



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

Escuela Académico Profesional De Ingeniería De Sistemas

TESIS

**DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRABAJO
UTILIZANDO EL ALGORITMO DE DIJKSTRA Y
DIAGRAMAS DE VORONOI**

Para Optar El Título Profesional De Ingeniero De Sistemas

Autor:

BACH. MARCHENA PEJERREY DAVID JESÚS

Pimentel, septiembre del 2015





DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRABAJO UTILIZANDO EL ALGORITMO DE DIJKSTRA Y DIAGRAMAS DE VORONOI.

Aprobación de la tesis

Ing. Vidaurre Flores Miguel
Ángel

Mg. Cobeñas Sánchez Rosa
América

Mg. Cárdenas del Águila
Edward

Mg. Chirinos Mundaca Carlos
Alberto

Mg. Cobeñas Sánchez Rosa
América



Dedicatoria

La presente tesis se la dedico a mi familia, ya que me han apoyado durante todo el periodo de mi carrera de manera incondicional y me han forjado con sus consejos y palabras de aliento. A mi madre por haberme apoyado siempre para ser gran profesional.

Agradecimientos

Agradecer a Dios por seguir dándome días de vida para lograr mis objetivos. A mi familia por brindarme toda la confianza de contar con ellos en todo momento. A mi madre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre, de igual manera ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y profesional. A Esmeralda por estar conmigo en todo momento y brindarme todo su amor, cariño, confianza y apoyo incondicional. A mis docentes por haberme brindado sus enseñanzas y experiencias tanto profesionales como personales. A Ernesto Ternero, José Nevado, Miguel Flores, operarios de la empresa Epsel S.A. los cuales me brindaron información, apoyo y compañía para la realización de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

Carátula	1
Formato de Página de Presentación de la Aprobación	2
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE FÓRMULAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
Resumen	xx
Palabras claves.....	xxi
Abstract.....	xxii
Key Words	xxii
Introducción	xxiii
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	xxv
1.1 Situación Problemática.....	26
1.2 Formulación del Problema.....	29

1.3 Delimitación de la Investigación	29
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	30
1.5 Limitaciones de la Investigación	32
1.6 Objetivos.....	33
Objetivo General	33
Objetivos Específicos	33
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	35
2.1 Antecedentes de Estudios	36
2.2 Estado del Arte	39
2.3 Base Teórica Científicas	43
2.4 Definición de la Terminología	63
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	68
3.1 Tipo y Diseño de la Investigación	69
3.1.1 Tipo de Investigación	69
3.1.2 Diseño de la Investigación	69
3.1.3 Método de Investigación	69
3.2. Población y Muestra	70
3.2.1. Población	70
3.2.2. Muestra	70



3.3. Hipótesis.....	70
3.4.1. Variable Dependiente.....	71
3.4.2. Variable Independiente.....	71
3.5. Operacionalización.....	72
3.6.1. Técnicas.....	73
3.6.2. Herramientas.....	73
3.7. Procedimiento para la Recolección de Datos.....	74
3.8. Plan de Análisis Estadístico de Datos.....	77
3.8.1 Enfoque Cualitativo.....	77
3.8.2 Enfoque Cuantitativo.....	78
3.9. Criterios de Rigor Científico.....	80
CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	
4.1 Resultados en tablas y gráficos.....	83
4.1.1 Pre-Análisis.....	83
4.1.2 Post-Análisis.....	86
4.2 Discusión de Resultados.....	89
CAPÍTULO V PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	
5.1 Generalidades de la Propuesta.....	96
5.2 Metodología.....	96



5.2.1 Fase de Planificación del Proyecto	99
5.2.2 Fase de Diseño	104
5.2.3 Fase Codificación:	110
5.2.4 Fase Pruebas:	123
5.3 Análisis de Costo	132
a) Costo de Inversión	132
b) Beneficios	134
c) Flujo de Caja	134
d) Indicadores Económicos	135
e) Tasa Interna de Retorno	135
f) Costo Ingeniería de Software	136
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
6.1 Conclusiones	142
6.2 Recomendaciones	144
REFERENCIAS	145
ANEXOS	150
Anexo 1 : Selección de Algoritmo de Optimización de Rutas	151
Anexo 2 : Selección de Algoritmo de Sectorización de Zonas.....	153
Anexo 3 : Selección del Tipo de Sistema a Desarrollar	154



Anexo 4 : Selección del Api a Utilizar para los servicios de Mapas 155

Anexo 5 : Selección de la Metodología de Desarrollo 156

Anexo 6 : Selección de Rutas y Puntos de Acción 157

Anexo 7 : Pre - Análisis 159

Análisis de los datos del Notificador 162

Análisis de los datos del Verificador 169

Análisis de los datos del Inspector 176

Anexo 8 : Post - Análisis..... 183

Análisis de los datos del Notificador 185

Análisis de los datos del Verificador 189

Análisis de los datos del Inspector 193

Anexo 10 : Imágenes de Predios..... 197

Anexo 11: Manual de Instalación del Sistema 198

ÍNDICE GENERAL DEL MIS..... 199

ÍNDICE DE FIGURAS DEL MIS 200

Anexo 12: Manual de Usuario del Sistema..... 221

ÍNDICE GENERAL DEL MUS 222

ÍNDICE DE FIGURAS DEL MUS 223



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Historia de usuario para la localización de un punto o predio.....	99
Cuadro 2:	Historia de usuario para la optimización de ruta de trabajo.....	100
Cuadro 3:	Historia de usuario para la sectorización de regiones geográficas.....	100
Cuadro 4:	Historia de usuario para el formulario de registro de predios.....	101
Cuadro 5:	Historia de usuario para el formulario de registro naturaleza de medidor.....	101
Cuadro 6:	Historia de usuario para el formulario de registro tipo de trabajador.....	102
Cuadro 7:	Estimación de esfuerzos.....	103
Cuadro 8:	Duración de las Iteraciones.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	K-NN Los k vecinos más cercanos del punto t.....	42
Figura 2:	Ejemplo de caminos en un grafo.....	43
Figura 3:	Grafo.....	47
Figura 4:	Grafo Ponderado.....	51
Figura 5:	Diagrama de Voronoi con dos regiones.....	56
Figura 6:	Diagrama de Voronoi con tres regiones.....	57
Figura 7:	Diagrama de Voronoi con 12 regiones.....	58
Figura 8:	Cuatro puntos co-circulares y perturbación.....	59
Figura 9:	Diagrama de Voronoi (líneas continuas) y la Triangulación de Delaunay (líneas de puntos).....	60
Figura 10:	Flujo de la realización de la investigación.....	98
Figura 11:	Mockups de localización de predios diseñado para su programación.....	104
Figura 12:	Mockups del optimizador de rutas diseñado para su programación.....	105
Figura 13:	Mockups de la sectorización de regiones geográficas.....	106
Figura 14:	Mockups del formulario para el registro de un predio.....	107
Figura 15:	Mockups del formulario del registro de una naturaleza de un medidor.....	108
Figura 16:	Mockups del formulario del registro de un tipo de trabajador.....	108
Figura 17:	Diseño de la base de datos del sistema.....	109



Figura 18:	Pantalla de logueo del sistema.....	110
Figura 19:	Localización y ubicación de puntos de acción por latitud y longitud.....	110
Figura 20:	Localización y ubicación de puntos de acción por dirección.....	111
Figura 21:	Pantalla de registro de ubigeo.....	111
Figura 22:	Formulario para el registro de predios.....	112
Figura 23:	Formulario para el registro de naturaleza de medidores.....	112
Figura 24:	Formulario para el registro de tipo de medidores.....	113
Figura 25:	Función JavaScript que se carga en el sistema para el acceso al Api V3 de Google Maps.....	114
Figura 26:	Algoritmo de Dijkstra para la utilización de rutas cortas.....	115
Figura 27:	Función para la opción a cambio hacia peatón.....	116
Figura 28:	Función para la opción a cambio hacia peatón.....	116
Figura 29:	Función devuelve lista de direcciones.....	117
Figura 30:	Función de reordenamiento.....	117
Figura 31:	Función que devuelve la total duración de recorrido y distancia.....	118
Figura 32:	Funciones que establecen las unidades de medida	118
Figura 33:	Función que realiza el diagrama de Voronoi.....	119
Figura 34:	Función que agrega un punto central para el Diagrama de Voronoi.....	119



Figura 35: Función que agrega marcadores a los puntos centrales del Diagrama de Voronoi..... 120

Figura 36: Función para remover marcador ingresado como parámetro..... 121

Figura 37: Función para eliminar los marcadores del diagrama..... 121

Figura 38: Función callback para la ubicación de puntos centrales del diagrama de Voronoi..... 122

Figura 39: Función que recubre los puntos de Voronoi en el mapa..... 122

Figura 40: Prueba de logueo al sistema..... 123

Figura 41: Imagen de localización y ubicación de puntos de acción..... 124

Figura 42: Ubicación de puntos de acción para su optimización..... 124

Figura 43: Optimización de la ruta de trabajo realizado por un automóvil..... 125

Figura 44: Optimización de la ruta de trabajo realizado por un peatón..... 125

Figura 45: Ingreso de los puntos centrales para la sectorización..... 126

Figura 46 *Sectorización de región geográfica..... 126*

Figura 47 Ruta óptima en una región de Voronoi..... 127

Figura 48 Pasos para dirigirse de un predio a otro según la ruta óptima para peatones..... 128



Figura 49	Lista resumen de los predios a visitar según la ruta óptima para peatones.....	129
Figura 50	Formulario para el registro de un tipo de trabajador.....	130
Figura 51	Formulario donde se listan los tipos de trabajadores.....	130
Figura 52	Formulario para el registro de una naturaleza de medidor.....	131
Figura 53	Formulario donde se listan los datos de las naturaleza de medidores.....	131
Figura 54	Población y Muestra.....	158

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1:	Modelo matemático de un plano conteniendo puntos.....	55
Fórmula 2:	Relación recursiva.....	62
Fórmula 3:	Tamaño de sucesores.....	64
Fórmula 4:	Tamaño de predecesores.....	64
Fórmula 5:	Tamaño de la vecindad de un grafo.....	64
Fórmula 6:	Conjunto de Predecesores de un Vértice.....	67
Fórmula 7:	Conjunto de Sucesores de un Vértice.....	67
Fórmula 8:	Vecindad de v en un grafo dirigido.....	67
Fórmula 9:	Vecindad de v en un grafo no dirigido.....	67
Fórmula 10:	Fórmula de la sumatoria.....	79
Fórmula 11:	Fórmula de la mediana.....	79



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Estadísticas de los censos de habitantes realizados en Lambayeque en los periodos 1981, 1993 y 2007.....	26
Gráfico 2:	Trabajo promedio de lunes a viernes y sábados del notificador	83
Gráfico 3:	Trabajo promedio de lunes a viernes y los sábados.....	84
Gráfico 4:	Promedios de las cargas de trabajo de lunes a viernes y los sábados.....	85
Gráfico 5:	Cargas de trabajo del Notificador.....	86
Gráfico 6:	Cargas de trabajo del Verificador.....	87
Gráfico 7:	Cargas de trabajo del Inspector.....	88
Gráfico 8:	Comparación de los resultados del Pre y Post análisis del trabajo del notificador.....	89
Gráfico 9:	Comparación de los resultados del Pre y Post análisis del trabajo del verificador	91
Gráfico 10:	Comparación de los resultados del Pre y Post análisis del trabajo del inspector.....	93
Gráfico 11:	Carga laboral por trabajador.....	160
Gráfico 12:	Trabajo promedio de lunes a viernes y sábados del notificador.....	165
Gráfico 13:	Trabajo promedio realizado por notificador de lunes a viernes.....	166
Gráfico 14:	Trabajo realizado por notificador los sábados.....	166



Gráfico 15:	Trabajo promedio de lunes a viernes y los sábados.....	172
Gráfico 16:	Promedio de trabajo realizado por un verificador de lunes a viernes.....	173
Gráfico 17:	Trabajo realizado por in verificado los días sábados.....	173
Gráfico 18:	Promedios de las cargas de trabajo de lunes a viernes y los sábados.....	179
Gráfico 19:	Promedios de trabajo realizado por un inspector de lunes a viernes.....	180
Gráfico 20:	Trabajo realizado por un inspector los días sábados.....	180
Gráfico 21:	Cargas de trabajo del notificador	186
Gráfico 22:	Trabajo realizado por un notificador el día viernes	187
Gráfico 23:	Trabajo realizado por un notificador el día sábado	187
Gráfico 24:	Cargas de trabajo del Verificador	190
Gráfico 25:	Trabajo realizado por el verificador el día lunes	191
Gráfico 26:	Trabajo realizado por el verificado el día sábado.....	191
Gráfico 27:	Cargas de trabajo del Inspector	194
Gráfico 28:	Trabajo realizado por el inspector el día lunes	195
Gráfico 29:	Trabajo realizado por el inspector el día sábado	195

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1:	Predio ubicado en la calle Toparpa Nro 275.....	197
Imagen 2:	Predio ubicado en la Av. Antenor Orrego Nro 467.....	197



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Operacionalización de variables.....	72
Tabla 2:	Técnicas e instrumentos.....	76
Tabla 3:	Costo de inversión - Bienes.....	132
Tabla 4:	Costo de inversión - Servicios.....	132
Tabla 5:	Costo de inversión - Desarrollo.....	133
Tabla 6:	Total del presupuesto.....	133
Tabla 7:	Análisis de flujo de caja.....	134
Tabla 8	Definición de requerimientos.....	136
Tabla 9:	Definición de requerimientos.....	136
Tabla 10:	Distribución de Esfuerzo y Tiempo de Desarrollo.....	138
Tabla 11:	Elección de datos de Miles de Funciones.....	139
Tabla 12:	Definición de requerimientos.....	139
Tabla 13:	Cálculo de Testeo.....	139
Tabla 14:	Criterios de la evaluación.....	151
Tabla 15:	Comparación para la elección del algoritmo de optimización de rutas.....	151
Tabla 16:	Criterios de evaluación.....	153
Tabla 17:	Comparación para la elección del Diagrama a utilizar.....	153
Tabla 18:	Criterios de evaluación.....	154
Tabla 19:	Comparación para la elección del Sistema a desarrollar.....	154
Tabla 20:	Criterios de evaluación.....	155
Tabla 21:	Comparación para la elección del Api para Mapas.....	155
Tabla 22:	Criterios de evaluación.....	156



Tabla 23:	Comparación para la elección Metodología de Desarrollo.....	156
Tabla 24:	Carga laboral de cada Operario.....	159
Tabla 25:	Trabajo realizado por notificador.....	162
Tabla 26:	Análisis de carga laboral con trabajo realizado.....	163
Tabla 27:	Promedios de periodos para valores de un día.....	164
Tabla 28:	Análisis de carga laboral con trabajo de un día.....	164
Tabla 29:	Resumen estadístico del Notificador.....	167
Tabla 30:	Trabajo realizado por verificador.....	169
Tabla 31:	Análisis de carga laboral con trabajo realizado.....	170
Tabla 32:	Promedios de periodos para valores de un día.....	171
Tabla 33:	Análisis de carga laboral con trabajo de un día.....	171
Tabla 34:	Datos estadísticos del análisis del trabajo de un verificador.....	174
Tabla 35:	Trabajo realizado de inspector.....	176
Tabla 36:	Análisis de carga laboral con trabajo realizado.....	177
Tabla 37:	Promedios de periodos para valores de un día.....	178
Tabla 38:	Análisis de carga laboral con trabajo de un día.....	178
Tabla 39:	Datos estadísticos del análisis del trabajo de un inspector.....	181
Tabla 40:	Carga laboral de cada operario.....	183
Tabla 41:	Datos obtenidos con la ayuda del software.....	185
Tabla 42:	Análisis de carga laboral con trabajo de un día.....	185
Tabla 43:	Datos del trabajador obtenidos con ayuda del software	189



Tabla 44:	Análisis de carga laboral con trabajo de un día.....	189
Tabla 45:	Datos del trabajador obtenidos con ayuda del software	193
Tabla 46:	Análisis de carga laboral con trabajo de un día.....	193

Resumen

A lo largo de la historia, el hombre ha tratado de referenciar las cosas. El término localización es el posicionamiento de un objeto sobre la tierra en un plano superficial, y para ello se utilizan sistemas de referencia de coordenadas geográficas como latitud, longitud y altitud.

Este trabajo de investigación se encarga de realizar la obtención de rutas óptimas de trabajo de los diferentes caminos recorribles que existen y que hacen posible el acceso de un lugar a otro. El desconocimiento, dificultad o mala decisión de los operarios de campo al recorrer caminos, conlleva a que parte de su trabajo quede inconcluso por lo que al culminar sus funciones diarias, aún les queda mucho trabajo por realizar.

Para darle solución al problema, este informe de tesis realiza la localización y posicionamiento de los puntos de acción para luego obtener la ruta óptima para llegar hacia los puntos de acción de manera rápida y conocida, como también la sectorización de regiones geográficas; de igual manera la visualización de dichos puntos de acción y el recorrido de la ruta en un mapa cartográfico. Para la obtención de las rutas óptimas de trabajo se aplica el algoritmo de rutas cortas denominado Algoritmo de Dijkstra y para la sectorización se utiliza los Diagramas de Voronoi. Los datos obtenidos en el desarrollo del sistema de geolocalización son de ayuda para la obtención de rutas óptimas de trabajo. Para finalizar, con el presente proyecto se establecen las bases y se invita a futuros investigadores incursionar en este tipo de



investigaciones para el desarrollo tecnológico, económico y social del país.

Palabras claves: Algoritmo de Dijkstra, Diagramas de Voronoi, Grafo, Localización, Nodo, Optimización de rutas, Sectorización de regiones geográficas.

Abstract

Through out history, the humans being have tried to name things. The meaning of term localization is the position of any objects on the earth that is on the superficial plane and for it we use referential systems of geographic coordinates like latitude, altitude and length.

This research jobs takes charge of realizing to obtain of better work roads from the different paths that already exist and that make the Access to different places possible.

The ignorance, difficulty or bad decision making of the road operators while checking paths leads to unfinished work which at the end of their daily functions, leaves a lot of work to finish to give the problem a solution, this research thesis gives the location and positionment of the action points to later obtain the best road to get to the points.

In popular and fast manner, just the same is the way of visualizing those action points and the tour of the cartographic map. To get the best work roads is necessary to apply algorithm of short paths named the Dijkstra's Algorithm and to sectorize is with the Voronoi's Diagrams. The gathered data in the development of the geolocation system helps obtain the best work roads. To finish the present Project we establish the bases and also we invite future investigators.

Key Words: Dijkstra's Algorithm, Voronoi's Diagram, Graph, Location, Node, Path optimization, Sectorization of graphs areas.



Introducción

El acceso a diferentes ubicaciones desde un punto inicial recorriendo todos los puntos que son necesarios visitar en rutas mínimas de un ámbito geográfico, siempre es ha sido una incógnita para entidades que utilizan esta forma de trabajo para fines laborales. En este trabajo se realizó la investigación de visitar los puntos en el menor tiempo posible, menor distancia y menor coste de recorrido por lo que se deben agilizar los procesos de la entidad prestadora de servicios EPSEL S.A en cuanto a las instalaciones de medidores del departamento de Micromedición. En el estudio se aplicaron algoritmos como el Algoritmo de Dijkstra para optimización de rutas de trabajo en cual se le ingresaron las ubicaciones de los predios en donde se realizan las funciones necesarias para dichas instalaciones. De igual manera se realizó una sectorización geográfica utilizando los diagramas de Voronoi, para obtener regiones definidas en donde se tomaron los puntos a optimizar, con la finalidad de que los puntos a recorrer no sean muy dispersos. Junto a estos algoritmos se utilizó el api V3 de google maps para la visualización de mapas geográficos; las mencionadas técnicas se aplicaron en el desarrollo de un software y se logró el objetivo general el cual da solución al problema inicial.

Esta investigación se encuentra formada por seis capítulos, siendo este primer capítulo: problema de investigación, en este capítulo se muestra



una idea general de la problemática, el objetivo general y los objetivos específicos que se persiguieron en la investigación. En el segundo capítulo se muestra el marco teórico, donde se encuentran todos los aspectos que se involucran en la investigación, no obstante se plantean los conceptos referentes al estudio. En el apartado del capítulo tres, se describe el marco metodológico donde se definió la operacionalización de variables y la interpretación de instrumentos utilizados. El análisis e interpretación de los resultados se establece en el cuarto capítulo. El quinto capítulo muestra la propuesta de investigación según la metodología ágil de desarrollo de software Xp en donde se aplican los algoritmos de optimización y de sectorización. Y para concluir con la investigación, en el capítulo seis se presentan las conclusiones y recomendaciones de la misma.



CAPÍTULO I

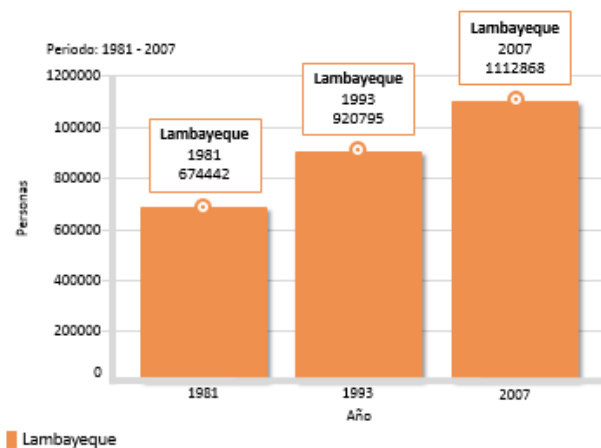
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación Problemática

Al transcurrir el tiempo, la historia nos ha demostrado que las ciudades han ido aumentando en cuanto a población de ciudadanos, viviendas y entidades como estatales y privadas. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística e Informática en la región de Lambayeque en los periodos de 1981, 1993 y 2007 la población censada fue de 674442, 920795 y 1112868 habitantes respectivamente; por consiguiente sus localizaciones se expanden hasta abarcar la mayor parte de sus ciudades.

