANCIA (KM)	
MAQUINARIAS																						
TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)			536									2,290			2,698				2,560			8,094
TRACTORES NEUMATICOS (BULLDOZER)												2,290			2,698			336		2,052		7,376
EXCAVADORA DE ORUGAS		2,495	268				214		2,512		402	1,145		3,424	1,349	306						12,116
EXCAVADORA SOBRE NEUMATICOS		1,248										1,145		856	1,349					1,026		5,624
RETROEXCAVADORA	116	2,495		2,078		1,236			2,512	624		1,145	1,146	1,712	1,349				2,560		5,794	15,506
ZANAJADORA	232	1,248		3,117		1,854			2,512			2,290	1,719	1,712								12,394
MOTONIVELADORA															2,698							4,988
MOTOPALIA																						7,482
RODILLO VIBRATORIO												3,495			4,047							7,482
RODILLO PATA CABRA		2,495					321	388	6,280		603			4,280		612	822	224				15,802
RODILLO NEUMATICO				2,078					2,512				1,146									5,960
RODILLO TAMDEM			804			1,236																5,636
VIBROPAZONADOR			268	1,039					1,256			1,145	573		1,349				2,560	1,026		6,656
PLANCHAS COMPACTADORAS		2,495										1,145		1,712	1,349				1,280	1,026		9,008
CARGADOR FRONTAL SOBRE NEUMATICOS			268									3,495			4,047				2,560			10,310
CARGADOR FRONTAL SOBRE ORUGAS															4,047							7,482
CARGADOR MULTIPROPOSITO	232									1,248												3,974
PLANTA DE ASFALTO	116	1,248				618			1,256	624		1,145		856								4,718
PLANTA DE CONCRETO	116	1,248		1,039				194	1,256	624			573	856			411					6,317
PLANTA DOSIFICADORA DE AGREGADOS						112						1,145	573		1,349							3,175
PLANTA TRITURADORA							107		1,256		201			856		153						2,573
PLANTA TRITURADORA MOVIL																						-
PLANTA DE ZARANDEO	116	1,248							1,256		201			856								3,789
CAMION VOLQUETE	348	3,744	268							1,872				2,568								8,800
CAMION CISTERNA	348	7,488	268	3,117	112	1,854		194	5,024	1,872	201	1,719	5,992				411				28,600	
CAMION MINER DE CONCRETO				2,078				388	2,512				1,146				822					6,946
CAMION DE TRANSPORTE	232	2,495	536	5,195	224	2,472		388	8,792	624	402	2,290	4,011	1,712	2,698		1,233					33,305
CAMION IMPRIMADORA DE ASFALTO	232								2,512	1,248												3,992
CAMION BOMBA TELESCOPICA DE CONCRETO																						-
CAMION PARA MICROPAVIMENTO		2,495																				5,648
TRACTOREMOJADOR	232	1,248					107		3,768		402	1,145	573	2,568	1,349	153						11,657
PLATAFORMA ALTA																						1,349
PLATAFORMA CAMA BAJA		1,248										1,145	573	856	1,349							5,171
TOLVA SEMI TRAYLER															1,349							1,349
COMPRESORA NEUMATICA															1,349							3,291
MARTILLO ROMPE PAVIMENTO	232	2,495		2,078		1,236	214	388	5,024	1,872	402		1,146	4,280		469	822					20,649
MARTILLO PERFORADOR	232	2,495		2,078		1,236	321	388	7,536	624	603		1,146	5,992		469	1,233					24,344
MARTILLO HIDRAULICO										2,512												2,512
GRUPO ELECTROGENO	232	4,992		2,078		2,472	107		2,512	1,248	402	1,145	1,719	4,280	4,047	306						25,540
GRUA TORRE															1,349							3,864
GRUA TELESCOPICA		1,248													1,349							3,864
FRESADORA SOBRE ORUGAS		1,248													1,349							3,864
ESPACIADORA DE ASFALTO	116								1,256	624					1,349							2,614
ESPACIADORA DE AGREGADOS																						3,067
MOTOBOMBA	348			2,078		1,236		194	3,768	1,248	201		1,146				411					10,630
ELECTROBOMBA				2,078				388	2,512				1,146				822					6,946
MEZCLADORA DE CONCRETO	232	2,495		3,117				388	3,768				1,719	1,712			822					14,254
TROMPO MEZCLADOR DE CONCRETO				2,078				388	2,512				1,146				822					6,946
VIBRADOR DE CONCRETO	116			2,078				388	2,512				1,146				822					7,062
BOMBA IMPULSORA DE CONCRETO	348	7,488		6,234	112	1,854	107	776	17,594	2,496	402	6,870	4,011	6,848	1,349							56,479
CAMIONETA PICK UP	116								5,024	1,248												6,653
OMNIBUS																						481,100