En la gráfica 1, se muestran los habitantes de Lambayeque donde se señala la población censada en los periodos 1981, 1993 y 2007. Según estas estadísticas en el año de 2007 hubo un total de 1112868 personas en la región. Consulta realizada en el Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones del Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Gráfico 1: Estadísticas de los censos de habitantes realizados en Lambayeque



FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Censo Nacional de Población y Vivienda

Esto trae consigo a que sus ubicaciones sigan aumentando en cuando a accesibilidad ya sea por distancias, tiempo de llegada o costos de transporte y comunicaciones, desde un punto de partida hacia otro de llegada. Lo cual a medida del tiempo ha ido tomando mayor importancia en las diferentes áreas de estudio según sea el caso. En el caso de servicios de emergencias brindada por una entidad, es muy útil el acceso desde su base hasta el lugar de los hechos ya que de no tenerlo en cuenta el promedio de pérdida de vidas por accidentes aumentaría al no llegar a tiempo a atender a dichas personas o seres vivos, ya sea por desconocer el camino más rápido o por tomar una ruta la cual se encuentre congestionada en una hora particular del día. En el caso de transporte público es importante cuando se va a definir la ruta por donde la flota de vehículos de una empresa va a desempeñar su labor diaria; o en el caso de transporte particular, es importante que el conductor tenga el conocimiento de cómo llegar a un usuario desde su base y del mismo modo llevar a su destino a dicho pasajero por la camino más rápido.

La importancia también se da en el área de Arqueología cuando se requiere hallar las vías de acceso y comunicación a partir de inferencia, hallando las rutas optimas de posibles puntos de ubicación y de destino.

Otro caso se da en juegos de competencia ya sea de personas, móviles o videojuegos en el cual la utilización de rutas cortas es muy utilizada

para que los competidores puedan ganar la partida. Cuando una empresa se dedica al transporte de objetos delicados lo más importante es llegar rápido a su destino tomando los caminos más cortos para evitar que estos objetos se desperdicien.

La Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque S.A. (EPSEL S.A.) se encarga del tratamiento y la administración de agua potable como el de alcantarillado en la región Lambayeque. El departamento de Micromedición de esta empresa es el encargado de realizar las instalaciones, reposiciones, mantenimiento y extracciones de micromedidores o instrumentos de medición de agua potable en los diferentes sectores de su jurisdicción, con la finalidad de llevar un control del consumo de agua potable de sus usuarios los cuales en su mayoría no son conscientes del uso inadecuado que le dan a este servicio.

En su afán de controlar el consumo de agua potable, se da lugar a la implementación de las etapas de instalación de micromedidores en los predios que tienen el servicio; son los operarios designados por el jefe del departamento los que realizan dicha función además de reposición, verificación, inspección, notificación de funciones al usuario. Se les brindan documentos en los cuales se encuentran los puntos de acción y las funciones a realizar. Los puntos de acción son los lugares en donde los operarios llevan a cabo la ejecución de su trabajo. Dichos puntos se



encuentran dispersos en diferentes calles, avenidas y sectores; en la mayoría de los casos los trabajadores desconocen los nombres y la ubicación de las calles, por lo que desconocen las rutas para llegar a tiempo a estos puntos, trayendo como consecuencia problemas en la culminación de su carga laboral, debido a la pérdida de tiempo durante la búsqueda y el acceso de los puntos de acción.

1.2 Formulación del Problema

¿Qué tecnología permitirá la optimización de rutas de trabajo en el departamento de Micromedición de la empresa EPSEL S.A.?

1.3 Delimitación de la Investigación

Esta investigación fue realizada en la ciudad de Chiclayo del departamento de Lambayeque, y estuvo orientada a realizar la obtención de rutas óptimas de los caminos existentes desde un lugar a otro, los cuales pertenecen a los predios o puntos de acción en donde se llevan a cabo las diferentes funciones de los operarios de campo del departamento de Micromedición de la empresa EPSEL S.A.

En esta investigación participaron los operarios de campo que son tres: un notificador, un inspector y un verificador; de los cuales se ha tomado su carga laboral, en la cual participan 215 puntos de acción para la obtención de rutas óptimas y sectorización de zonas de trabajo.



1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

La justificación e importancia del problema se describe en cuatro aspectos: tecnológico, social, ecológico y económico; los cuales se describen a continuación.

En el aspecto tecnológico el sistema se justifica ya que permite la gestión eficaz de las funciones del departamento, puesto que admite la ubicación y posicionamiento de los puntos de acción en donde se realizarán dichas funciones laborales de los operarios como notificadores, inspectores y verificadores; de igual manera realiza la optimización de las rutas para llegar hacia puntos de acción de manera rápida y conocida, como también proporciona la visualización de los predios o puntos de acción y las rutas a recorrer en un mapa cartográfico, no obstante el registro de información de los predios, usuarios, micromedidores, trabajadores y datos relevantes para el departamento, también es posible la Programación de Itinerarios de Trabajo para mejorar la eficiencia laboral de los trabajadores. El sistema brinda información relevante a consultar como también proporciona la exportación de documentos o mapas en donde señalen las rutas a recorrer por los trabajadores de campo del departamento.

Socialmente se justifica ya que mejora la atención de algún reclamo o solicitud del usuario por parte de los trabajadores de campo, siendo

eficientes en el acceso al predio o al punto de acción y por consiguiente en las funciones a realizar; de igual manera siendo eficaces en los horarios programados en las notificaciones, inspecciones y verificaciones a los predios. Por otro lado mejora el ambiente laboral entre trabajadores de los diferentes departamentos como Atención al Cliente, Medición y Facturación, Cobranza, Catastro, Conexiones y Reclamos; debido a una buena organización de responsabilidades y cumplimiento de metas de atención.

Ecológicamente se justifica ya que debido a que el usuario no es consiente del buen uso del servicio, se detectan continuas fugas de agua en sus instalaciones domiciliarias, por lo cual se evita el aumento del agua no controlada ya que los operarios llegan a tiempo al lugar indicado a realizar sus funciones preestablecidas

Así mismo para la empresa EPSEL S.A. representa mayores ingresos, debido a que ésta invierte económicamente en remuneraciones, adquisición de insumos, infraestructura, combustible, transporte, entre otros; para el tratamiento de agua potable, y el costo-beneficio no es compensado ya que actualmente no genera el ingreso económico requerido para la sostenibilidad de la empresa.



Concluyendo que al hacer uso del sistema, la empresa EPSEL S.A. ahorra tiempo, dinero, y optimiza la accesibilidad de la Información.

1.5 Limitaciones de la Investigación

Para la localización y posicionamiento de los puntos de acción en el software, se debe realizar el seguimiento a través de un primer recorrido (visita a campo) para ubicar al predio, tomar sus características de referencia, obtener su latitud y longitud y posteriormente ingresar los datos al sistema.

El ingreso y la búsqueda de las direcciones de los predios registrados en los datos de la empresa son inexactos por lo que los puntos cardinales de latitud, longitud, altitud, posicionamiento de las imágenes del visor cartográfico y otros datos de geolocalización obtenidos, varían periódicamente debido a la actualización de los mismos por la empresa Google.

Del mismo modo las representaciones gráficas de algunas calles, avenidas y otras vías de acceso del api de google maps, se encuentran en un solo sentido cuando en realidad son de doble sentido, por lo que puede hacer variar el recorrido, la distancia, la sectorización y el tiempo de la ruta óptima. Los datos de la optimización en cuanto a distancia y tiempo pueden variar si los operarios optan en regresar en algún



momento del día a algún predio, por diferentes inconvenientes como por ejemplo el caso de que si alguno de ellos se dirige a un predio y en este no se encuentran los representantes, lo cual lógicamente aumentará la distancia recorrida y el tiempo.

No se contempla la utilización del optimizador de rutas y la sectorización de zonas sin acceso a internet, debido a que se deben acceder a diferentes servicios como por ejemplo obtención de tiempo y distancia.

1.6 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema para la optimización de rutas de trabajo utilizando el algoritmo de Dijkstra y diagramas de Voronoi en el departamento de Micromedición de la empresa EPSEL S.A.

La selección de los algoritmos se detalla en los anexos 1 y 2.

Objetivos Específicos

- a) Recopilar y ordenar información de los trabajos realizados por los trabajadores de la empresa.
- b) Aplicar el algoritmo de Dijkstra para la optimización de las rutas de trabajo y los diagramas de Voronoi para la sectorización de zonas laborales.

- c) Comparar los resultados de trabajo de operarios utilizando información del sistema con los realizados antes del desarrollo del software.
- d) Realizar el análisis de costos del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudios

Martines, F y Saint, G. (2010). Modelos y Algoritmos de Optimización Combinatoria para Planificación de Rutas en Regatas de Barcos de Vela. En el resumen de esta tesis se alude al objetivo de desarrollar técnicas que apoyen a la toma de decisiones apropiadas en cuanto a las rutas que se deben utilizar cuando las situaciones no son aptas para la optimización basada en pronósticos, específicamente en regatas costeras de corta duración. En esta tesis se han diseñado métodos a partir de ciertos algoritmos como el algoritmo A*, caminos mínimos en grafos FIFO, cálculo de costos, entre otros, con la finalidad de optimizar rutas en cuando a regatas costeras de barcos veleros, teniendo en cuenta de la importancia del tiempo.

Amoako, E. O. (2011), Determination of shortest path using Dijkstra's Algorithm for Emergency Service in Kumasi Metropolis. Esta tesis propone el desarrollo de un sistema basado en lenguaje Visual Basic en el cual se ha utilizado el algoritmo de Dijkstra para encontrar la ruta más corta desde cualquier lugar hacia cualquier destino dentro en la metrópolis de Kumasi – Ghana, además poder disminuir el tiempo de llegada del servicios de emergencia debido a casos de accidentes de tráfico; con la finalidad de reducir al mínimo el promedio de pérdida de vidas. Para ello se han tenido en cuenta las formas de doble carril en las redes de las carreteras. Este trabajo demostró en los resultados una



reducción notable en la distancia real en comparación con la ruta normal; no obstante la aplicación de este tipo de algoritmo indica la importancia de la optimización de los flujos de red de la ciudad.

Rivero (2011). Búsqueda Rápida de Caminos en Grafos de Alta Cardinalidad Estáticos y Dinámicos. Este trabajo propone hallar rutas óptimas en grafos dinámicos de alta cardinalidad sin tener que modificar su estructura utilizando el algoritmo de Colonia de Hormigas, pero agregándole lo que se domina Nodos comida olor a comida, quedando así como SoSACO (Sense of Smell ACO). No obstante se almacenará y gestionará la información en un gestor de base de datos el cual también permitirá mejorar el tiempo de acceso concurrente. Esto también permite al problema dividirse en dos responsabilidades la cual el gestor de la base de datos administrará los datos masivos y este trabajo solo se ocupará de encontrar un algoritmo de búsqueda de rutas en grafos dinámicos.

Miranda S. (2013) La estructura de los grafos ha ido aumentando en magnitud de tamaño debido a la alta cardinalidad de sus nodos, por lo cual periódicamente aumenta la dificultad de trabajar con ellos. A este tipo de casos se ha semejado con la clasificación de textos con gran cantidad de información. Esta tesis trata justo de clasificar información de volúmenes extensos de datos ya que la importancia de ello es que



las personas no tienen el tiempo suficiente de hacer resúmenes con tanta información disponible y de poder realizar toma de decisiones. La acción de resumir automáticamente se puede realizar a través de dos enfoques, el extractivo y el abstractivo. Esta tesis se orienta al enfoque abstractivo a partir de textos representados como grafos conceptuales ya que proporciona de manera natural y simple además con un nivel detallado de representar los textos; bajo este contexto el resumen es obtenido por operaciones como la selección, poda, unión y generalización en este tipo de grafos contextuales. Para la ponderación de los nodos del grafo se utilizó el algoritmo de HITS fusionando restricciones sintácticas referenciadas a los conceptos verbales.

Moreno, J. y Ordóñez, S. (2009). Diagramas Voronoi de Alcance Limitado. En esta tesis empleó los diagramas de Voronoi y sus propiedades las cuales obtuvieron como resultado de la expansión mínima de círculos las cuales utilizaron para analizar las islas verdes que se crean en los incendios forestales, las cuales son regiones que son rodeadas de fuego. Es en este caso en donde toma interés el diagrama de Voronoi de alcance limitado, el cual es una descomposición del plano de regiones, en donde cada una de las mencionadas cercanas a un sensor –a un árbol- que a cualquier otro, pero que son limitadas a cierta distancia a este. Los diagramas de Voronoi de alcance limitado junto a

sus grafos de proximidad, tienen una aplicación directa al estudio de caminos de desviación mínima y de separación máxima.

2.2 Estado del Arte

La necesidad de hallar la ruta óptima es importante en toda área que lo requiera, en el siguiente resumen de un artículo muestra la importancia en el área de la arqueología.

Cálculo de rutas óptimas mediante SIG en el territorio de la ciudad Celtibérica de Segeda: Propuesta Metodológica. (López R., 2005). En este artículo se propuso el cálculo de la optimización de rutas como modelo predictivo para estudiar un sitio arqueológico. En la cual se menciona que es posible acercarse al conocimiento de las redes de comunicación que existieron con el cálculo acumulado de estos caminos, dichos resultados sólo permitieron conocer vías de comunicación hipotéticas donde el traslado es menor. Dicho modelo analiza una capa raster la cual representa el esfuerzo del traslado de un determinado lugar, gracias a ello el programa selecciona la ruta para unir dos puntos determinados donde la sumatoria de sus valores de todas las celdillas atravesadas del raster sea la más baja y por lo tanto equivale a un menor esfuerzo en el desplazamiento. Para el análisis se tomó una información con tres variables naturales (relieve o pendiente, los cursos de agua y vegetación). Para el cálculo de las rutas óptimas se realizó a partir del



mapa de fricción de un cálculo de accesibilidad de todo el territorio; donde en la resultante de la superficie, el programa SIG realiza sus cálculos de optimización de rutas.

En total fueron calculadas trece rutas óptimas con resultados distintos por la ubicación de los diferentes yacimientos. El programa calculó que el camino más eficiente en el costo sería siguiendo los llanos valles fluviales. Se menciona que existen otros accesos con la misma lógica de los valles fluviales pero en algunos momentos es más efectivo atravesar puertos de montaña que continuar siguiendo el cauce del río. En el último grupo, los resultados del cálculo dieron a conocer que atravesar los entornos montañosos sería más eficiente que seguir los valles fluviales.

Esto demuestra que la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el cálculo de Rutas Óptimas ha permitido mejorar el conocimiento cualitativo de la articulación viaria de un paisaje en periodos donde normalmente no suele existir documentación acerca de las formas de desplazamiento de estas sociedades pretéritas. No obstante con los resultados finales se debe ser crítico por lo que los factores usados en los cálculos realizados suelen provenir de datos actuales muy generales.



Cuando se tienen datos en gran cantidad, estos se pueden clasificar o agrupar para un mejor manejo o control, existen muchos métodos para hacer ello, en el siguiente artículo se menciona al Método K-NN junto a los diagramas de Voronoi.

Data Mining and Soft Computing. (Herrera, 2006). En el documento se menciona a los Top 10 algoritmos para la Minería de Datos, en la cual la utilización del método basado en instancias es uno de ellos y en donde en sus enfoques típicos menciona al algoritmo K-NN (el k vecino más cercano); las instancias en este trabajo se encuentran en un espacio denominado euclidiano representadas como puntos, de igual manera construye aproximaciones locales lo cual da cabida al razonamiento basado en casos, usan algunas representaciones simbólicas como también el tipo de inferencia basada en el conocimiento. La clasificación se da a partir de la distancia entre un punto de esa clase, ubicando objetos más cercanos de su clase. El algoritmo K-NN retorna el valor más común entre los ejemplos de entrenamiento k cerca de x_q con fines de una evaluación discreta.

El diagrama de Voronoi también entra a tallar, para un conjunto de entrenamiento la superficie de decisión se induce por 1-NN.

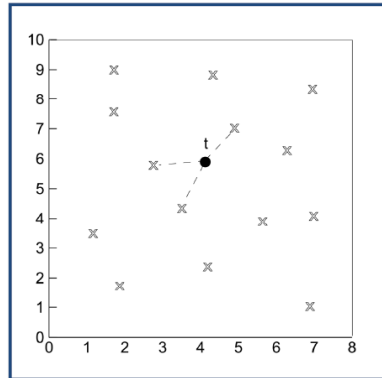


Figura 1: K-NN Los k vecinos más cercanos del punto t

Fuente: Data Mining and Soft Computing.

An Intelligent & Incremental Approach to kNN using R-trees. (Oneil & Rye) Este trabajo plantea la implementación de R-Tree con un agregado que utiliza clasificadores de objetos para reducir el ámbito de búsqueda para consultas de k- vecinos más cercanos en áreas espaciales, modificando el algoritmo K-NN para usar círculos concéntricos en vez de formas cuadrangulares, además un enfoque gradual para solucionar estas consultas en rangos no definidos de búsqueda, la cual trata de aumentar la forma incremental de círculos concéntricos. No obstante se utiliza la función de distancia Euclidiana la cual se asocia con la clasificación del área espacial que define como los círculos deben aumentar.

Matemáticamente se demuestra que el tiempo y el espacio de su método son comparable a la de R-Tree que existen. El objetivo de esta

investigación es plantear un espacio de trabajo para aplicaciones de bases de datos espaciales para aprovechar la información específica de dominio sobre los objetos espaciales para reducir el espacio de búsqueda utilizando R-Tree.

2.3 Base Teórica Científicas

2.3.1 Rutas, Caminos, Circuitos y Conectividad.

Según describe (Ruohonen, 2013), un camino en un grafo es una secuencia finita los cuales se alternan tanto como los vértices y las aristas de dicho grafo. Un camino comienza en un vértice y termina en otro, entre cada vértice se encuentra una arista la cual tiene un valor K que es la longitud del camino. El vértice inicial, tiene un camino de longitud cero (0). Un camino se considera abierto si el vértice inicial es diferente al vértice final, por el contrario es cerrado.

Ejemplo: En el siguiente grafo

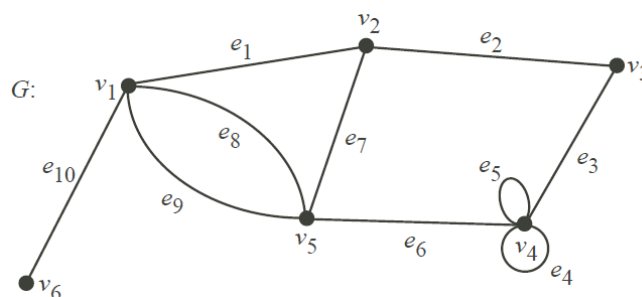


Figura 2: Ejemplo de caminos en un grafo



Los siguientes vértices y aristas alternadas

$v_2, e_7, v_5, e_8, v_1, e_8, v_5, e_6, v_4, e_5, v_4, e_5, v_4$

representan un camino abierto.

Por otro lado

$v_4, e_5, v_4, e_3, v_3, e_2, v_2, e_7, v_5, e_6, v_4$

representan un camino cerrado.

Si cualquier borde o arista es atravesado por más de una vez es un camino recorrible.

Esta definición nos da a entender la composición de una ruta o camino, por lo cual en este proyecto las rutas serán formadas por las vías de acceso como calles o avenidas que vendrían a hacer las aristas, y los puntos de acción (predios) representaría los nodos que unen a las vías de acceso; iniciando dicha ruta desde un nodo principal ya sea un predio “x” o la localización de la empresa EPSEL S.A. y culminando en un predio “y” o la localización de la empresa EPSEL S.A.

2.3.2 GRAFO

Grafos Simples

Según (Ruohonen, 2013) un grafo simple G es una estructura matemática que está formado por un par ordenado de conjuntos (V,E) , siendo $V \neq \Phi$. Los elementos de V son denominados vértices y los elementos de E , aristas. En este tipo de grafos una arista es un par $\{x,y\}$ no ordenado de vértices diferentes.

El ejemplo de un grafo $G = (V,E)$ se denota por los conjuntos:

$$V = \{1,2,3,4\}$$

$$E = \{\{1,2\},\{1,3\},\{2,3\},\{2,4\},\{3,4\}\}$$

En donde denominaremos orden al cardinal del conjunto de vértices V y tamaño al cardinal del conjunto de aristas E . Entonces G vendría a hacer es un grafo de orden 4 y tamaño 5.

Menciona que gráficamente los vértices son representados por puntos y se unen dos puntos con una línea si el par correspondiente de vértice es una arista.

Grafos Ponderados

Según (Ruohonen, 2013) en algunas veces es útil vincular un número con cada una de las aristas de un grafo; por lo que un grafo ponderado



$G=(E,V,w)$, está formado por un grafo $G=(V,E)$ y una aplicación

$$w = E \rightarrow R^+$$

$$= e \rightarrow w(e)$$

la cual asocia un número denominado peso con cada una de las aristas del grafo.

Grafos Dirigidos

Según (Ruohonen, 2013) un grafo dirigido se denomina también un Dígrafo, el cual consta de un conjunto de vértices V y un conjunto de arcos E los cuales son pares ordenados de elementos de V .

En un grafo dirigido las flechas representan a los arcos, las cuales indican la dirección u orientación de los mismos.

$$V = \{x,y,v,w\}$$

$$E = \{(v,w),(w,y),(y,x),(x,v)\}$$

Se tiene que tener en cuenta la diferencia entre un grafo y un dígrafo; en un grafo una arista es un par no ordenado de vértices, mientras que en un digrafo un arco (arista dirigida u orientada) es un par ordenado de vértices.



Grafos No Dirigidos

Según (Gusfield, 2014) “Es un objeto combinatorio que consta de un conjunto nodos (...) V , y un conjunto de bordes E . Cada borde en E es especificado por un desordenado par de nodos (u,v) de V , donde u es diferente de v .”

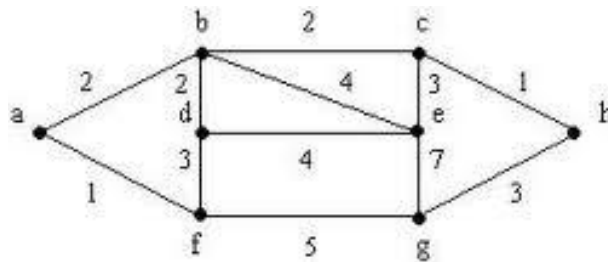


Figura 3: Grafo

Un grafo no dirigido Bipartido

Según (Gusfield, 2014) “es llamado bipartito si los nodos de V pueden ser particionados en dos subconjuntos V_1, V_2 para cada borde en E , y uno de los puntos finales del borde está en V_1 y el otro punto final está en V_2 .”

En (Coto, 2003) se mencionan algunos problemas más conocidos de procesamiento de grafos:

Conectividad Simple

Se encarga de realizar el análisis a un grafo y establecer si es conexo y si presenta al menos un camino entre cada par de vértices.

Detección de Ciclos

Se encarga de analizar si es que existe al menos un ciclo en el grafo estudiado.

Camino Simple

Se encarga de analizar la existencia de un camino entre un par de vértices cualquiera.

Camino de Euler

Se encarga de analizar la existencia de un camino que enlace un par de vértices dados, con la particularidad de usar cada borde del grafo exactamente una sola vez. Si el inicio y el final de este camino es el mismo vértice, entonces se ha encontrado el denominado Tour de Euler.

Camino de Hamilton

Se encarga de analizar un grafo que contenga la existencia de un camino que enlace un par de vértices dados, de tal manera que visite a cada nodo exactamente una sola vez. Si el inicio y el final de este camino es el mismo vértice, entonces se ha encontrado el denominado Tour de Hamilton.

Conectividad Fuerte en Dígrafos

Consiste en estudiar a un dígrafo en el cual analiza si existe un camino

dirigido conectado a cada par de vértices de igual manera si existe un camino dirigido entre cada par de vértices en ambas direcciones.

Árbol de Expansión Mínima

Se encarga de analizar un conjunto de bordes de peso mínimo que enlaza a todos los nodos en un grafo pesado.

Caminos cortos a partir de un mismo origen

Consiste en analizar que caminos son los más cortos enlazando a un vértice v cualquier, con cada vértice de un grafo dirigido pesado. “Este es un problema que por lo general se presenta en redes de computadores, representadas como grafos.”

Ciclos Pares en Dígrafos

Consiste en hallar un camino de longitud par en un grafo dirigido. Aunque la solución para grafos no dirigidos es sencilla aún se desconoce si existe un algoritmo para resolverlo eficientemente.

El camino más largo

Consiste en analizar un grafo y hallar el camino más largo que enlace a dos nodos dados. Este problema a simple vista parece sencillo pero este caso de estudio es una versión del problema del Tour de Hamilton y es NP-hard.

Conjunto Independiente

Consiste en hallar la mayor cardinalidad de un subconjunto de un grafo, con la propiedad de que no haya ningún par conectado por un borde. Este caso de estudio es el del Problema de NP-hard.

Isomorfismo de grafos

Este problema consiste en analizar la posibilidad de hacer dos grafos idénticos con solo renombrar sus nodos. Aunque para varias clases particulares de grafos se conocen eficientes algoritmos, no se tiene solución para el problema general. Este problema es NP-hard.

2.3.3 Algoritmos

A) Algoritmos de Rutas Cortas

En muchas áreas como el transporte, diseño topológico de redes de comunicación entre otras, existen problemas relacionados con la búsqueda de algoritmos de caminos o rutas cortas desde un punto de origen hacia otro. El problema del camino más corto tiene que ver con encontrar el menor costo (el coste mínimo) de una ruta o trayectoria desde un nodo de origen de un grafo ponderado a un nodo de destino en ese mismo grafo. Consideremos un gráfico que se muestra en la figura 4 en el cual el número asociado a cada arco representa el peso de dicho arco.

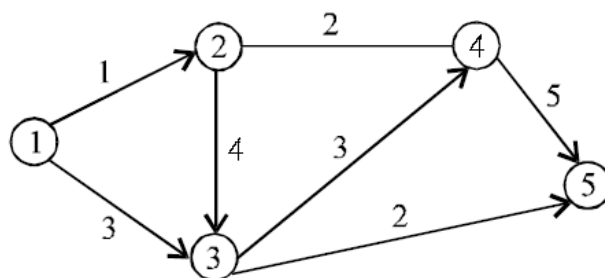


Figura 4: Grafo Ponderado

Algoritmo de Dijkstra

Este algoritmo fue desarrollado por Edsger W. Dijkstra en la década de 1960, diseñado para encontrar el camino más corto en un grafo con peso no negativo asociado con el borde / arco sin enumerar explícitamente todos los caminos posibles. El algoritmo también conocido como Algoritmo de Caminos Mínimos, se basa en una técnica conocida como la programación dinámica. Se encarga de determinar el camino más corto entre un par de nodos en un gráfico. Si hay n nodos en un gráfico, es necesario ejecutar el algoritmo nC_2 veces.

En una red de 100 nodos o más, el tiempo necesario para calcular el camino más corto para todos los posibles pares de nodos puede ser conjetura de cualquier cuerpo.

Para encontrar el camino más corto desde el vértice A al vértice E en un grafo ponderado, llevar a cabo el siguiente procedimiento.



Paso 1: Asignar a A la etiqueta $(-, 0)$.

Paso 2: Hasta que E tiene la etiqueta o sin más etiquetas se pueden asignar, haga lo siguiente:

(i) Para cada vértice marcado $u(x, d)$ y para cada vértice v sin etiqueta adyacente a u , calcule $d + w(e)$, donde $e = uv$.

(ii) Para cada vértice marcado u y v adyacente vértice no etiquetado dando mínima $d' = d + w(e)$, asigne a la etiqueta $v(u, d')$. Si un vértice se puede etiquetar (x, d') para varios vértices x , hacer cualquier elección.

El algoritmo de Dijkstra (mejorado)

Para encontrar la longitud de un camino más corto desde el vértice A al vértice E en un grafo ponderado, proceda de la siguiente manera:

Paso 1: Establezca $v_1 = A$ y asignar a este vértice de la etiqueta permanente 0.

Asigne cada otro vértice una etiqueta temporal de ∞ , donde ∞ es un símbolo que, por definición, se considera que es más grande que cualquier número real.

Paso 2: Hasta que E se ha asignado una etiqueta permanente o sin etiquetas temporales se cambió en (a) o (b), haga lo siguiente.

(a) Tomar la v_i vértice que adquirió recientemente una etiqueta permanente, digamos d . Para cada vértice v que es adyacente a v_i y todavía no ha recibido una etiqueta permanente si $d + w(v_i, v) < t$ el sello temporal actual de v a $d + w(v_i, v)$.

(b) Tome un vértice v , que tiene un pequeño temporal entre todas las etiquetas de carácter temporal en el gráfico.

Establecer $v_{i+1} = v$ y hacer su etiqueta temporal permanente. Si hay varios vértices v que atar para el sello temporal más pequeña, tomar cualquier decisión.

Modelo del Algoritmo de Dijkstra

Algoritmo DijkstraRutasCortas(G, v):

Input: Un simple gráfico no dirigido G ponderada con pesos de las aristas no negativos, y un distinguido vértice v de G .

Output: Una etiqueta $D[u]$, para cada vértice u de G , tal que $D[u]$ es la distancia desde v a u en G .

$D[v] \leftarrow 0$

for each vértice $u \neq v$ de \vec{G} **go**

$D[u] \leftarrow +\infty$

Deje una cola de prioridad Q contiene todos los vértices de G utilizando las etiquetas D como claves.

while Q no está vacío **go**

{ingresar un nuevo vértice u en el espacio }

$U \leftarrow Q.\text{removeMin}()$

for each vértice z adyacente a u tal que z está en Q **go**

{performance de relajación producido en borde (u, z) }

If $D[u] + w((u, z)) < D[z]$ **then**

$D[z] \leftarrow D[u] + w((u, z))$

Cambiar a $D[z]$ la clave del vértice z in Q .

return la etiqueta $D[u]$ de cada vértice u

B) Diagrama de Voronoi y Triangulación de Delaunay

Los diagrama de Voronoi son estructuras geométrica propuesta para responder una gran variedad de preguntas acerca de la proximidad de un conjunto de puntos: qué el punto está más próximo, qué punto está más distante, entre otras.

Diagramas de Voronoi

Sea $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ un conjunto de puntos en el plano, conocido comúnmente como región. El plano puede ser dividido de tal manera que cada punto está asociado con el elemento P más próximo del mismo. El conjunto de puntos asociados con la región p_i constituyen el polígono de Voronoi de p_i , denotada $V(p_i)$. Este polígono es por lo tanto, el lugar geométrico de puntos del plano más próximos de p_i que cualquier otro elemento de P , por lo que:

$$V(p_i) = \left\{ x \mid \text{dist}(p_i - x) \leq \text{dist}(p_j - x), \forall j \neq i \right\}$$

Fórmula 1: Modelo matemático de un plano conteniendo puntos

Puede ser que también existan puntos que estén cerca de dos o más regiones. Este conjunto de puntos es el diagrama de Voronoi de un conjunto de regiones, el cual se denota por $\text{Vor}(P)$.



La construcción del diagrama puede entenderse mejor cuando el número de sitios se está aumentando gradualmente.

Inicialmente, considere sólo dos lugares, p_1 y p_2 . El diagrama de Voronoi está en la línea que corta en la mitad del segmento p_1p_2 y es perpendicular a este, la bisectriz del segmento. (Ver Figura 5). Todos los puntos consecutivos están también cerca de p_1 y p_2 . Los puntos en el semiplano que contiene p_1 forman el polígono de Voronoi correspondiente a p_1 y de manera similar el otro medio plano corresponde a $V(p_2)$.

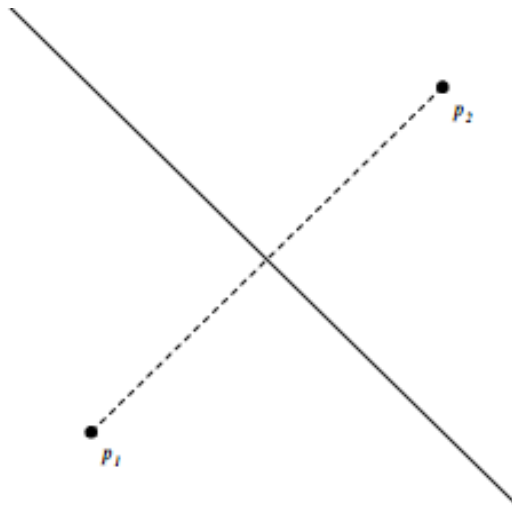


Figura 5: Diagrama de Voronoi con dos regiones.

Es más observable ver el diagrama de Voronoi expandirse a 3 regiones dicho diagrama está formado por las líneas medias que cruzan en medio de los bordes de $P_1P_2P_3$ y según una perpendicular, por lo que las

bisectrices de los bordes, a partir del circuncentro del triángulo (Figura 6). El circuncentro es el centro del círculo definido por los vértices del triángulo, y es posible que no pertenezca al triángulo.

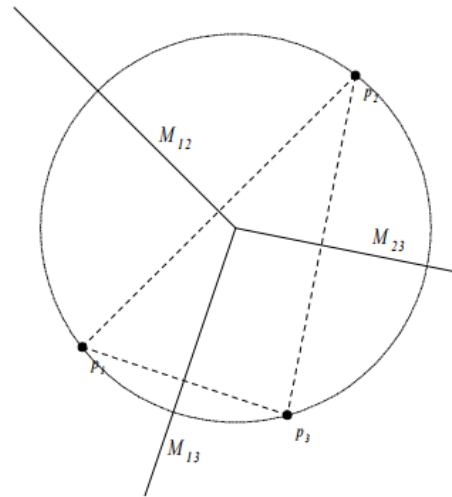


Figura 6: Diagrama Voronoi con tres regiones.

Generalizando a un mayor número de ubicaciones, es evidente que el proceso de la construcción debe tener en cuenta las bisectrices de los segmentos definidos entre cada par de regiones. La bisectriz entre los sitios p_i y p_j se denotará M_{ij} . S_{ij} es el semiplano definido por M_{ij} y que contiene p_i . Así S_{ij} contiene todos los puntos del plano que están más cerca de p_i y de p_j . Para obtener el polígono de Voronoi en p_i , es necesario combinar todos los semiplanos S_{ij} con $i \neq j$, y por lo tanto

$$V(p_i) = \bigcap_{i \neq j} S_{ij}$$

Como semiplanos son, por definición, convexa (no hay ningún segmento definido entre dos puntos del semiplano y contiene puntos que no pertenecen a ella). La intersección de conjuntos convexos es también un convexo ajuste. Por lo tanto, se puede concluir que cualquier polígono de Voronoi también es convexo.

Ejemplo de diagrama de Voronoi con 12 regiones teniendo en cuenta que uno para cada ubicación. En donde los vértices de los polígonos se conectan, excepto cuando tiene cuatro o más ubicaciones co-circular P (Figura 8a); esto se considera degenerado, pero puede ser eliminado con la introducción de alteraciones en los puntos infinitesimales co-circular (Figura 8b).

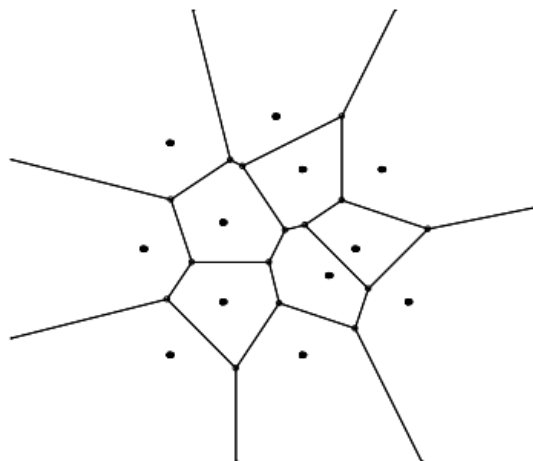


Figura 7: Diagrama Voronoi con 12 regiones.

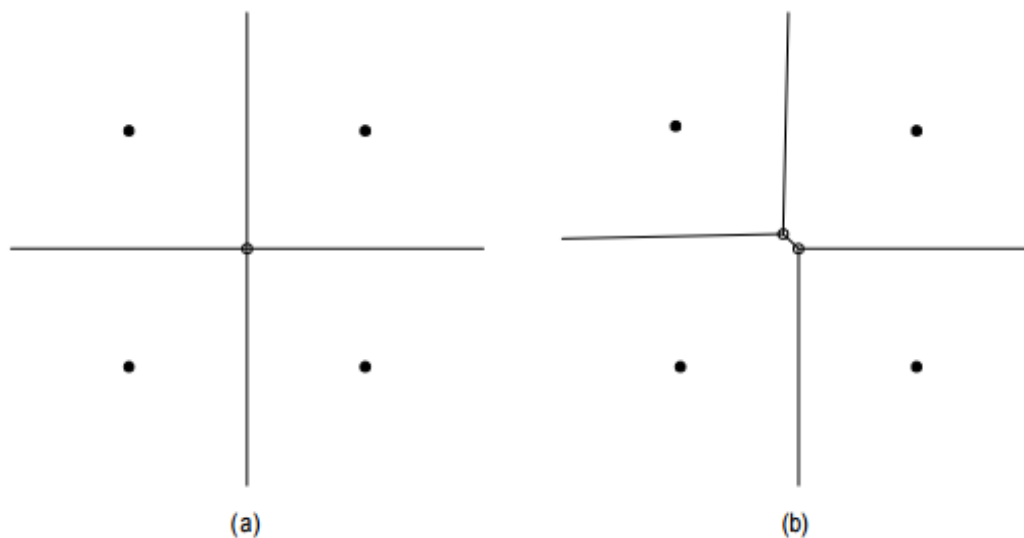


Figura 8: Cuatro puntos co-circulares y perturbación.

Triangulación de Delaunay

Teniendo en cuenta que el grado máximo de un vértice es igual a tres, establece el dual de un diagrama de Voronoi usando una gráfica G , cuyos nodos corresponde a las regiones y cuyos arcos conectan regiones de polígonos de Voronoi que comparten un borde del diagrama. Se muestra que esta gráfica es plana, y por lo tanto es la fórmula de Euler: en un gráfico planar con n vértices, hay $3n - 6$ arcos y $2n - 4$ caras (O'Rourke, 1994).

Trazado G líneas rectas entre los vértices (locales), suponiendo que hay cuatro vértices co-circular que se produce una triangulación de P , que se denomina triangulación de Delaunay y denota $D(P)$. La figura 9 muestra la triangulación de Delaunay en el diagrama Voronoi en la Figura 7.

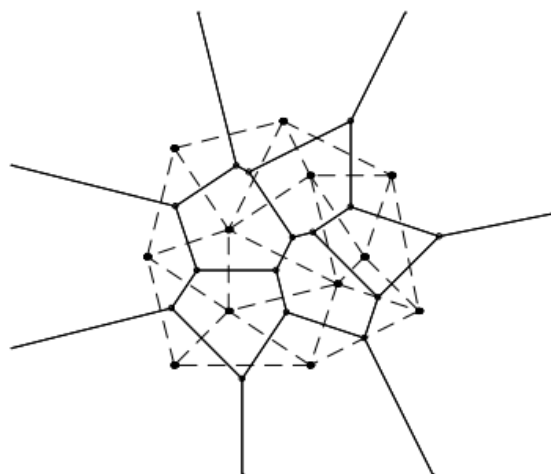


Figura 9: Diagrama de Voronoi (líneas continuas) y la Triangulación de Delaunay (líneas de puntos).

Los autores (O'Rourke, 1994) y (Preparata, 1998) mencionan las propiedades de la triangulación de Delaunay y diagramas de Voronoi, en donde los más interesantes son los siguientes:

- A cada triángulo $D(P)$ le correspondiente un vértice $Vor(P)$;
- Cada nodo $D(P)$ le corresponde un polígono de $Vor(P)$;
- El límite de $D(P)$ coincide con el casco convexo de sitios de P ;
- El interior de cada triángulo $D(P)$ no contiene ninguna ubicación;
- $V(p_i)$ es ilimitada si y sólo si p_i pertenece a la envolvente convexa P ;
- Si el vértice v es un diagrama de Voronoi, en la unión de $V(P_1)$, $V(P_2)$ y $V(P_3)$, entonces v es el centro del círculo definido por p_1 , p_2 y p_3 ;
- Si p_j es el vecino más cercano de p_i , entonces $p_i p_j$ es un borde de $D(P)$.

C) Programación Dinámica (PD)

Según Thaja 1995 la programación dinámica “Es un procedimiento matemático diseñado principalmente para mejorar la eficiencia de cálculo de problemas de programación matemática seleccionados, descomponiéndolos en sub problemas de menor tamaño y por consiguiente más fáciles de calcular. La PD normalmente resuelve el problema en etapas. Los cálculos en las diferentes etapas se enlazan a través de cálculos recursivos de manera que se genere una solución óptima factible a todo el problema.”

Para aclarar un poco la definición se dan las siguientes definiciones:

Definición 1 (máximo): sea $\{a_k\}_{k=1,2,3,\dots,n}$ una sucesión finita, se dice que a_m es el máximo de $\{a_k\}_{k=1,2,3,\dots,n}$ si $a_m \geq a_k$ para $k = 1, 2, 3, \dots, n$.

Definición 2 (mínimo): sea $\{a_k\}_{k=1,2,3,\dots,n}$ una sucesión finita, se dice que a_m es el mínimo de $\{a_k\}_{k=1,2,3,\dots,n}$ si $a_m \leq a_k$ para $k = 1, 2, 3, \dots, n$.

Definición 3 (función recursiva): Sea $f: N \rightarrow S$, donde N es el conjunto de los números naturales y S cualquier conjunto, a F se le denomina una sucesión en S , y se denota $f(n) = S_n$, donde S_n se denomina el n -ésimo elemento de la sucesión. A una función se le llama función de recurrencia si es una sucesión donde el n -ésimo elemento se obtiene a partir de un elemento o varios elementos anteriores de la sucesión.



Relación Recursiva (hacia atrás)

Define la política óptima de la etapa k conocida la política óptima en cualquier estado de la etapa $k+1$

$$f_k^*(x_k) = \min_{u_k} \{c_{x_k u_k} + f_{k+1}^*(x_{k+1})\}$$

Fórmula 2: Relación recursiva

Donde:

- x_k = estado actual en la etapa k
- x_{k+1} = estado en la que se llega a la etapa $k+1$ dependiente del estado inicial x_k y de la decisión u_k
- u_k = variable de decisión en la etapa k
- $f_k(x_k)$ = valor acumulado de la función objetivo para el estado x_k desde la etapa k hasta N
- $c_{x_k u_k}$ = valor de inmediato a tomar la decisión u_k desde el estado x_k

Coste acumulado desde una etapa k hasta el final para un estado x_k , $f_k^*(x_k) =$ Coste inmediato de dicha etapa $c_{x_k u_k} +$ Coste acumulado desde una etapa $k+1$ hasta el final para un estado x_{k+1} , $f_{k+1}^*(x_{k+1})$



2.4 Definición de la Terminología

A. Algoritmo

Este término se utiliza en informática para describir un método de resolución de un problema que es adecuado para su implementación como programa de computadora. Un algoritmo simple puede dar origen a estructuras de datos complicadas, y a la inversa un algoritmo complicado puede utilizar estructura de datos simples. (Coto, 2003).

B. Borde, Arco o Arista

Pueden conectar dos nodos, o, como en algunas aplicaciones, un nodo consigo mismo. Una arista está anclada en sus dos extremos a nodos, o posiblemente al mismo nodo en los dos extremos.

Frecuentemente también tienen algún tipo de información asociado denominado “peso”. Por lo general el arco es el que tiene sentido u orientación.

C. Ciclo

Es un camino que comienza en un nodo y termina en el mismo, si este recorre todos los nodos del grafo se le denomina “tour”. La longitud de un ciclo es la cantidad de bordes que contiene (Coto, 2003).



D. Grado de un Vértice

En (Aracena & Gajardo, 2006) se menciona que el grado de un vértice es igual al tamaño de su vecindad, por lo que se denota:

$$d_+(v) = |N_+(v)|,$$

Fórmula 3: Tamaño de sucesores

$$d_-(v) = |N_-(v)| \text{ y}$$

Fórmula 4: Tamaño de predecesores

$$d(v) = |N(v)|$$

Fórmula 5: Tamaño de la vecindad de un grafo

E. Grafo Conexo

Es un grafo en el cual se puede llegar a un nodo desde cualquier otro mediante un camino. Un grafo conexo sin ciclos es denominado “árbol”. Si no es conexo, puede dividirse en componentes conexas los cuales son subconjunto de nodos y bordes que si son conexos. (Coto, 2003).