Product Backlog

**ALGORITMO PARA LA ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS A
OBRAS EN LA EMPRESA CONSTRUCTORA ARAMSA
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C**

PRODUCT BACKLOG

Descripción

En este documento se muestra el ProductBacklog de la solución, el cual contiene descripciones genéricas de todos los requerimientos, funcionalidades deseables priorizadas por el productowner. Contiene estimaciones a grosso modo, tanto del valor para el negocio, como el esfuerzo del desarrollo requerido.

ProductBacklog

Requerimiento	Prioridad	Estimación por días	Sprint
Debe tener mejores resultados de Costo de asignación de maquinarias con lo real	1	4	1
Debe tener mejores resultados de Distancia de asignación de maquinarias con lo real	2	4	1
Debe tener mejores resultados de Tiempo de asignación de maquinarias con lo real	3	4	1
Debe asignar todas las maquinarias que tiene la empresa	4	1	1
Debe hacer la asignación por n obras	5	1	1
Debe tener la estructura de obras	6	1	1
Debe mostrar las variables necesarias para el proceso de asignación	1	1	2
Debe mostrar el resultado de la asignación en costo	2	1	2
Debe mostrar el resultado de la asignación en distancia	3	1	2
Debe mostrar el resultado de la asignación en tiempo	4	1	2
Debe haber mantenimiento de data de maquinarias	5	1	2
Debe mostrar reporte de asignación de maquinarias por estructura de obra	1	2	3
Debe mostrar reporte de maquinas que no han sido asignadas	2	2	3
Debe mostrar reporte de costo, distancia y tiempo por obra	3	2	3
Debe permitir importar información a Excel	4	2	3

Sprint Backlog

**ALGORITMO PARA LA ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS A
OBRAS EN LA EMPRESA CONSTRUCTORA ARAMSA
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C**

SPRINT BACKLOG

Descripción

En este documento se muestra el Sprint Backlog del proyecto, el cual describe como el equipo de trabajo va a implementar los requisitos durante los sprint. Las tareas en el sprint backlog son tomadas por los miembros del equipo del modo que parezca oportuno.

Sprint Backlog

Sprint Backlog		
Prioridad	Tareas	Peso
Sprint #0		
1	Definición de los Requerimientos	3
2	Establecer el ProductBacklog	1
3	Establecer el Sprint Backlog	1
4	Definir la Arquitectura Técnica	5
5	Recolección de Información	5
6	Análisis de recolección de Información	13
Sprint #1		
1	Estudio de algoritmos referentes a asignación	5
2	Diseño de algoritmo de asignación de maquinaria	13
3	Desarrollo de pseudocódigo de algoritmo de asignación	8
4	Pruebas manuales de algoritmo de asignación	3
5	Retroalimentación de pruebas de algoritmo de asignación	8
Sprint #2		
1	Diseño de base de datos	5
2	Diseño de aplicación	5
3	Desarrollo de solución	8
4	Pruebas de la solución	3
5	Retroalimentación de la solución	8
Sprint #3		
1	Diseño de reportes	5
2	Desarrollo de reportes	8

Criterio de Ponderación

1	Fácil
3	Medianamente Fácil
5	Regular
8	Medianamente Difícil
13	Difícil

***ALGORITMO PARA LA ASIGNACIÓN DE
MAQUINARIAS A OBRAS EN LA EMPRESA
CONSTRUCTORA ARAMSA CONTRATISTAS
GENERALES S.A.C***

US – CA – BDD Generar reporte de asignación

Descripción

En el presente documento se muestra el UserStory, Criterios de Aceptación y BehaviorDrivenDevelopment del proyecto.