F. Nodo o Vértice

Un nodo es un punto de intersección, conexión o unión de varias aristas que confluyen en el mismo lugar. Son entes o estructuras de procesamiento que contiene algún tipo de información (Coto, 2003).



Un nodo que no es conectado a ninguna arista se llama “*nodo aislado*” es de grado cero (0) (Ruohonen, 2013).

G. Optimización

Es un proceso eficiente que conduce a la solución de un problema de manera que se encarga de encontrar una alternativa más rentable o con el más alto rendimiento realizable bajo las limitaciones dadas, maximizando factores deseados y minimizando los no deseados. (Ramos, Sánchez, Ferrer, Barquín, & Linares, 2010).

H. Peso

Valor o información asociada a cada arista o borde del grafo, puede ser positivo o negativo según el tipo de grafo que lo contenga. También conocido como “*costo*”, “*distancias*”, “*confiabilidad*”, etc. (Coto, 2003). En el caso de este trabajo los pesos representarán a las distancias en metros que existen entre nodo a nodo, y no pueden ser negativos.

I. Sistema

Es un objeto complejo o conjunto de elementos interrelacionados con al menos algún otro elemento para cumplir un objetivo en común.

J. Software

Es una secuencia de instrucciones que son interpretadas y ejecutadas por un procesador o por una máquina virtual para la gestión, redireccionamiento o modificación de un dato, información o suceso. Viene a hacer un producto desarrollado por la Ingeniería de Software e incluye no solo el programa para el ordenador sino también de manuales y documentación técnica.

K. Variable

Las variables almacenan datos cuyo valor puede verse modificado durante la ejecución de un programa. Se utilizan para representar tipos de datos muy diferentes.

L. Variable Aleatoria

Una variable aleatoria toma los valores determinados por el resultado de un experimento aleatorio, depende del resultado de algún proceso de medición. Puede estar relacionado con eventos, para estar seguro.

M. Vecindad

En (Aracena & Gajardo, 2006) se menciona que el caso de los vértices en los dígrafos la vecindad se constituye por dos conjuntos,

por el conjunto de predecesores y el conjunto de sucesores los cuales se representan matemáticamente por:

$$N_-(v) = \{u \in V: (u, v) \in E\}$$

Fórmula 6: Conjunto de Predecesores de un Vértice

$$N_+(v) = \{u \in V: (v, u) \in E\}$$

Fórmula 7: Conjunto de Sucesores de un Vértice

Si se habla de un caso con un grafo dirigido la vecindad de v se define por:

$$N(v) = N_+(v) \cup N_-(v)$$

Fórmula 8: Vecindad de v en un grafo dirigido

En el caso contrario si se habla de un caso con grafo no dirigido la vecindad solo sería:

$$N(v) = \{u \in V: \{u, v\} \in E\}$$

Fórmula 9: Vecindad de v en un grafo no dirigido

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de la Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación corresponde a ser de Tipo Aplicada ya que se aplicarán teorías desarrolladas en la investigación hacia el entendimiento de situaciones problemáticas o planteamiento de soluciones a problemas específicos. (Dios, 2013).

De igual manera es de Tipo Aplicada Tecnológica, porque busca dar solución a problemas de una realidad compleja ya que genera conocimientos o métodos dirigidos al sector productivo de bienes y servicios, ya sea con el fin de mejorarlo y hacerlo más eficiente, o con el fin de obtener productos nuevos y competitivos en dicho sector.

3.1.2 Diseño de la Investigación

Se trata de una investigación **Cuasi experimental**, porque se establecerá el efecto de una variable independiente (Sistema optimizador de rutas de trabajo), sobre otra variable dependiente (Rutas de trabajo).

3.1.3 Método de Investigación

Método de la investigación que se aplica es Cuantitativo porque la información requerida en el manejo de la investigación se expresa en

dimensiones numéricas, para el análisis es necesario el uso de la estadística, para determinar las relaciones entre las variables de estudio.

3.2. Población y Muestra

La selección de las cantidades de la población y la muestra se detallan en el anexo 6.

3.2.1. Población

La población para el presente proyecto de investigación son las 18 rutas que contiene un total de 755 predios o puntos de acción tomados del trabajo semanal de 3 operarios de campo.

3.2.2. Muestra

La muestra para el presente proyecto de investigación son 6 rutas que contienen un total de 215 predios o puntos de acción tomados del trabajo realizado por los 3 operarios de campo realizado en 2 días laborales.

3.3. Hipótesis

Mediante el desarrollo de un sistema que utilice el algoritmo de Dijkstra y los diagramas de Voronoi, permitirá la optimización de rutas de trabajo en el departamento de Micromedición de la empresa EPSEL S.A.

El análisis y la selección de los algoritmos se realizan en el anexo 1 y 2.



3.4. Variables

Las variables dependientes e independientes de esta tesis se mencionan a continuación:

3.4.1. Variable Dependiente

Rutas de trabajo

Son los diferentes caminos por los cuales se llega a un punto de acción (predios) desde algún origen. Son estas las que se optimizan para poder cumplir con las metas de trabajo diario en el departamento de Micromedición de la empresa EPSEL S.A.

3.4.2. Variable Independiente

Sistema optimizador de rutas de trabajo

Es el sistema que utiliza las técnicas del algoritmo de Dijkstra y diagramas de Voronoi para realizar la optimización de las rutas de trabajo y sectorización de zonas laborales.



3.5. Operacionalización

Tabla 1: Operacionalización de variables

V. Independiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad Medida	Fórmula	Descripción	Periodo
Sistema optimizador de rutas de trabajo	Herramienta sistémica que optimiza y sectoriza las rutas de trabajo	Grado de confiabilidad del software	%	$E = RT2 - RT1$	E= Eficiencia del sistema RT1 = Resultado total 1 RT2 = Resultado total 2	día
V. Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad Medida	Fórmula	Descripción	Periodo
Rutas de Trabajo	Trabajo asignado a los operarios	Resultados de los trabajos asignados	%	$RT = (TRD * 100) / CL$ $TRD = (TRM + TRT + TRO)$	RT = Resultado total CL = Carga laboral TRD = Trabajo realizado en el día TRM = Trabajo realizado mañana TRT = Trabajo realizado tarde TRO = Trabajo realizado fuera horario	día

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En la investigación de esta tesis se utilizaron técnicas y herramientas las cuales se mencionan a continuación:

3.6.1. Técnicas

A) Encuesta

La encuesta, es un modelo general de investigación, un diseño o método que se apoya fundamentalmente en una técnica de recolección que es la entrevista, aunque también utiliza observaciones y datos secundarios. (Guillén, 2009).

B) Observación Científica

La observación puede definirse como el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de la investigación. Dicho de otro modo, observar científicamente es percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que, previamente, han sido definidos como de interés para la investigación. (Guillén, 2009).

3.6.2. Herramientas

A) Cuestionario

El cuestionario es un instrumento estructurado de recogida de datos primarios. Su objetivo es medir variables, mediante la obtención de



información que el investigador desconoce (características sociosanitarias, demográficas, etc.), o evaluar los conocimientos que el encuestado posee sobre un tema concreto (es el caso de los exámenes).

Reservamos el término encuesta para designar al proceso en el que habitualmente se emplean cuestionarios compuestos por preguntas cerradas. (Guillén, 2009).

B) Guía de Observación

Permite concentrarse en lo que desea profundizar mediante la observación y algún método de registro que no le dejen a su sola memoria el trabajo de retener lo importante. Si puede utilizar una cámara de video, ideal, pero no es indispensable. Una grabadora de sonido, un cuaderno para tomar notas.

3.7. Procedimiento para la Recolección de Datos

El procedimiento para la recolección de datos a realizar en el presente proyecto es:

En una primera fase se debe realizó una entrevista a los operarios de campo acerca del acceso a los predios de sus cargas laborales.



En la segunda fase se realizó la recolección de los datos de las rutas de trabajo realizadas por los operarios de trabajo del departamento de Micromedición a través de encuestas, llevándose a cabo con los siguientes pasos:

- A) Establecer el tiempo
- B) Identificar los recursos
- C) Proceso:
 - a) Preparación de los encuestadores
 - b) Recolección de datos
 - c) Tabulación y análisis de datos

Luego de haber realizado el sistema, en la tercera fase se procedió a ingresar los datos de los puntos de acción para su respectivo análisis del sistema para que devuelva los resultados y poder brindárselos a los operarios y recoger nuevamente los datos siguiendo los pasos de la primera fase, con la finalidad de poder analizar y contrastar si los resultados fueron mejorados.



Tabla 2: Técnicas e instrumentos

TECNICA	INSTRUMENTO
Recolección de información	<p>Encuestas:</p> <p>Las encuestas fueron aplicadas en la empresa EPSEL S.A. para poder realizar la evaluación de los resultados con el uso del software</p>
	<p>Entrevistas:</p> <p>Se realizaron preguntas a los operarios de campo del departamento de Micromedición acerca del acceso a los predios de sus cargas laborales</p>
Planteamiento de soluciones	<p>Metodología: Extreme Programming (xp)</p> <p>Algoritmos: Algoritmo de Dijkstra y Diagramas de Voronoi</p>
Análisis de Resultados	<p>El análisis de los resultados se realizará con el software SPSS</p>

Fuente: Elaboración propia



3.8. Plan de Análisis Estadístico de Datos

3.8.1 Enfoque Cualitativo

Se entrevistó a los operarios de campo del departamento Micromedición de la empresa EPSEL S.A.

- a) Se tiene una reunión en la cual se acuerda los lugares en donde se realizan las funciones de cada operario.
- b) Se les imparte un documento conteniendo las direcciones de los predios los cuales pertenecen a su carga laboral para luego salir a campo a realizar sus funciones de trabajo.
- c) Los operarios una vez en campo, se dirigen a los predios en donde se llevan a cabo cada función que se le es asignada.
- d) Al dirigirse a los predios designados, se les complica acceder a cada uno de ellos por diferentes motivos como direcciones en desorden, inexistentes o incompletas, como también el desconocimiento de las calles o la desorientación de dichos operarios.



e) Al culminar su horario de trabajo los operarios deben de terminar con la carga laboral asignada, realizándola fuera de su horario de trabajo lo cual provoca un trabajo extra para cada uno de ellos.

f) Los predios faltantes de las cargas laborales son realizados los días no laborables por la empresa.

3.8.2 Enfoque Cuantitativo

Los datos obtenidos se presentan conforme a los criterios de la estadística de la investigación utilizando el software SPSS así como matrices de datos, tablas de frecuencia y de porcentaje y gráficos de barras.

Los datos son analizados cuantitativamente, mediante la estadística descriptiva, donde se utilizan medidas de tendencia central, como la media aritmética y la moda, no obstante la fórmula de la sumatoria y obtención de datos como valores mínimos, máximos y el rango.

Sumatoria: operación matemática que se utiliza para realizar el cálculo de muchos o infinitos sumandos. Su fórmula se muestra en la siguiente imagen:

$$\sum_{i=1}^n x_i = \sum x_i$$

Fórmula 10: Fórmula de la sumatoria

Donde:

n : es la cantidad de valores a ser sumados

i : es el valor inicial de donde se comienza a contar los valores

Media: También denominada promedio aritmético, para ser calculada no se necesita ordenar los valores de los datos, simplemente se suman todos los valores y se divide entre el número de los mismo. Su fórmula se muestra en la siguiente imagen:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Fórmula 11: Fórmula de la mediana

Donde:

\bar{X} : es el valor calculado de la media aritmética

I : es el valor inicial de donde se comienza a contar los valores

n : es el número de valores que se suman

X_n : es el último valor a ser sumado

Moda: en estadística, pertenece a las medidas de tendencia central la cual nos indica las veces que más se repite un valor dentro de un conjunto de datos. En algunas ocasiones se encuentran dos valores que se repiten con mayor frecuencia a lo cual se le denomina Bimodal, como también se puede encontrar casos con más de dos frecuencias a lo cual se le denomina multimodal.

Valor Mínimo: es el menor valor tomado de un conjunto de datos a ser analizados.

Valor Máximo: es el mayor valor tomado de un conjunto de datos.

Rango: es el valor obtenido por el resultado de la resta del Valor Máximo con el Valor Mínimo.

3.9. Criterios de Rigor Científico

Al utilizar el algoritmo de Dijkstra en el sistema, se realiza la identificación de las rutas óptimas de los puntos de acción sobre una red de los mismos, cuando se requiera consultar por un par de nodos, donde se ingrese un nodo de posición inicial y otro de posición final y muestre el camino más cercano (óptimo) a recorrer desde uno al otro; pero no solo en consultas entre un par de nodos, sino también en consultas entre

varios, como por ejemplo identificar la ruta de diez (10) puntos de acción a visitar, ingresando el nodo inicial y los diez (10) nodos a recorrer, lo cual muestra el camino más corto a recorrer por el o los trabajadores designados.

Cuando se requiera conocer los puntos de acción más cercanos de una zona a visitar ya sea por inspección, verificación, auditoria, investigación u otro motivo, a medidores o predios de los usuario, se hace uso de los Diagramas de Voronoi, el cual permite la sectorización de una región geográfica según los puntos centrales ingresados por el sistema, los cuales luego de ser identificados se aplicará la ruta óptima sobre dichos puntos de acción, permitiendo el acceso o camino menos recorrido por el o los trabajadores o interesados.

Al ya tener identificadas las rutas óptimas se genera un itinerario con carga laboral ordenado, entendible, real y accesible, que permita el trabajo eficiente de los trabajadores de campo y de igual manera un trabajo eficaz por parte del departamento de Micromedición.



CAPÍTULO IV

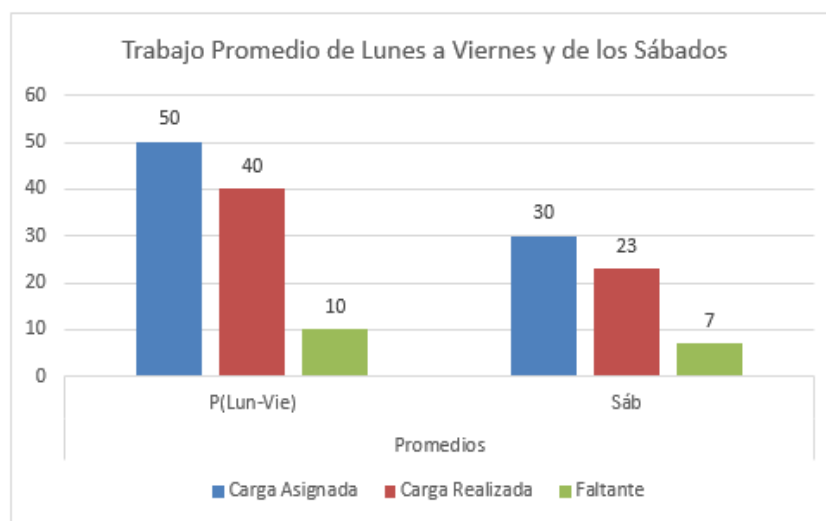
**ANÁLISIS E
INTERPRETACIÓN DE
LOS RESULTADOS**

4.1 Resultados en tablas y gráficos

4.1.1 Pre-Análisis

El resumen de lo analizado de los datos de un notificador se muestra a continuación:

Gráfico 2: Trabajo promedio de lunes a viernes y sábados del notificador



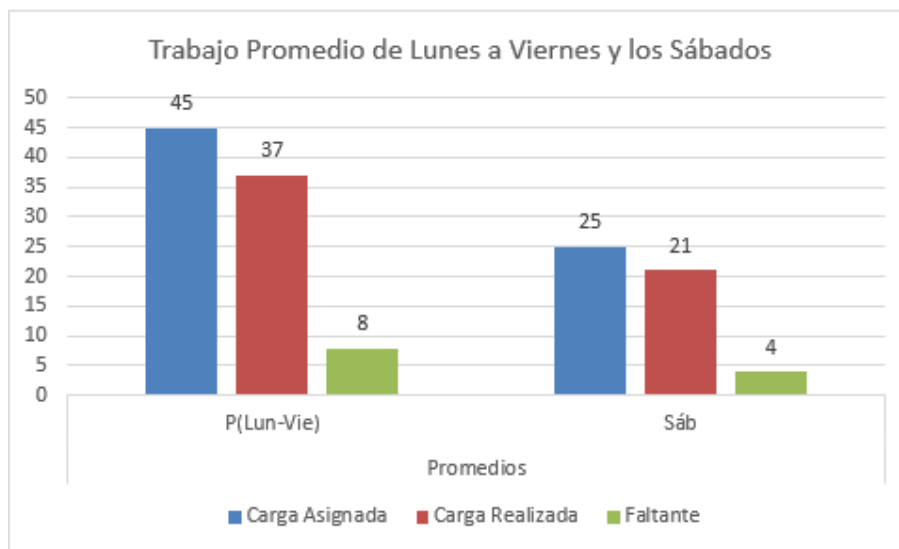
Fuente: Elaboración propia

De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al notificador se le asignó una carga de 50 (100%) predios direcciones, o puntos de acción en cualquier día de la semana; de los cuales al finalizar su trabajo diario logró realizar un total de 40 (80%) de los predios, dejando un faltante de 10 (20%) predios sin cumplir su función. El día sábado se le asignó una carga de 30 (100%) predios y de los cuales logró realizar 23 (77%) visitas, dejando un faltante de 7 (23%) predios sin llegar a cumplir su función.

El resumen de lo analizado de los datos de un verificador se muestra a continuación:

Gráfico 3: Trabajo promedio de lunes a viernes y los sábados



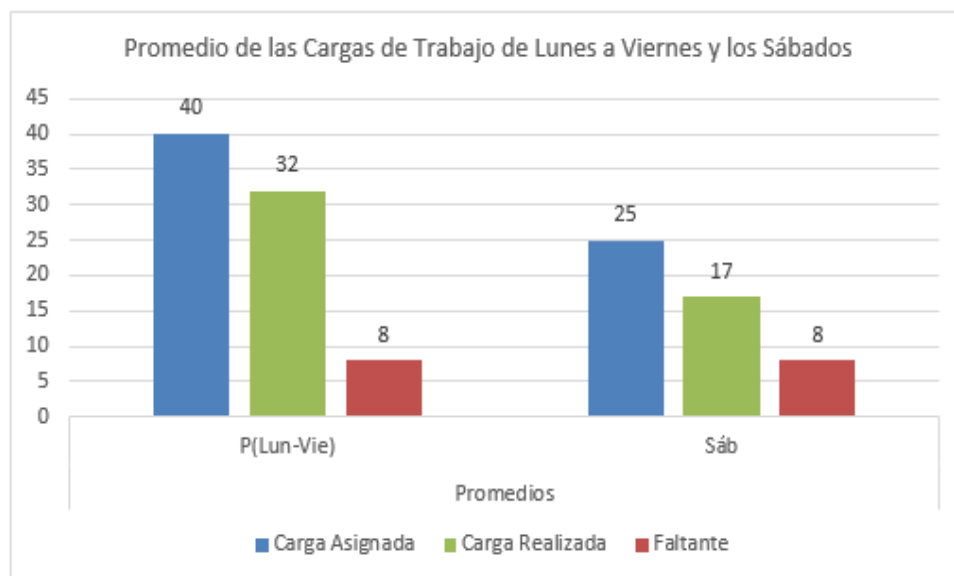
Fuente: Elaboración propia.

De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al verificador se le asignó una carga de 45 (100%) predios direcciones, o puntos de acción en cualquier día de la semana; de los cuales al finalizar su trabajo diario logró realizar un total de 37 (82.22%) de los predios, dejando un faltante de 8 (17.78%) predios sin cumplir su función. El día sábado se le asignó una carga de 25 (100%) predios y de los cuales logró realizar 21 (84%) visitas, dejando un faltante de 4 (16%) predios sin llegar a cumplir su función.

El resumen de lo analizado de los datos de un inspector se muestra a continuación:

Gráfico 4: Promedios de las cargas de trabajo de lunes a viernes y los sábados



Fuente: Elaboración propia.

De lo analizado se deduce lo siguiente:

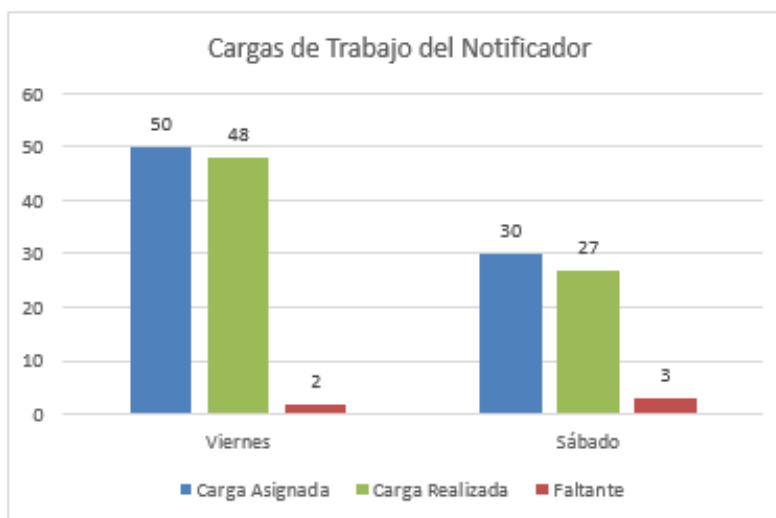
Que al inspector se le asignó una carga de 40 (100%) predios direcciones, o puntos de acción en cualquier día de la semana; de los cuales al finalizar su trabajo diario logró realizar un total de 32 (80%) de los predios, dejando un faltante de 8 (20%) predios sin cumplir su función. El día sábado se le asignó una carga de 25 (100%) predios y de los cuales logra realizar 17 (68%) visitas, dejando un faltante de 8 (32%) predios sin llegar a cumplir su función.



4.1.2 Post-Análisis

El resumen de lo analizado de los datos de un notificador se muestra a continuación:

Grafico 5: Cargas de trabajo del notificador.



Fuente: Elaboración propia.

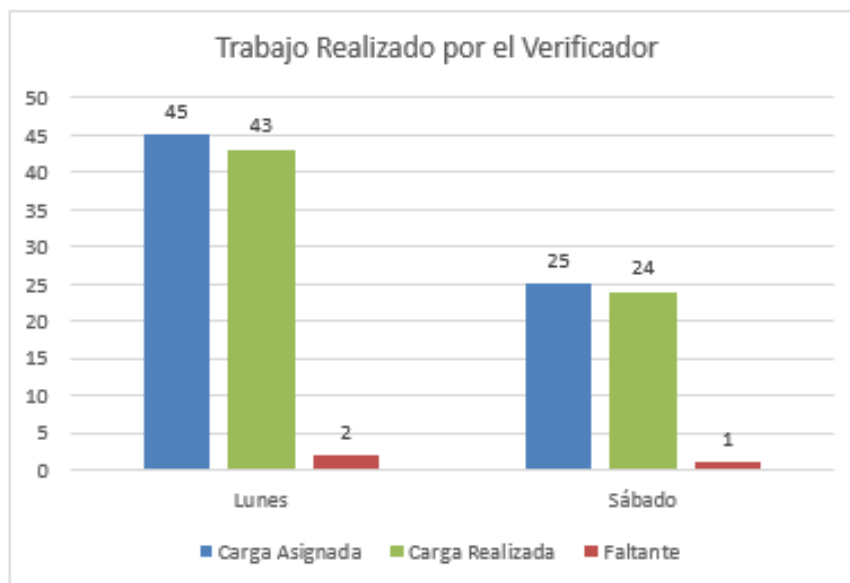
De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al notificador se le asignó una carga de 50 (100%) predios, direcciones o puntos de acción; de los cuales al finalizar su trabajo logró realizar un total de 48 (96%) de los predios, dejando un faltante de 2 (4%) predios. El día sábado se le asignó una carga de 30 (100%) predios y de los cuales logró realizar 27 (90%) visitas, dejando un faltante de 3 (10%) predios.



El resumen de lo analizado de los datos de un verificador se muestra a continuación:

Gráfico 6: Cargas de trabajo del Verificador



Fuente: Elaboración propia

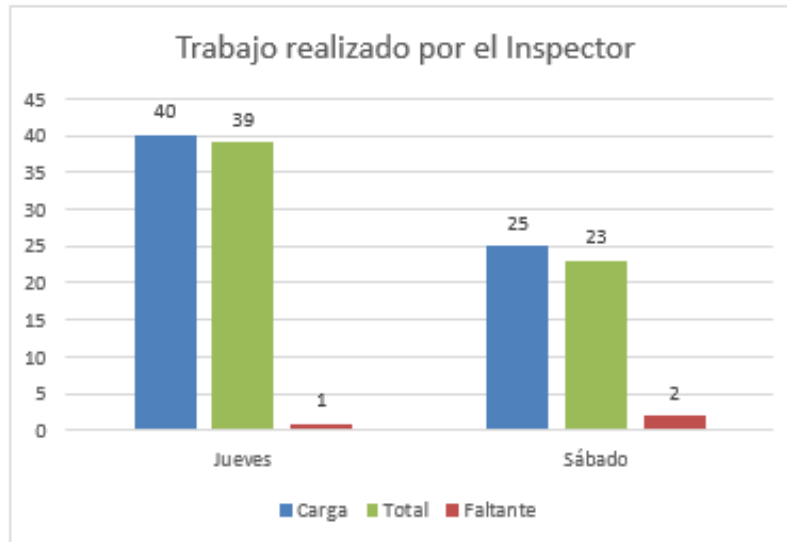
De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al verificador se le asignó una carga de 45 (100%) predios, direcciones o puntos de acción; de los cuales al finalizar su trabajo logró realizar un total de 43 (96%) de los predios, dejando un faltante de 2 (4%) predios sin cumplir su función. El día sábado se le asignó una carga de 25 (100%) predios y de los cuales logró realizar 24 (96%) visitas, dejando un faltante de 1 (4%) predio sin cumplir su función.



El resumen de lo analizado de los datos de un inspector se muestra a continuación:

Gráfico 7: Cargas de trabajo del Inspector



Fuente: Elaboración propia

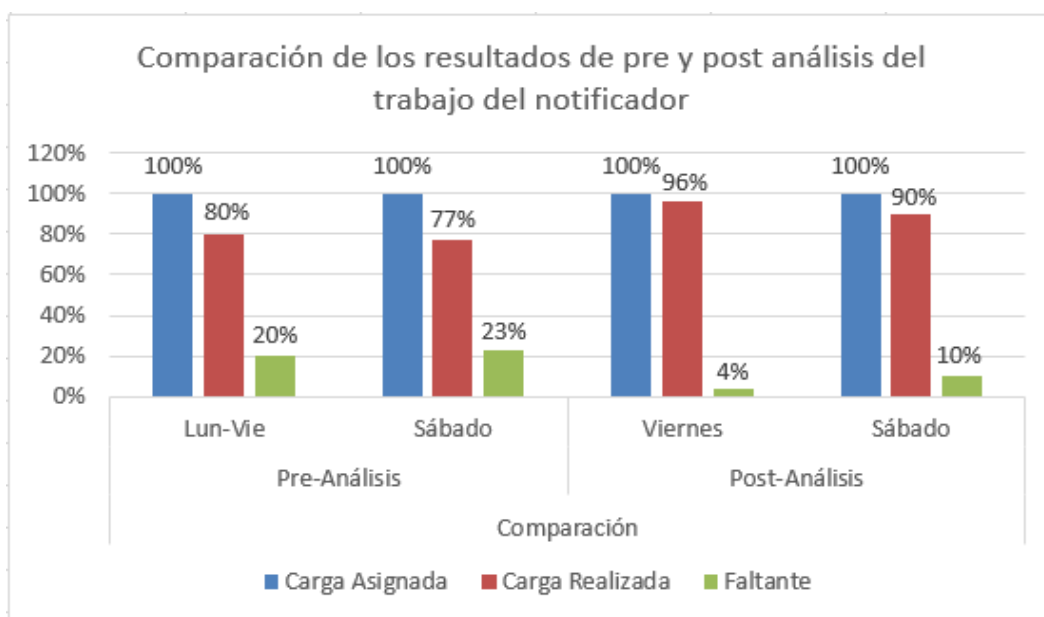
De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al inspector se le asignó una carga de 40 (100%) predios, direcciones o puntos de acción; de los cuales al finalizar su trabajo logró realizar un total de 39 (98%) de los predios, dejando un faltante de 1 (3%) predios sin cumplir su función. El día sábado se le asignó una carga de 25 (100%) predios y de los cuales logró realizar 23 (92%) visitas, dejando un faltante de 1 (8%) predio sin cumplir su función.

4.2 Discusión de Resultados

Comparación de los resultados de pre-análisis con los del post-análisis del trabajo realizado por el notificador.

Gráfico 8: Comparación de los resultados del Pre y Post análisis del trabajo del notificador



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior se concluye lo siguiente:

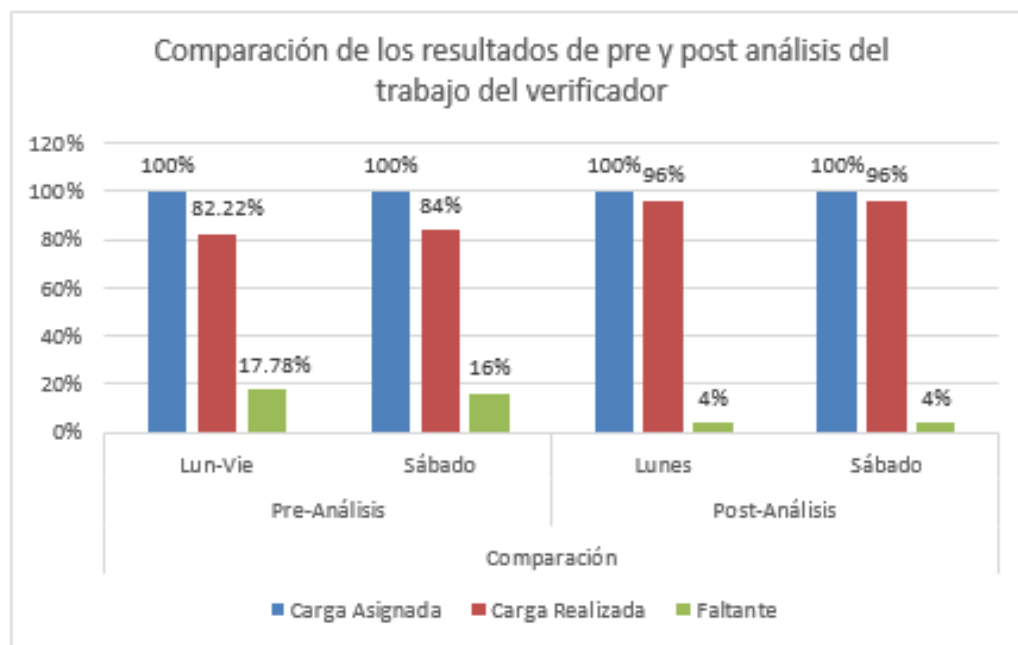
La carga laboral es invariable tanto para el pre análisis como para el post análisis de un día particular de la semana, debido a que es la misma y equivale a 50 (100%) predios, de igual manera para los días sábados el cual equivale a 30 (100%) predios que se le fue asignado al notificador.

Para un día particular de la semana el porcentaje ganado del trabajo realizado durante todo el día es del 16%, por lo que el porcentaje ganado del trabajo faltante de todo el día laboral según su carga asignada es de un 16%, el cual disminuye considerablemente. Para el día sábado el porcentaje ganado del trabajo realizado durante todo el día es del 13 %, por lo que el porcentaje ganado del trabajo faltante de todo el día laboral según su carga asignada es de un 13 %, el cual disminuye considerablemente.



Comparación de los resultados de pre-análisis con los del post-análisis del trabajo realizado por el verificador.

Gráfico 9: Comparación de los resultados del Pre y Post análisis del trabajo del verificador



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior se concluye lo siguiente:

La carga laboral es invariable tanto para el pre análisis como para el post análisis de un día particular de la semana, debido a que es la misma y equivale a 45 (100%) predios, de igual manera para los días sábados el cual equivale a 25 (100%) predios que se le fue asignado al verificador.

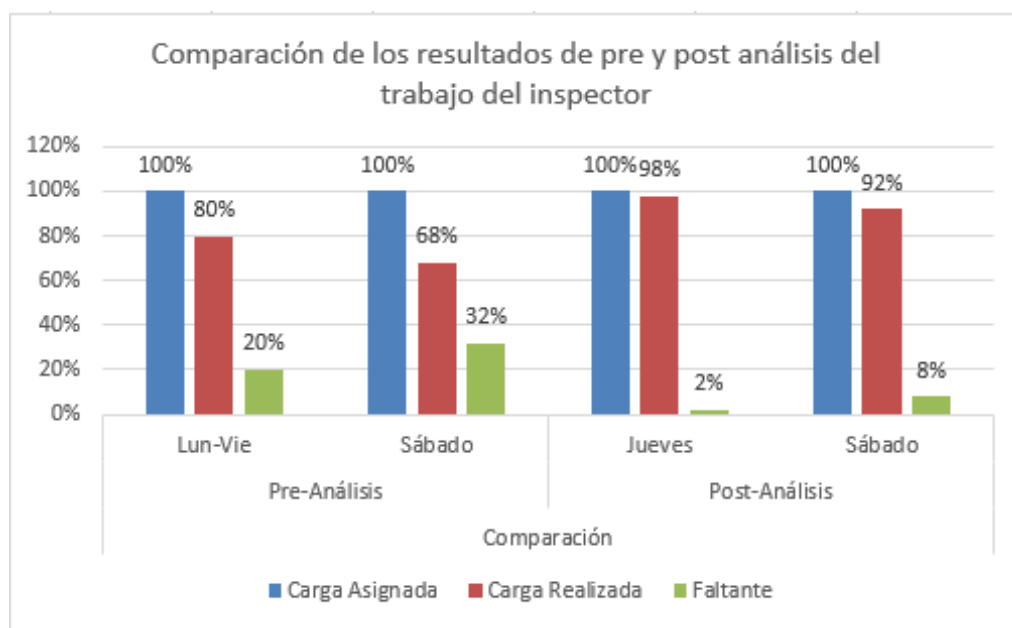


Para un día particular de la semana el porcentaje ganado del trabajo realizado durante todo el día es del 13.78%, por lo que el porcentaje ganado del trabajo faltante de todo el día laboral según su carga asignada es de un 13.78%, el cual disminuye considerablemente. Para el día sábado el porcentaje ganado del trabajo realizado durante todo el día es del 12 %, por lo que el porcentaje ganado del trabajo faltante de todo el día laboral según su carga asignada es de un 12 %, el cual disminuye considerablemente.



Comparación de los resultados de pre-análisis con los del post-análisis del trabajo realizado por el inspector.

Gráfico 10: Comparación de los resultados del Pre y Post análisis del trabajo del inspector



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior se concluye lo siguiente:

La carga laboral es invariable tanto para el pre análisis como para el post análisis de un día particular de la semana, debido a que es la misma y equivale a 40 (100%) predios, de igual manera para los días sábados el cual equivale a 25 (100%) predios que se le fue asignado al inspector.



Para un día particular de la semana el porcentaje ganado del trabajo realizado durante todo el día es del 18%, por lo que el porcentaje ganado del trabajo faltante de todo el día laboral según su carga asignada es de un 18%, el cual disminuye considerablemente. Para el día sábado el porcentaje ganado del trabajo realizado durante todo el día es del 24 %, por lo que el porcentaje ganado del trabajo faltante de todo el día laboral según su carga asignada es de un 24 %, el cual disminuye considerablemente.

De los cuadros se deduce que se mejora el trabajo de los operarios ya que aumentan los porcentajes de su trabajo realizado según su carga laboral en porcentajes razonables, ya que logran llegar a sus destinos según los datos obtenidos por el sistema optimizador de rutas de trabajo, al aplicar las técnicas del algoritmo de Dijkstra y los diagramas de Voronoi.

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Generalidades de la Propuesta

La presente investigación desarrolla un sistema de optimización de rutas de trabajo para reducir el tiempo de acceso a los predios en donde se realizan las diferentes funciones designadas a cada operario del departamento de Micromedición de la empresa EPSEL S.A.

Las características principales del producto están contenidas en los mencionados módulos.

5.2 Metodología

La propuesta de la presente investigación está basada en la metodología de desarrollo Xp (Extreme Programming), que es un proceso de ingeniería del software que proporciona un acercamiento disciplinado a la asignación de tareas y responsabilidades en el desarrollo de proyectos. Su propósito es asegurar la producción de software de alta calidad que se ajuste a las necesidades de los usuarios finales con unos costos y calendario predecibles.

En definitiva Xp es una metodología de desarrollo de software que intenta integrar todos los aspectos a tener en cuenta durante todo el ciclo de vida del software, con el objetivo de hacer abarcables tanto pequeños como grandes proyectos de software, además proporciona herramientas para todos los pasos de su desarrollo.



Asimismo para la construcción y documentación de los distintos entregables que demandará el proceso de desarrollo, así como para la elaboración de distintos diagramas que servirán de mucho en el análisis y diseño del sistema.

Flujograma para la realización de la investigación:

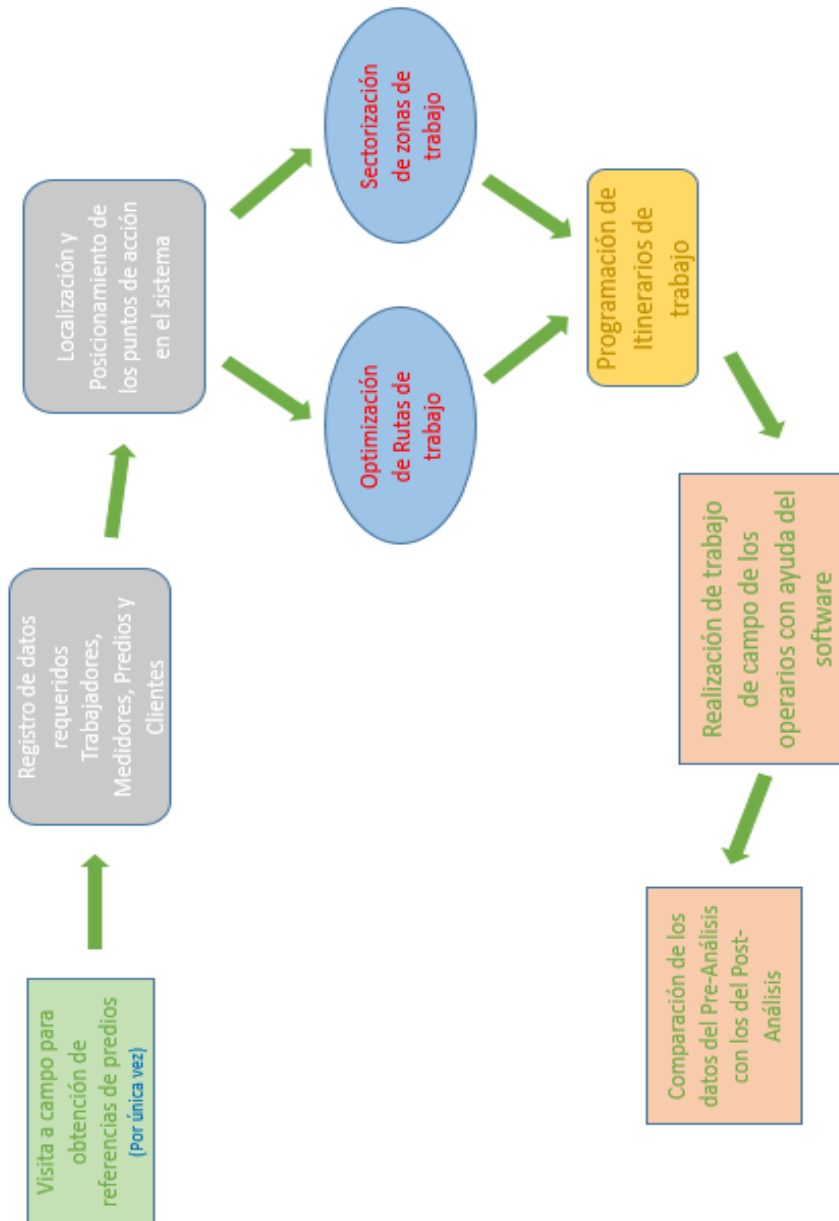


Figura 10: Flujo de la realización de la investigación

Fuente: Elaboración propia



Fases de la Metodología *eXtreme Programming*

5.2.1 Fase de Planificación del Proyecto

En esta fase se plantearon a grandes rasgos los intereses de los resultados del software a través de las denominadas Historias de usuario.

A) Historias de usuario

Para el desarrollo del sistema se tomarán en cuenta los datos mostrados por las historias de usuario que se muestran a continuación:

Historias de usuario N° 17 en donde se especifican los requisitos funcionales para el formulario de localización de un punto o de un predio.

Historia de Usuario	
17	
Nombre	Localización de un punto o predio
Descripción	Como usuario del sistema requiero localizar un predio mediante su dirección y capturar su latlng
Criterios de Aceptación	
1.- Realizar la búsqueda de un punto mediante su dirección y capturar su latitud y longitud para poder asociarlo a un predio de un cliente. 2.- Realizar la localización mediante coordenadas de latitud y longitud. 3.- Realizar una lista de los predios localizados. 4.- Guardar los predios localizados. 5.- Al Registrar validar si la dirección o el predio ya se encuentra localizados y con las coordenadas en la base de datos, mostrar un mensaje si se logró realizar o no la operación. 6.- Al Cancelar limpiar los campos y la lista de predios localizados.	
Prioridad: 17	Dependencia: 11,15
Versión: 2.0	

Cuadro 1: Historia de usuario para la localización de un punto o predio

Fuente: Elaboración propia



Historias de usuario N° 18 en donde se especifican los requisitos funcionales para el formulario de optimización de las rutas.

Historia de Usuario	
18	
Nombre	Optimizador de Rutas
Descripción	Como usuario del sistema requiero optimizar las direcciones de los predios localizados existentes en la base de datos
Criterios de Aceptación	
1.- Realizar la búsqueda de un punto mediante su dirección ubicado en la base de datos. 2.- Puede estar en la base de datos o podría buscarse desde la web. 3.- Realizar la optimización al hacer clic en un botón. 4.- Listar las direcciones luego de haberse hallado la ruta óptima. 5.- Indicar los pasos a seguir para la ruta óptima. 6.- Guardar la lista de las direcciones pertenecientes a la ruta óptima encontrada. 7.- Al Cancelar limpiar los campos y la lista de predios localizados.	
Prioridad: 20	Versión: 2.0 Dependencia: 16, 17

Cuadro 2: Historia de usuario para la optimización de ruta de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Historias de usuario N° 19 en donde se especifican los requisitos funcionales para el formulario de sectorización de regiones geográficas.

Historia de Usuario	
19	
Nombre	Sectorizador de regiones geográficas
Descripción	Como usuario del sistema requiero sectorizar las regiones en donde cumplirán sus funciones los operarios.
Criterios de Aceptación	
1.- Realizar la búsqueda de un punto central mediante su dirección ubicado en la base de datos. 2.- Puede estar en la base de datos o podría buscarse desde la web. 3.- Realizar la sectorización al hacer clic en un botón. 4.- Listar las direcciones luego de calcular las regiones. 5.- Guardar la lista de las direcciones pertenecientes a la sectorización realizada si es que es necesario. 6.- Al Cancelar limpiar los campos y la lista de predios localizados y limpiar el mapa.	
Prioridad: 20	Versión: 2.0 Dependencia: 17

Cuadro 3: Historia de usuario para la sectorización de regiones geográficas

Fuente: Elaboración propia



Historias de usuario N° 7 en donde se especifican los requisitos funcionales para el formulario registro de predios.