Un userstory nos sirve como recordatorio para una conversación futura con el cliente, la cual se usara para confirmar la historia a través de su criterio de aceptación. Mediante los BehaviorDrivenDevelopment se pueden ejecutar las pruebas sobre el userstory de acuerdo a los lineamientos de las metodologías ágiles, las pruebas forman parte de esta fase del proyecto.

Ficha de UserStory

Fecha	09-10-2014
Sprint	N° 1
Peso	27
#Historia de Usuario	N° 1

Historia de Usuario: Generar Reporte de Asignación

Como Asistente de Equipo

Quiero poder generar un reporte de la asignación de maquinarias a obras.

De modo que me permita asignar maquinarias generando el menor costo.

Criterio de Aceptación: Generar reporte de asignación

1. Cuando seleccione un Reporte de Simulación

Espero visualizar el formulario para ingresar los datos de obras (dirección fechas), fases (fechas) y maquinarias.

2. Cuando seleccione el Simular

Espero visualizar una tabla que muestre con las máquinas asignadas.

BehaviorDrivenDevelopment

#	Escenario	Dado	Cuando	Entonces
1	Reporte de simulación	Que el asistente de Equipo seleccione simulación	Desea ingresar los datos	El sistema mostrará el formulario para ingresar los datos de obras.
2	Simular	Que el asistente de Equipo seleccione simular	Desea simular	El sistema mostrará en una tabla las obras con las máquinas asignadas.

***ALGORITMO PARA LA ASIGNACIÓN DE
MAQUINARIAS A OBRAS EN LA EMPRESA
CONSTRUCTORA ARAMSA CONTRATISTAS
GENERALES S.A.C***

Caso de Prueba Reporte de Asignación

Descripción del caso de prueba

En este documento de desarrollo de software cubre el conjunto de pruebas realizadas sobre el userstory “Generar Reporte de Asignación”.

Las pruebas realizadas son las siguientes:

- Seleccionar Simulación
- Seleccionar simular

Para realizar las pruebas partiremos desde la interfaz Simular.

Condición de ejecución

1.1. Seleccionar resumen

Ingresar a la aplicación con el usuario Asistente de Equipo y accedemos a la funcionalidad que nos permite visualizar formulario para ingresar las datos de obra (Fecha de Inicio/Fin, dirección), fase (Fecha de Inicio/Fin), Maquinarias (Fecha de uso Inicio/Fin).

- **Precondiciones:** Debe estar actualizado la base maquinarias.
- **Resultados esperados:** La aplicación debe mostrar maquinarias y los campos que se necesita para simular
- **Postcondiciones:** La aplicación permanece con las obras, fases, maquinarias y fechas.

1.2. Seleccionar Detalle

Ingresar a la aplicación con el usuario Asistente de Equipo y dar clic en la simular unas vez cargada las obras, fases y maquinarias que se van asignar.

- **Precondiciones:** La base de obras, fases y tipo de maquina debe estar cargada.
- **Resultados esperados:** La aplicación debe mostrar en detalle las maquinas asignadas.
- **Postcondiciones:** La aplicación permanece con las maquinas asignadas.

Procedimiento de Prueba

Paso	Valores	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
Seleccionar Resumen		Muestra el formulario para ingresar obras, fases y maquinarias.	OK
Simular		Muestra el detalle de obras con las maquinas asignadas.	OK