Historia de Usuario	
7	
Nombre	Registro del Predio
Descripción	Como usuario del sistema requiero registrar los datos de un predio
Criterios de Aceptación	
1.- Indicar los datos del predio: código catastral, dirección, número, interior, manzana, lote, el tipo de material (noble, adobe o mixto), el estado (bueno, malo, regular), número de pisos, número de suministro eléctrico en el caso que se halle grabado en la fachada del predio, el ubigeo, latitud, longitud, descripción y la asignación. 2.- Verificar que se muestre el código de ubigeo. 3.- Al indicar los datos a registrar del predio, la asignación debe estar desmarcada y verificar que esté inhabilitada desde el load del formulario. 4.- Al registrar los datos debe validar los datos en la BD: código catastral, dirección (número, interior, manzana y lote) , latitud y longitud; y mostrar un mensaje si se realizó correctamente la operación o hubo un error. 5.- Al Cancelar limpiar todo y mostrar el view de predios.	
Prioridad: 20	Versión: 2.0
Dependencia: 1	

Cuadro 4: Historia de usuario para el formulario de registro de predios

Fuente: Elaboración propia

Historias de usuario N° 3 en donde se especifican los requisitos funcionales para el formulario registro de naturaleza de medidor.

Historia de Usuario	
3	
Nombre	Registro, modificación y visualización de la Naturaleza del Medidor
Descripción	Para el registro de un medidor se debe tener en cuenta la naturaleza de dicho medidor.
Criterios de Aceptación	
1.- Ingresar los campos de la naturaleza del medidor: Naturaleza y Descripción. 2.- Permitir la modificación de los datos de una naturaleza. 3.- Visualizar los datos de las naturalesas.	
Prioridad: 5	Versión: 2.0
Dependencia: 0	

Cuadro 5: Historia de usuario para el formulario de registro naturaleza de medidor

Fuente: Elaboración propia



Historias de usuario N° 2 en donde se especifican los requisitos funcionales para el formulario registro de tipo de trabajador.

Historia de Usuario	
2	
Nombre	Registro de tipo de trabajador o cargo
Descripción	Para el registro de un trabajador se requiere un tipo de trabajador o cargo de este
Criterios de Aceptación	
1.- Se requiere registrar el tipo de trabajador y una descripción opcional de cada tipo. 2.- Se desea listar los tipos y sus descripciones correspondientes. 3.- Debe permitirse modificar los datos registrados de cada tipo de trabajador. 4.- Al realizar el registro de los datos, se debe validar en la base de datos que no exista un tipo de trabajador igual.	
Prioridad: 5	Versión: 2.0
Dependencia: 0	

Cuadro 6: Historia de usuario para el formulario de registro tipo de trabajador

Fuente: Elaboración propia



B) Iteraciones

a) Estimación de esfuerzos por Historia de usuario

Durante la fase de planificación se realizó una estimación del esfuerzo que costará implementar cada historia de usuario. Este se expresa utilizando como medida el punto. Un punto es considerado como una semana de trabajo. Esto permite tener una medida real de la velocidad de progreso del proyecto, obteniendo una guía razonable a la cual ajustarse. Los datos se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 7: Estimación de esfuerzos

HISTORIAS DE USUARIO	PUNTOS ESTIMADOS
Autenticar Usuario	0.1
Ubigeo	0.5
Medidor Naturaleza	0.5
Tipo Trabajador	0.5
Trabajador	1
Predio	1
Medidor	1
Cliente	1
Localización y Posicionamiento de puntos de acción	1.5
Optimizador de Rutas	1.5
Sectorizador de Regiones	1.5
Visualización de Reportes	1

Fuente: Elaboración propia

b) Plan de duración de las Iteraciones

Como parte del ciclo de vida del presente proyecto, se creó el plan de duración de cada una de las iteraciones. Este plan se encarga de mostrar las historias de usuario que fueron implementadas en cada una de las iteraciones, de igual manera la duración estimada de cada una y el orden en que se implementaron.



Cuadro 8: Duración de las Iteraciones

Iteraciones	Historias de Usuario	Duración de Iteraciones
1ra Iteración	Autenticar Usuario Ubigeo Medidor Naturaleza Tipo Trabajador	2 Semanas
2da Iteración	Trabajador Predio Medidor Cliente	4 Semanas
3ra Iteración	Localización y Posicionamiento de puntos de acción Optimizador de Rutas Sectorizador de Regiones Visualización de Reportes	6 Semanas

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Fase de Diseño

A) Prototipos de pantallas a base de Mockups

En esta subsección se presentan los prototipos de las pantallas principales del sistema, los cuales son: localización, optimización y sectorización.

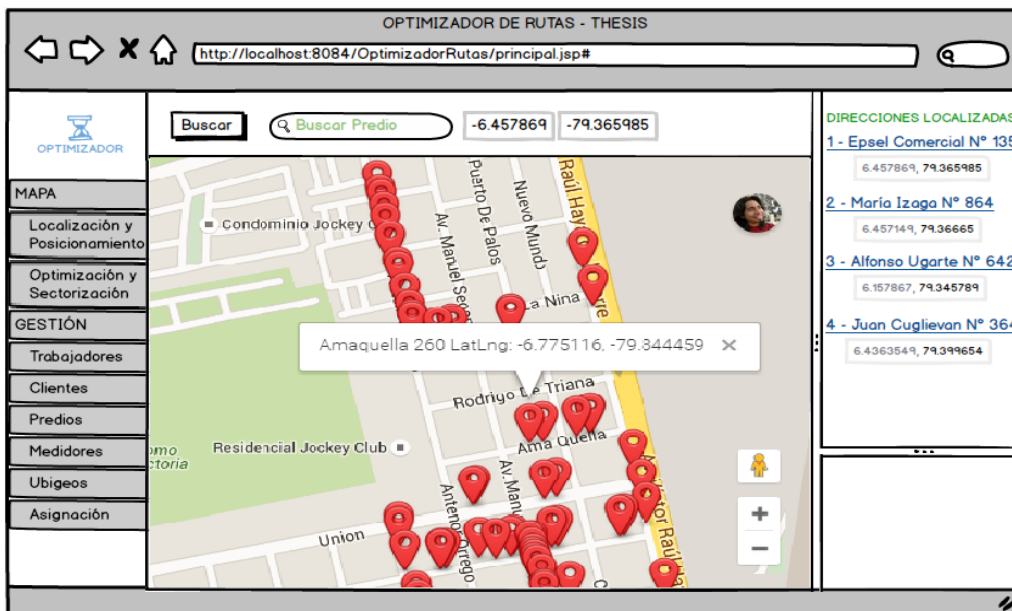


Figura 11: Mockups de localización de predios diseñado para su programación

Fuente: Elaboración propia



En la figura 11 se plantea un bosquejo para la ventana que permite la localización de un predio, mediante el ingreso de la dirección el cual muestra y captura las coordenadas de latitud y longitud, para ser almacenadas en la base de datos del sistema y poder utilizarlas a modo local.

También presenta una sección en donde se listan los predios que han sido ubicados o localizados para su visualización en el sistema.



Figura 12: Mockups del optimizador de rutas diseñado para su programación

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 se plantea un bosquejo para la ventana que permite la optimización de un predio, mediante el ingreso de la dirección el cual muestra un icono de un predio al ser ubicado en el mapa, luego de realizar el ingreso de las direcciones se realiza la optimización de dicha ruta de trabajo.



De igual manera presenta una sección en donde se listan los predios que han sido optimizados y se muestran de forma ordenada según el ordinal correspondiente al recorrido.

En la figura 14, se plantea un bosquejo para la ventana que permite la sectorización de regiones, mediante el ingreso de una dirección es ubicado en el mapa, este se muestra como un icono de un punto rojo el cual representará el punto central de una región a sectorizar, luego de realizar el ingreso de las direcciones se efectúa la sectorización de regiones según la cantidad de puntos o direcciones ingresados.

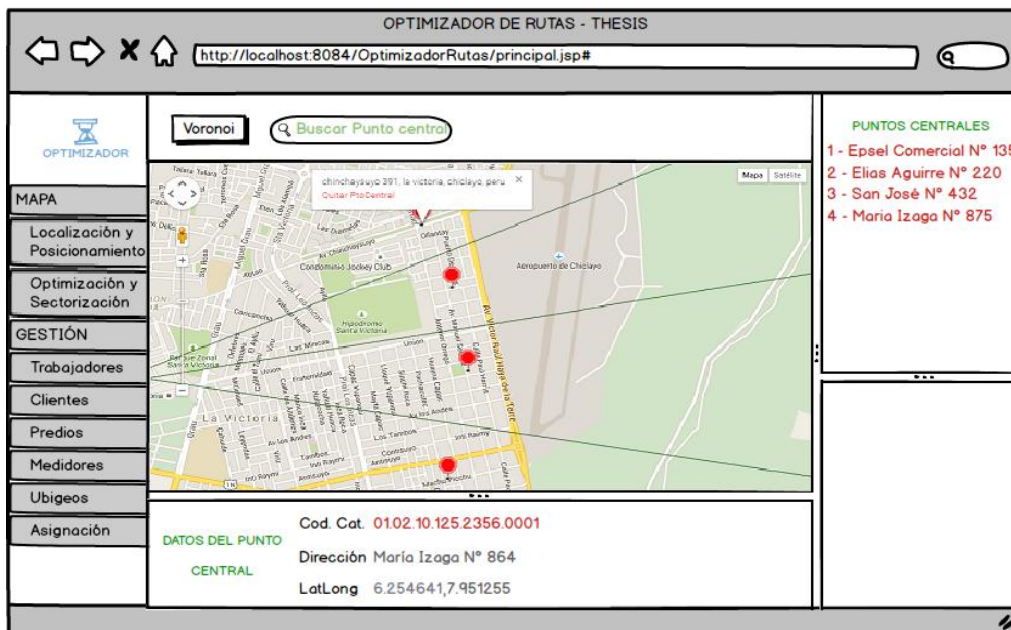


Figura 13: Mockups de la sectorización de regiones geográficas

Fuente: Elaboración propia



De igual manera presenta una sección en donde se listan las direcciones que representan el punto central de una región y no es necesario que se realice algún tipo de ordenamiento ya que no es necesario para la sectorización.

En la parte inferior de la figura 13 se muestra una sección en donde se muestra información detallada del punto ingresado.

En la figura 14, se plantea un bosquejo para la ventana que permite el registro de los datos de un predio.

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://localhost:8084/OptimizadorRutas/principal.jsp#`. The page title is "OPTIMIZADOR DE RUTAS - TESIS". On the left is a navigation menu with items: MAPA, Localización y Posicionamiento, Optimización y Sectorización, GESTIÓN, Trabajadores, Clientes, Predios, Medidores, Ubigeos, and Asignación. The main content area is titled "PREDIO" and contains a form with the following fields:

- Cod. Cat.:
- Material:
- Ubigeo:
- Dirección:
- Estado:
- Dpto.:
- Nro.:
- Int.:
- N° Pisos:
- Prov.:
- Mz.:
- Lt.:
- Sumin. E.:
- Dist.:
- Latitud:
- Long.:
- Asignación: por asignar
- Descrip.:

Buttons: Registrar, Cancelar

Figura 14: Mockups del formulario para el registro de un predio

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se plantea un bosquejo para la ventana que permite el registro de los datos de la naturaleza de un medidor.

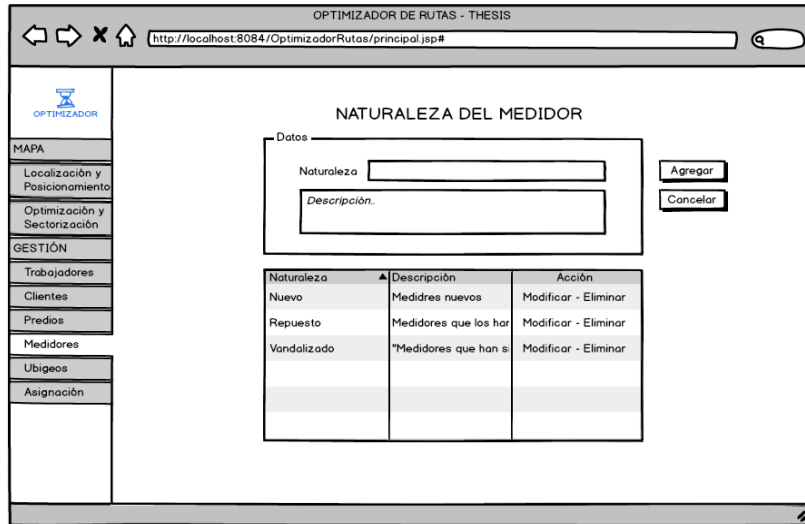


Figura 15: Mockups del formulario del registro de una naturaleza de un medidor

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se plantea un bosquejo para la ventana que permite el registro de los datos de un tipo de trabajador.

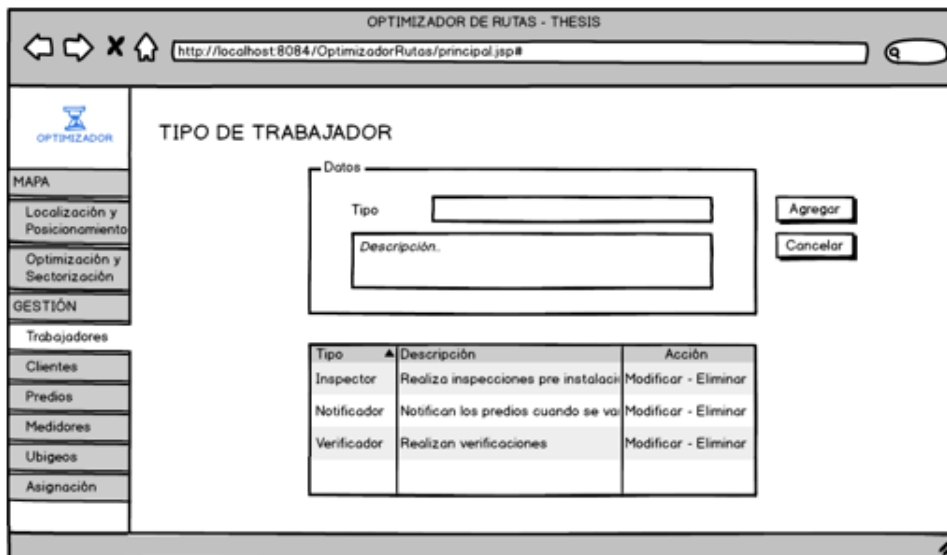


Figura 16: Mockups del formulario del registro de un tipo de trabajador

Fuente: Elaboración propia



Diseño de la base de datos del sistema:

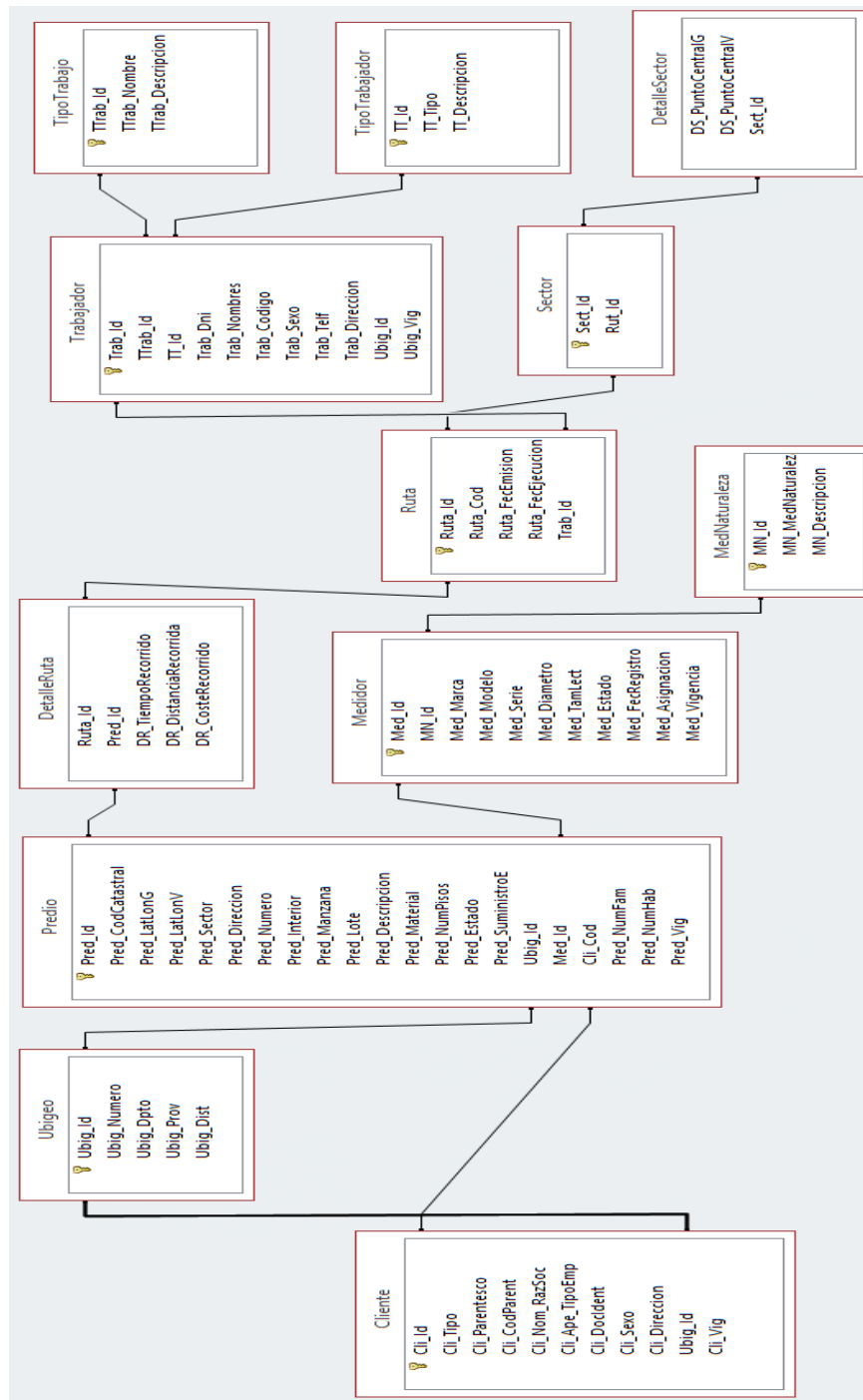


Figura 17: Diseño de la base de datos del sistema

Fuente: Elaboración propia



5.2.3 Fase Codificación:

En esta fase se muestran las pantallas diseñadas en el software para la optimización de rutas de trabajo.

Pantalla de Logueo

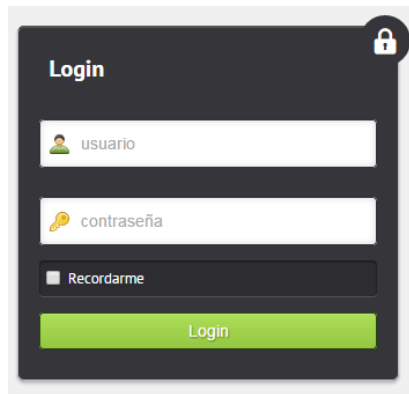


Figura 18: Pantalla de logueo del sistema.

Fuente: Elaboración propia

Pantalla de localización de puntos de acción

La figura muestra la ubicación y posicionamiento de los predios que son buscados en el localizador, en el cual se muestran datos informativos del predio como Dirección y Latitud, longitud.

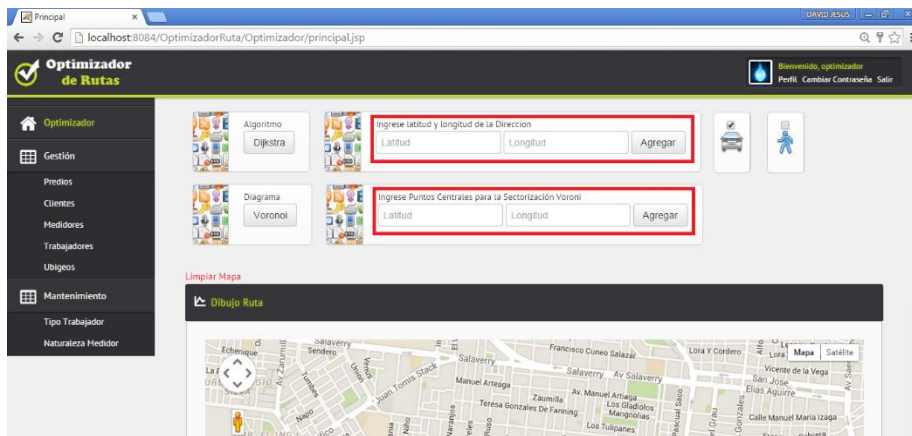


Figura 19: Localización y ubicación de puntos de acción por latitud y longitud.

Fuente: Elaboración propia



Pantalla de localización de predios

La figura 26 muestra la ubicación y posicionamiento de los predios que son buscados en el localizador, en el cual se muestran datos informativos del predio como Dirección y Latitud, longitud.

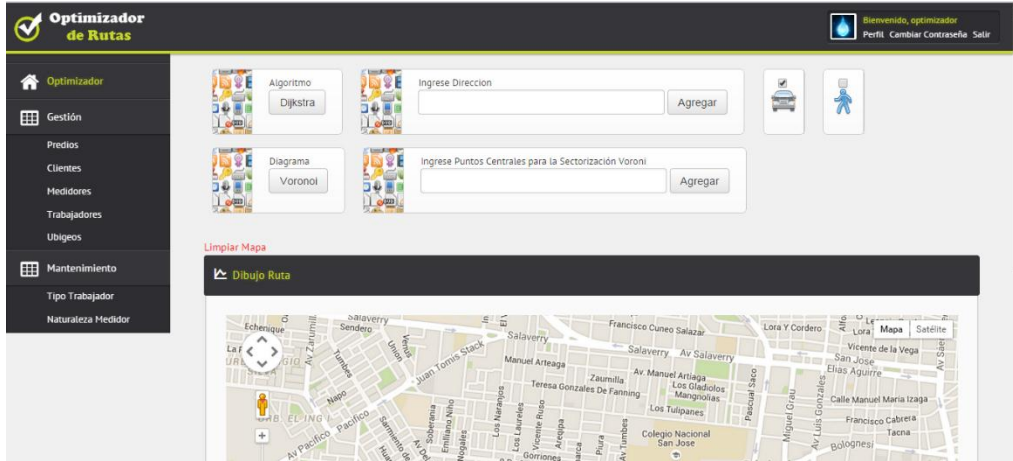


Figura 20: Localización y ubicación de puntos de acción por dirección.

Fuente: Elaboración propia

Formularios de registro

La figura 27 muestra los campos de los datos a ingresar para el registro de un ubigeo.

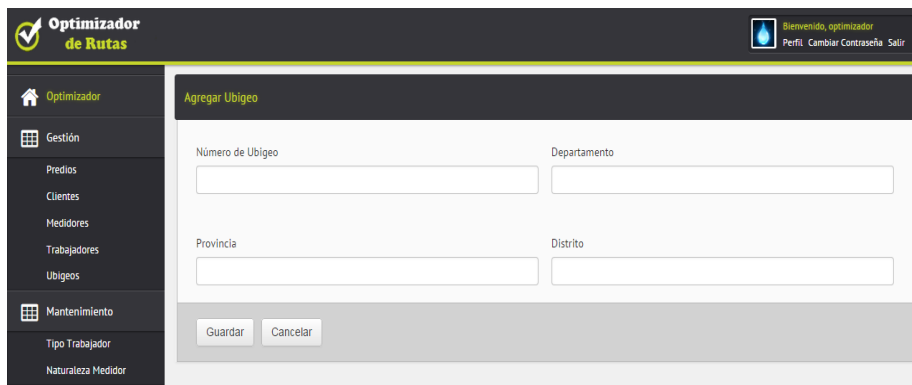


Figura 21: Pantalla de registro de ubigeo

Fuente: Elaboración propia



La figura 28 muestra los campos de los datos a ingresar para el registro de un predio.

Figura 22: Formulario para el registro de predios.

Fuente: Elaboración propia

Formulario en donde se realiza el registro de naturaleza de medidores, es utilizado en el momento que se registre un medidor y se desee seleccionar su naturaleza.

Naturaleza	Descripción	Operaciones
Nuevo	Medidores nuevos para instalar en los predios	editar
Repuesto	Medidores repuestos instalados en los predios que ya han tenido medidor	editar
Vandalizado	Medidores que han sido producto de actos vandálicos por personas inescrupulosas	editar

Figura 23: Formulario para el registro de naturaleza de medidores.

Fuente: Elaboración propia

Formulario en donde se realiza el registro de los tipos de trabajadores, es utilizado en el momento que se registra un trabajador y se desee seleccionar su tipo o cargo de labor.

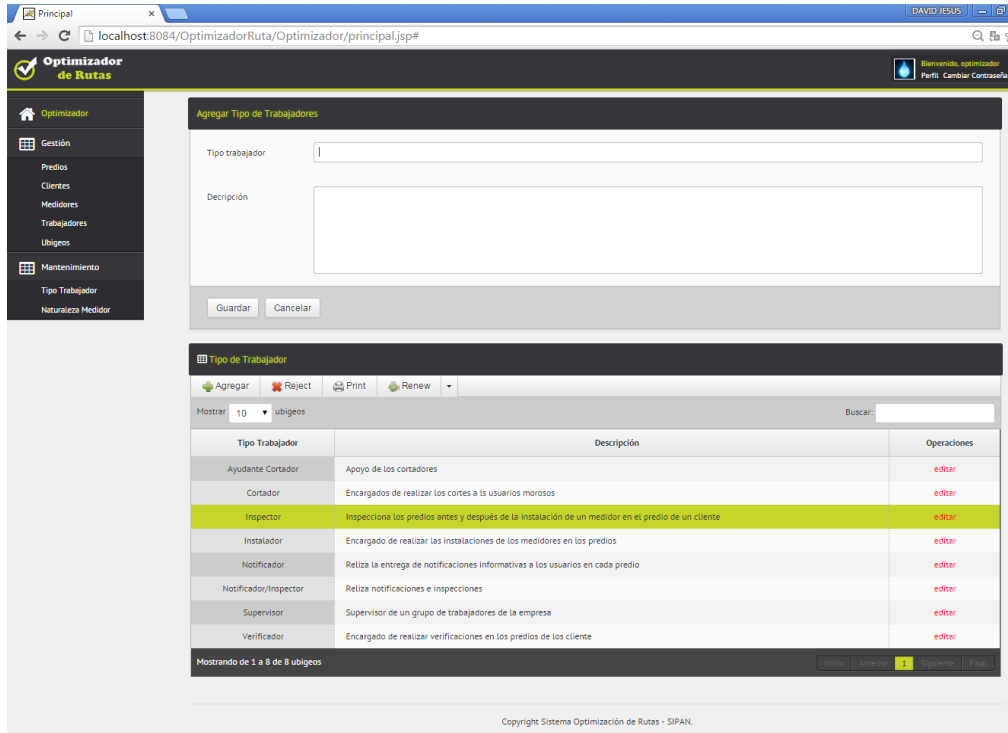


Figura 24: Formulario para el registro de tipo de medidores.

Fuente: Elaboración propia



Códigos del Sistema

Código de acceso al api de google desde la aplicación

```

<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
<!--Título de la pestaña del sistema-->
<title>Optimizador de Rutas</title>
<!--referencia a una api de google que se encuentra en formato javascript-->
<script type="text/javascript" src="http://www.google.com/jsapi"></script>
<!--Apertura de la programación javascript-->
<script type="text/javascript">
//función para solucionar conflictos de jquery
jQuery.noConflict();
var gebGeocoder;
//funcion que será llamada para que cargue todo el trabajo
//a realizar en el optimizador en un div del sistema
function onBodyLoad() {
// api-version-adicional, callback se usa despues que cargue el api,
// others par: depende del api que se use, sensor indica que no será
// utilizado puesto que no utilizaremos por ejemplo la geolocalización
// por GPS, y se indica el lenguaje
google.load("maps", "3", {callback: init, other_params: "sensor=false&language=es"});
//se llama al método que inicializa las variables utilizadas en el sistema
inicializa();
}

//funcion que inicializa las actividades en el sistema
function init() {
//cargamos el mapa en la ubicación del visitante
//con los valores de latitud y longitud
loadAtStart(-6.7815563, -79.8490405, 15);
//se le asigna las referencias de geocodificación de un mapa
//a la variable global gebGeocoder
gebGeocoder = new google.maps.Geocoder();
}

//función que crea la primera instancia de un mapa por parámetros como
//latitu, longitud y el zoom de visibilidad a mostrar en el sistema
function loadAtStart(lat, lng, zoom) {
// variable que indica un punto central por medio de lat y lng
var center = new google.maps.LatLng(lat, lng);
//opciones del mapa, contiene atributos como zoom, punto central
//y en este caso se le indica el ID del tipo de mapa a visualizar
var myOptions = {
zoom: zoom,
center: center,
mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
};
//variable que es instanciada por un mapa el cual viene del elemento "map"
//que pertenece a un ID de un div en donde se cargará el mapa
map = new google.maps.Map(document.getElementById("map"), myOptions);
//variable que almacena la copia de un mapa
gebMap = map;
}
    
```

Figura 25: Función JavaScript que se carga en el sistema para el acceso al Api V3 de Google Maps

Fuente: Elaboración propia

Con tan solo agregar una línea de código en el script de inicio del sistema, se tiene acceso al api de google maps y a sus servicios.

Código para la optimización de rutas utilizando el algoritmo de Dijkstra

```
function tspAlgDijkstra(mode) {
    //se instancia la ruta actual como un array
    currPath = new Array(bestPath.length);
    //se recorre el arreglo de la mejor ruta y
    //se actualizan las rutas actuales segun su posicion
    for (var i = 0; i < bestPath.length; ++i)
        currPath[i] = bestPath[i];
    updateCosts();
    //mejorado se activa
    improved = true;
    //se recorre con un while
    while (improved) {
        //mejorado se desactiva
        improved = false;
        //se recorre el vector de las rutas actuales
        for (var i = 0; i < currPath.length - 3; ++i) {
            //se recorre el vector de las ruas actuales desde un i+1
            for (var j = i + 1; j < currPath.length - 2; ++j) {
                //se recorre el vector de las ruas actuales desde un j+1
                for (var k = j + 1; k < currPath.length - 1; ++k) {
                    //si el coste dado de la variación 3-opt de la solución actual
                    // es menor que mejor viaje segun los valores enviados
                    if (costPerm(i, j, i + 1, j + 1, k, k + 1) < bestTrip)
                        updatePerm(i, j, i + 1, j + 1, k, k + 1);
                    if (costPerm(i, j, i + 1, k, j + 1, k + 1) < bestTrip)
                        updatePerm(i, j, i + 1, k, j + 1, k + 1);
                    if (costPerm(i, j + 1, k, i + 1, j, k + 1) < bestTrip)
                        updatePerm(i, j + 1, k, i + 1, j, k + 1);
                    if (costPerm(i, j + 1, k, j, i + 1, k + 1) < bestTrip)
                        updatePerm(i, j + 1, k, j, i + 1, k + 1);
                    if (costPerm(i, k, j + 1, i + 1, j, k + 1) < bestTrip)
                        updatePerm(i, k, j + 1, i + 1, j, k + 1);
                    if (costPerm(i, k, j + 1, j, i + 1, k + 1) < bestTrip)
                        updatePerm(i, k, j + 1, j, i + 1, k + 1);
                }
            }
        }
        //se recorre el array de la mejor ruta y se le asigna la ruta actual segun su posicion
        for (var i = 0; i < bestPath.length; ++i)
            bestPath[i] = currPath[i];
    }
}
```

Figura 26: Algoritmo de Dijkstra para la utilización de rutas cortas

Fuente: Modificado por el tesista

Código que describe la función para cambiar la opción de auto a caminar, para la optimización de rutas para peatones

```
//funcion para cambiar la opcion de auto a caminante
function cambiarCaminar() {
    //pregunta si la opcion auto está seleccionada
    if(document.getElementById('opcionCaminar').checked)
        //setea a la opcion como desactivada
        document.getElementById('opcionCarro').checked= false;
    else
        //setea a la opcion como activada
        document.getElementById('opcionCarro').checked= true;
}
```

Figura 27: Función para la opción a cambio hacia peatón

Fuente: Elaboración propia

Código que describe la función para cambiar la opción de auto a caminar, para la optimización de rutas para peatones

```
//funcion para cambiar la opcion de caminante a auto
function cambiarCarro() {
    //pregunta si la opcion auto está seleccionada
    if(document.getElementById('opcionCarro').checked)
        //setea a la opcion como desactivada
        document.getElementById('opcionCaminar').checked= false;
    else
        //setea a la opcion como activada
        document.getElementById('opcionCaminar').checked= true;
}
```

Figura 28: Función para la opción a cambio hacia peatón

Fuente: Elaboración propia

Código que describe la función para devolver direcciones

```
//funcion que devuelve direcciones
function getAddresses () {
    //crea una variable vector para recepcionar los valores
    var addrs = [];
    //se recorre la lista de direcciones
    for (var i = 0; i < addresses.length; i++) {
        //se consulta su activacion
        if (wpActive[i])
            //se agregan las direcciones segun la posicion
            addrs.push(addresses[i]);
    }
    //se retorna el vector con las direcciones
    return addrs;
}
```

Figura 29: Función devuelve lista de direcciones

Fuente: Modificado por el tesista

Código que describe la función para para reordenar

```
//funcion que reordena la solucion
function reorderSolution(newOrder) {
    //se crea una variable y se instancia como arreglo de la longitud de la mejor ruta
    var newBestPath = new Array(bestPath.length);
    //se recorre el arreglo de la mejor ruta
    for (var i = 0; i < bestPath.length; ++i) {
        //se agrega los valores a la variable segun su posicion
        newBestPath[i] = bestPath[newOrder[i]];
    }
    //se asignan los valores reordenados al vector principal
    bestPath = newBestPath;
    prepareSolution();
}
```

Figura 30: Función de reordenamiento

Fuente: Modificado por el tesista

Código que devuelve la duración la total duración del recorrido y de igual manera la distancia del recorrido.

```
//funcion devuelve total duracion
function getTotalDuration(dir) {
    //se crea la variable y se inicializa en 0
    var sum = 0;
    //se recorre el vector longitudes
    for (var i = 0; i < dir.legs.length; i++) {
        //se suman las longitudes
        sum += dir.legs[i].duration.value;
    }
    //se retorna el total del valor
    return sum;
}

//funcion que devuelve la distancia total
function getTotalDistance(dir) {
    //se crea una variable
    var sum = 0;
    //se recorre el vector de distancias
    for (var i = 0; i < dir.legs.length; i++) {
        //se suman cada valor
        sum += dir.legs[i].distance.value;
    }
    //se retorna la suma
    return sum;
}
```

Figura 31: Función que devuelve la total duración de recorrido y distancia

Fuente: Modificado por el tesista

Código para el formato de unidad de metros, kilómetros y millas

```
//funcion de formato de unidad de medida
function formatLength(meters) {
    //crear variable km
    var km = parseInt(meters / 1000);
    //calculo del metrado
    meters -= km * 1000;
    var ret = "";
    if (km > 0)
        //si km es mayor que 0, la unidad de medida es "km"
        ret += km + " km ";
    if (km < 10)
        //si km es menor que 10, la unidad de medida es "m"
        ret += meters + " m";
    return(ret);
}

//funcion de formato en millas
function formatLengthMiles(meters) {
    var sMeters = meters * 0.621371192;
    var miles = parseInt(sMeters / 1000);
    var commaMiles = parseInt((sMeters - miles * 1000 + 50) / 100);
    var ret = miles + "." + commaMiles + " miles";
    return(ret);
}
```

Figura 32: Funciones que establecen las unidades de medida

Fuente: Modificado por el tesista

Código para la sectorización utilizando el diagrama de Voronoi

```
//funcion que recibe la latitud y longitud para su posicionamiento en el mapa
function dibujarMarcadoresVoronoi(latlng) {
    //en primera instancia se eliminan los marcadores ya existentes
    quitarMarcadoresVoronoi();
    //a traves de un bucle for se recorren los puntos para voronoi
    for (var i = 0; i < puntosVoronoi.length; ++i) {
        // en esta funcion se le envian los valores de los puntos, las direcciones, las etiquetas y el numero ordinal
        drawMarkerVoronoi(puntosVoronoi[i], direccionesVoronoi[i], labels[i], i);
    }
    //si existe la latitud y longitud
    if (latlng) {
        //combina los puntos de voronoi con los de dijkstra en el mapa
        setViewportToCoverVoronoi(puntosVoronoi);
    }
}
```

Figura 33: Función que realiza el diagrama de Voronoi

Fuente: Modificado por el tesista

Función que agrega un punto central

```
//Uso para voronoi
//declaracion de los marcadores o puntos para voronoi
var markersVoronoi = new Array();

//funcion para agregar un punto central para el diagrama de voronoi
function addPtoCentral(){
    //se envia hacia otra funcion los valores del nombre de la direccion y una funcion callback
    addPuntoCentral(document.addressVoronoi.addressStrVoronoi.value, callbackPtoCentral);
}
function addPuntoCentral(address, callback) {
    // addressProcessing = true;
    geocoder.geocode({ address: address }, function(results, status) {
        if (status === google.maps.GeocoderStatus.OK) {
            //si el estado de geocodificacion de google maps es Ok se guardan las direcciones y
            //los puntos(latlong)
            if (results.length >= 1) {
                var latLng = results[0].geometry.location;
                puntosVoronoi.push(latLng);
                address = address.replace("'", "");
                address = address.replace("\'", "");
                direccionesVoronoi.push(address);
                //si la funcion es un callback entonces se reenvia al mismo hasta que acabe su proceso
                if (typeof callback === 'function')
                    callback(address, latLng);
            }
        } else if (status === google.maps.GeocoderStatus.OVER_QUERY_LIMIT) {
            setTimeout(function(){ addPuntoCentral(address, label, callback) }, 100);
        } else {
            if (typeof(callback) === 'function')
                callback(address);
        }
    });
}
```

Figura 34: Función que agrega un punto central para el Diagrama de Voronoi

Fuente: Modificado por el tesista

Código para agregar marcadores a los puntos centrales en el mapa

```
//funcion para agrega marcadores a los puntos centrales en el mapa
function drawMarkerVoronoi(latLng, addr, label, num) {
    var icon;
    //se declara una variable para el icono, se instancia y se le da la ruta
    icon = new google.maps.MarkerImage("newicons/centrico.png");
    //se declara una variable marcador en la cual se le da la posicion
    var marker = new google.maps.Marker({
        position: latlng,
        icon: icon,
        map: gebMap });
    //la variable es agregada al mapa
    marker.setMap(gebMap);
    //funcion escuchador para el evento click sobre el marcador
    google.maps.event.addListener(marker, 'click', function(event) {
        var addrStr = (addr === null) ? "" : addr + "<br>";
        var labelStr = (label === null) ? "" : "<b>" + label + "</b><br>";
        var markerInd = -1;
        //se recorre los marcadores de voronoi para darle un indice segun la posicion
        for (var i = 0; i < markersVoronoi.length; ++i) {
            if (markersVoronoi[i] !== null && marker.getPosition().equals(markersVoronoi[i].getPosition())) {
                markerInd = i;
                break;
            }
        }
        //se crea una variable para la informacion de cada marcador
        var infoWindow = new google.maps.InfoWindow({
            content: labelStr + addrStr + "<a href='javascript:removeMarkerVoronoi(markersVoronoi[" +
                markerInd + "]">" + "Quitar PtoCentral</a>",
            position: marker.getPosition()
        });
        //se agrega la informacion a cada marcador
        marker.infoWindow = infoWindow;
        //se abre cada ventna de informacion en el mapa
        infoWindow.open(gebMap);
    });
    //se ingresa cada marcador a los marcadores o puntos de voronoi
    markersVoronoi.push(marker);
}
```

Figura 35: Función que agrega marcadores a los puntos centrales del Diagrama de Voronoi

Fuente: Modificado por el tesista

Código para remover marcadores de los puntos centrales de Voronoi

```
//funcion para eliminar un marcador
function removeMarkerVoronoi(marker) {
    //se recibe el marcador y se cierra la ventana de informacion
    marker.infoWindow.close();
    //se remueve el punto de voronoi segun la posicion
    removeWaypointVoronoi(marker.getPosition());
    //se dibuja el marcador segun su contexto
    dibujarMarcadoresVoronoi(marker);
    //se cambian los puntos
    PointsChanged();
}
```

Figura 36: Función para remover marcador ingresado como parámetro

Fuente: Modificado por el tesista

Función que elimina los marcadores

```
//funcion para quitar los marcadores o puntos de voronoi de mapa
function quitarMarcadoresVoronoi() {
    //se recorre la lista de los marcadores
    for (var i = 0; i < markersVoronoi.length; ++i) {
        //en cada elemento del vector se setear el mapa con el valor null
        markersVoronoi[i].setMap(null);
    }
    //al finalizar el recorrido se vuelve a instanciar el vector como nuevo array
    markersVoronoi = new Array();
}
```

Figura 37: Función para eliminar los marcadores del diagrama

Fuente: Elaboración propia

Función callback para la ubicación de los puntos centrales según dirección y latlng

```
//funcion callback para el punto central, en la cual se le envian los valores: la direccion y la latlong
function callbackPtoCentral(address, latlng) {
    //si existe latitud y longitud es enviado para su posicionamiento en el mapa
    if (latlng) {
        //funcion que envia la latitud y longitud para su posicionamiento en el mapa
        dibujarMarcadoresVoronoi(latlng);
    } else {
        //en el caso de que no exista se emitirá un mensaje de alerta
        alert('Fallo geocode: ' + address);
    }
}
```

Figura 38: Función callback para la ubicación de puntos centrales del diagrama de Voronoi

Fuente: Modificado por el tesista

Función recubridor de puntos de Voronoi en el mapa

```
//funcion que recubre los puntos voronoi en el mapa
function setViewportToCoverVoronoi(puntosVoronoi) {
    var bounds = new google.maps.LatLngBounds();
    var band = new Array();
    //concatena los puntos voronoi con los ya existentes (con los puntos de dijkstra)
    band = puntosVoronoi.concat(waypoints);
    for (var i = 0; i < band.length; ++i) {
        bounds.extend(band[i]);
    }
    //los ingresa al mapa limitandolos
    gebMap.fitBounds(bounds);
}
```

Figura 39: Función que recubre los puntos de Voronoi en el mapa

Fuente: Modificado por el tesista

5.2.4 Fase Pruebas:

En esta fase se muestran las pantallas, el código de las técnicas utilizadas en el software para la optimización de rutas de trabajo.

Pantallas del Software

Formulario para el logueo al sistema

The image shows a login form with a dark background and a light border. At the top left, the word "Login" is written in white. To the right of the title is a small lock icon. Below the title, there are two input fields. The first field contains the text "optimizador" and has a small person icon on the left. The second field contains six dots "....." and has a small key icon on the left. Below these fields is a checkbox labeled "Remember me". At the bottom of the form is a large green button with the text "Logín" in white.

Figura 40: Prueba de logueo al sistema.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 46, muestra el formulario en donde el usuario ingresa su nombre de usuario y su contraseña asignada, para luego poder acceder al menú principal del software.

Imagen de localización de puntos de acción

Se muestra la ubicación y posicionamiento de predios que son buscados en el sistema, se muestran los datos dirección, latitud y longitud.

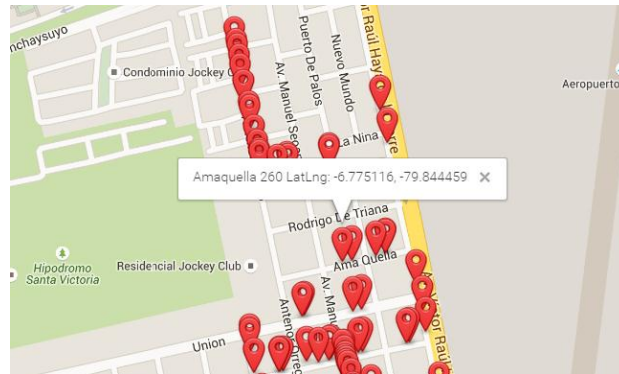


Figura 41: Imagen de localización y ubicación de puntos de acción.

Fuente: Elaboración propia.

Formulario del menú principal del sistema:

La figura 48, muestra el formulario del optimizador de rutas y en donde se ingresan los datos al realizar una búsqueda mediante la dirección del predio, el cual es agregado al mapa.

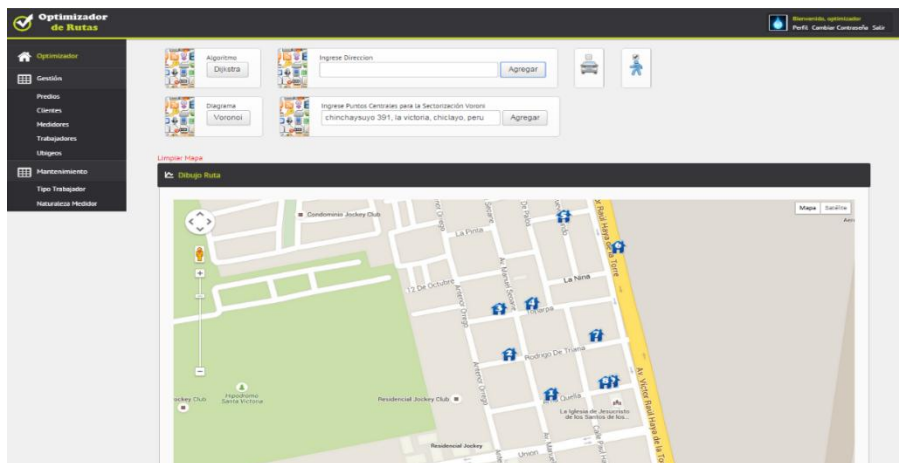


Figura 42: Ubicación de puntos de acción para su optimización.

Fuente: Elaboración propia.



En el siguiente formulario se muestra la ruta optimizada de los predios a recorrer por medio de un vehículo.

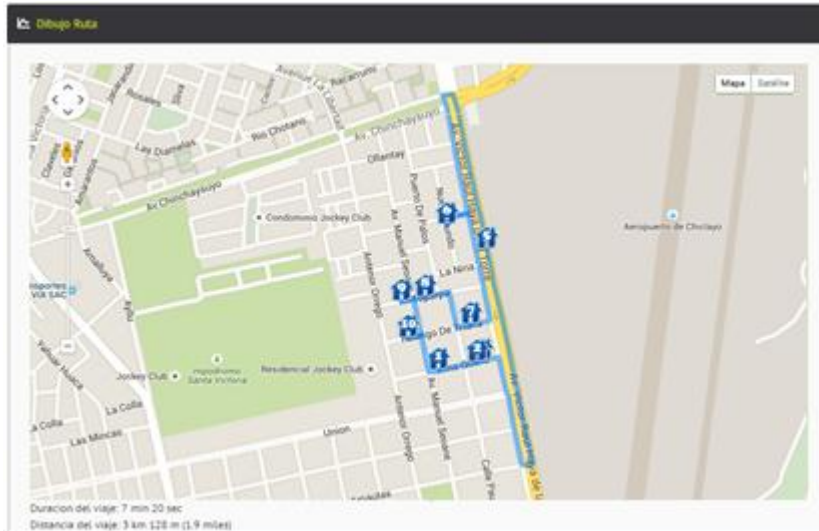


Figura 43: Optimización de la ruta de trabajo realizado por un automóvil.

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente formulario se muestra la ruta optimizada de los predios a recorrer por medio de un peatón.

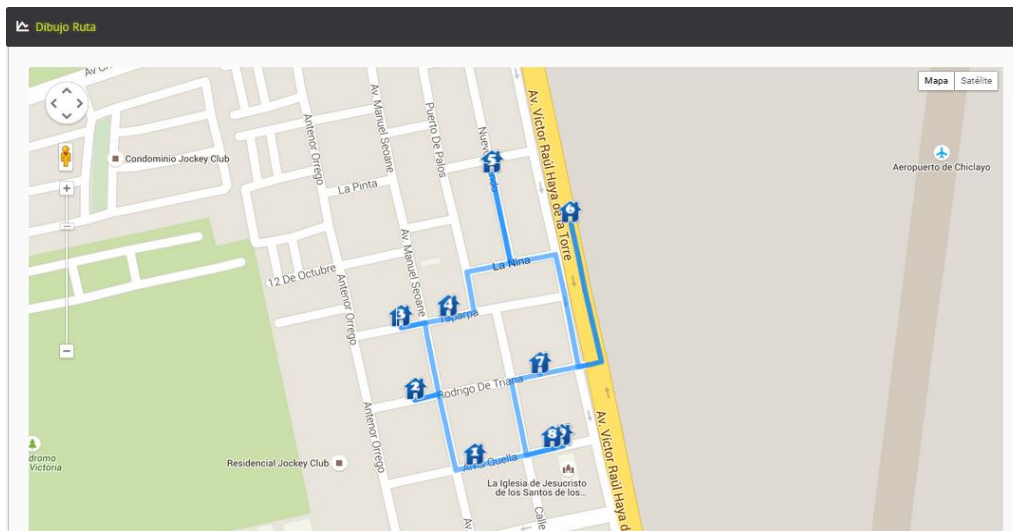


Figura 44: Optimización de la ruta de trabajo realizado por un peatón.

Fuente: Elaboración propia.



En el siguiente formulario se muestra el ingreso de los puntos centrales para la sectorización de regiones de trabajo; dichos puntos son ingresados según una dirección definida por el usuario a conveniencia.

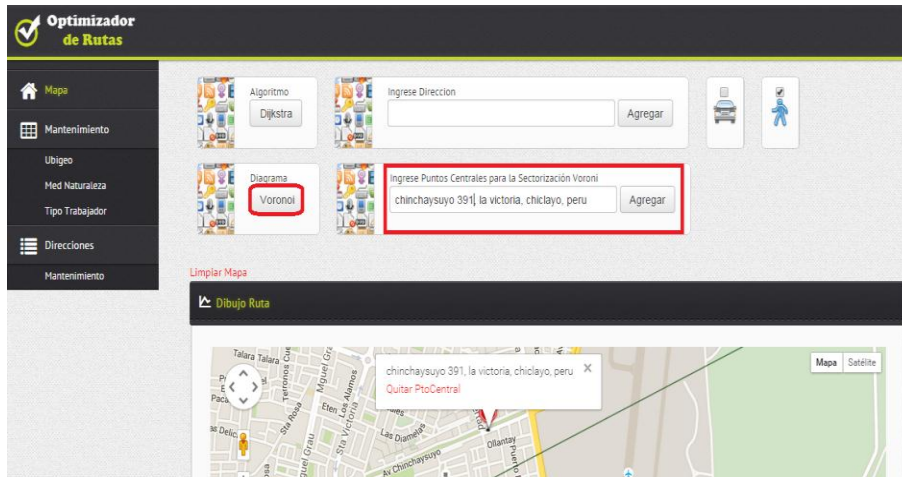


Figura 45: Ingreso de los puntos centrales para la sectorización.

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente formulario se muestra la sectorización realizada por el algoritmo de Voronoi, según los predios ingresados anteriormente.

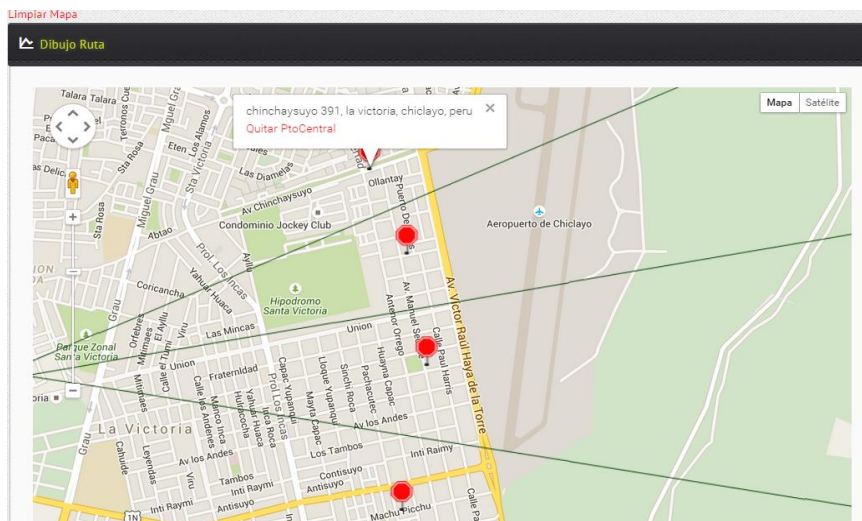


Figura 46: Sectorización de región geográfica.

Fuente: Elaboración propia.



En la figura 52, de igual manera se muestra información sobre el punto central ubicado en el mapa como también una opción para poder quitar el punto del mapa en el caso de que ya no se desee realizar la sectorización con un punto a eliminar.

Formulario que muestra la optimización de rutas en una región proporcionada por el diagrama de Voronoi.

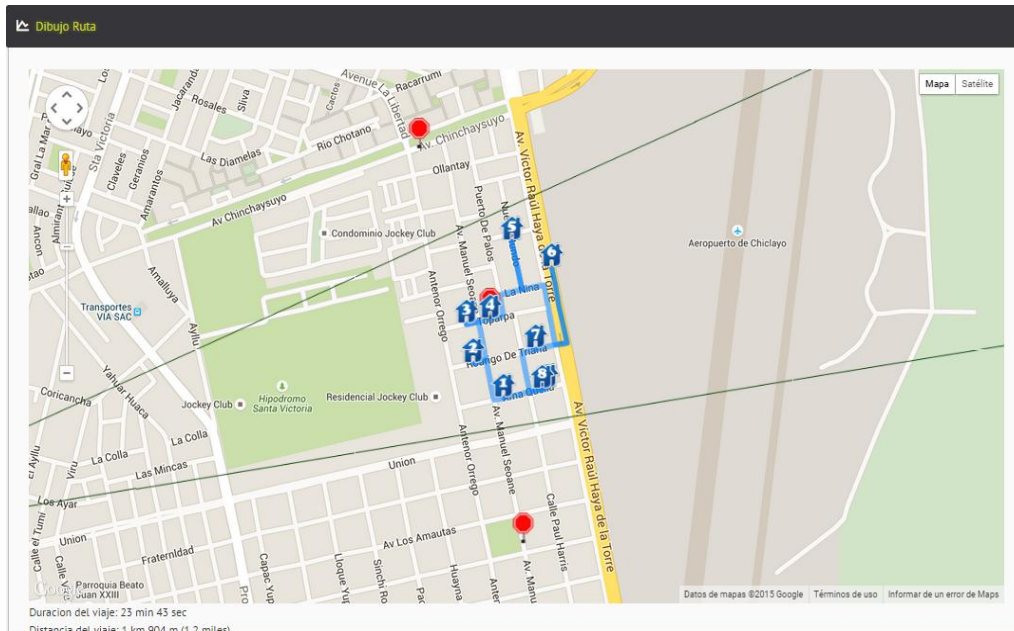


Figura 47: Ruta óptima en una región de Voronoi.

Fuente: Elaboración propia.

Formulario en donde muestra la duración del viaje y de la distancia recorrida de los puntos optimizados; estos datos se muestran ordenado según la optimización para peatón.

Duración del viaje: 23 min 43 sec
 Distancia del viaje: 1 km 904 m (1.2 miles)

-  ama quella 260, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al oeste por Ama Quella hacia Av. Manuel Seoane
 28 m
 Gira a la derecha hacia Av. Manuel Seoane
 0,1 km
 Gira a la izquierda hacia Rodrigo De Triana
 El destino está a la izquierda.
 34 m
-  rodrigo de triana 345, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al este por Rodrigo De Triana hacia Av. Manuel Seoane
 34 m
 Gira a la izquierda hacia Av. Manuel Seoane
 0,1 km
 Gira a la izquierda hacia Toparpa
 El destino está a la derecha.
 33 m
-  toparpa 298, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al este por Toparpa hacia Av. Manuel Seoane
 El destino está a la izquierda.
 67 m
-  toparpa 210, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al este por Toparpa hacia Puerto De Patos
 37 m
 Gira a la izquierda hacia Puerto De Patos
 58 m
 Gira a la derecha hacia La Nina
 63 m
 Gira a la izquierda hacia Nuevo Mundo
 El destino está a la derecha.
 0,1 km
-  nuevo mundo 180, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al sur por Nuevo Mundo hacia La Nina
 0,1 km
 Gira a la izquierda hacia La Nina
 64 m
 Gira a la derecha hacia Rodrigo De Triana
 0,2 km
 Gira a la izquierda hacia Rodrigo De Triana
 33 m
 Gira a la izquierda hacia Av. Víctor Raúl Haya de la Torre
 0,2 km
-  av victor raul haya 1404, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al sur por Av. Víctor Raúl Haya de la Torre hacia Rodrigo De Triana
 0,2 km
 Gira a la derecha hacia Rodrigo De Triana
 El destino está a la derecha.
 87 m
-  rodrigo de triana 140, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al oeste por Rodrigo De Triana hacia Calle Paul Harris
 41 m
 Gira a la izquierda hacia Calle Paul Harris
 0,1 km
 Gira a la izquierda hacia Ama Quella
 El destino está a la izquierda.
 39 m
-  ama quella 205, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al este por Ama Quella
 13 m
-  ama quella 161, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al este por Ama Quella
 1 m
-  ama quella 160, la victoria, chiclayo, peru
 Dirígete al oeste por Ama Quella hacia Calle Paul Harris
 El destino está a la izquierda.
 0,1 km
-  ama quella 260, la victoria, chiclayo, peru

Figura 48: Pasos para dirigirse de un predio a otro según la ruta óptima para peatones.

Fuente: Elaboración propia.



Formulario en donde muestra en resumen las direcciones de los predios a visitar según la ruta óptima para peatón. Al costado de cada dirección se muestra un botón el cual permite realizar una eliminación de un predio seleccionado en el caso no se desee.



Figura 49: Lista resumen de los predios a visitar según la ruta óptima para peatones

Fuente: Elaboración propia.

Formulario en donde se realiza el registro de los datos de un tipo de trabajador:

Figura 50: Formulario para el registro de un tipo de trabajador.

Fuente: Elaboración propia.

Formulario en donde se listan los datos de un tipo de trabajador:

Tipo Trabajador	Descripción	Operaciones
Ayudante Cortador	Apoyo de los cortadores	editar
Cortador	Encargados de realizar los cortes a ls usuarios morosos	editar
Inspector	Inspecciona los predios antes y después de la instalación de un medidor en el predio de un cliente	editar
Instalador	Encargado de realizar las instalaciones de los medidores en los predios	editar
Notificador	Reliza la entrega de notificaciones informativas a los usuarios en cada predio	editar
Notificador/Inspector	Reliza notificaciones e inspecciones	editar
Supervisor	Supervisor de un grupo de trabajadores de la empresa	editar
Verificador	Encargado de realizar verificaciones en los predios de los cliente	editar

Figura 51: Formulario donde se listan los tipos de trabajadores.

Fuente: Elaboración propia.



Formulario en donde se realiza el registro de los datos de naturaleza de un medidor:

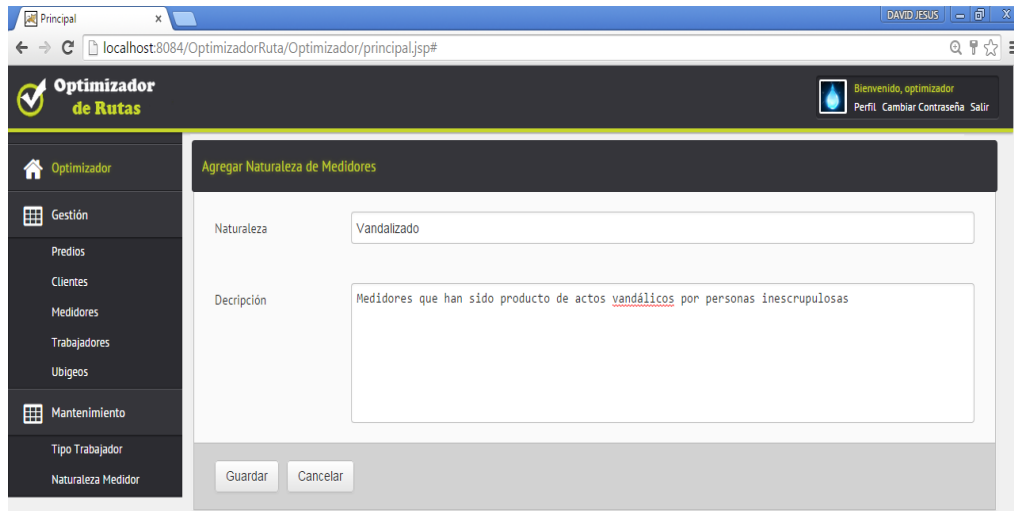


Figura 52: Formulario para el registro de una naturaleza de medidor.

Fuente: Elaboración propia.

Formulario en donde se listan los datos de las naturalezas de los medidores.

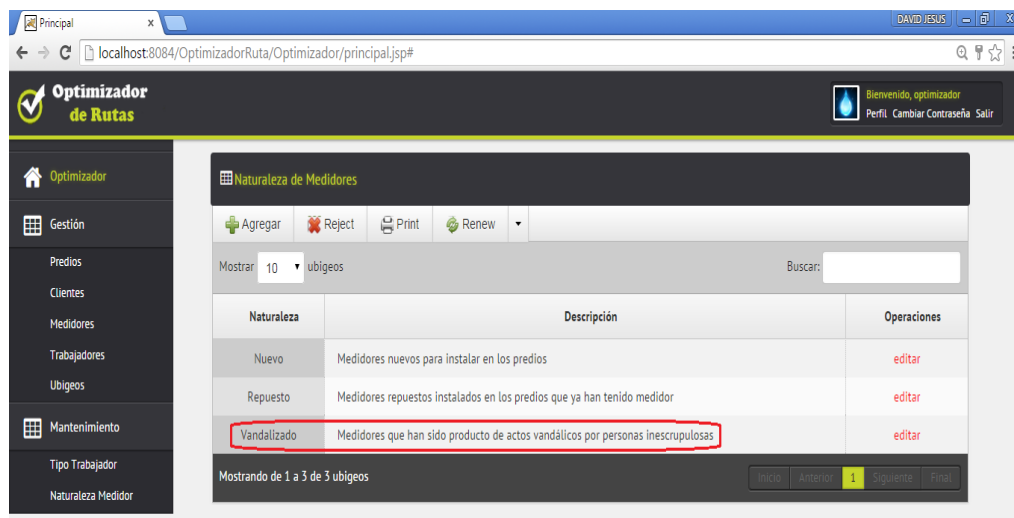


Figura 53: Formulario donde se listan los datos de las naturalezas de medidores

Fuente: Elaboración propia.



5.3 Análisis de Costo

a) Costo de Inversión

La elaboración del desarrollo de la investigación requirió de gastos en materiales, servicios y recursos necesarios que se detallan:

Bienes

Presupuesto en bienes para desarrollo de la tesis:

Tabla 3: Costo de inversión - Bienes

Concepto	Valor
Materiales de oficina: papel bond, lapiceros, anillados, memoria USB, CD.	S/. 92.00
Pago Formato Solicitud	S/. 10.00
Equipo de Computo: Laptop Intel Core i7 + MV 2Gb + RAM 12 Gb + Disco Duro 1 Tb + Mouse USB	S/. 4,000.00
Impresora EPSON L210 + 4 Pomos de Tinta de colores	S/. 680.00
Sub Total S/.	S/. 4,782.00

Fuente: Elaboración propia

Servicios

Presupuesto en servicios para desarrollo de la tesis:

Tabla 4: Costo de inversión - Servicios

Concepto	Valor
Servicio de transporte del investigador	S/. 170.00
Servicio de teléfono, internet	S/. 360.00
Servicio de energía eléctrica	S/. 300.00
Sub Total S/.	S/. 830.00

Fuente: Elaboración propia



Desarrollo

Presupuesto en servicios para desarrollo de la tesis

Tabla 5: Costo de inversión - Desarrollo

Nombre del recurso	Costo
Analista	S/. 3,000.00
Programador	S/. 2,500.00
Asesor	S/. 2,500.00
Sub Total S/.	S/. 8,000.00

Fuente: Elaboración propia

Total Presupuesto

Tabla 6: Total del presupuesto

Concepto	Valor
Presupuesto en bienes para desarrollo de la tesis	S/. 4,782.00
Presupuesto en servicios para desarrollo de la tesis	S/. 830.00
Presupuesto en desarrollo de la tesis	S/. 8,000.00
TOTAL S/.	S/. 13,612.00

Fuente: Elaboración propia

Costo de Mantenimiento:

Para el mantenimiento del sistema inteligente, se propone un costo anual de 800 soles.



b) Beneficios

Dentro de los beneficios tangibles que podremos ver con el desarrollo del sistema optimizador y sectorizador, se detallan a continuación:

Equipos de cómputo, escritorio y materiales de escritorio. Esto ayuda al desarrollo del sistema, porque nos garantiza una mejor y eficiente gestión de la información.

Dentro de los beneficios intangibles que trae consigo el desarrollo de este sistema, se detallan a continuación:

Análisis para el desarrollo del sistema, programación para el sistema y los principales servicios (energía eléctrica, internet, etc.).

c) Flujo de Caja

Tabla 7: Análisis de flujo de caja

Descripción	0	1	2	3	4
	2015	2016	2017	2018	2019
Costos:					
Costo Bienes	4782.00				
Costo Servicios	830.00				
Costo Desarrollo	8000.00				
Costo Mantenimiento	13612.00	800.00	800.00	800.00	800.00
Costo	S/. 27,224.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00
Beneficios:					
Reducción de gasto de materiales		2000.00	2000.00	2000.00	2000.00
Reducción de especialista		5500.00	5500.00	5500.00	5500.00
Beneficios	0	7500.00	7500.00	7500.00	7500.00
Flujo de Caja	S/. 13,612.00	S/. 6,700.00	S/. 6,700.00	S/. 6,700.00	S/. 6,700.00

Fuente: Elaboración propia



d) Indicadores Económicos

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos queda alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

$$VAN = -13612 + \left(\frac{7500 - 800}{1.15}\right) + \left(\frac{7500 - 800}{1.15^2}\right) + \left(\frac{7500 - 800}{1.15^3}\right) + \left(\frac{7500 - 800}{1.15^4}\right)$$

$$VAN = 5289.512$$

e) Tasa Interna de Retorno

Relación Beneficio/Costo

Tasa efectiva anual = 15%

$$VpB = \left(\frac{7500}{1.15}\right) + \left(\frac{7500}{1.15^2}\right) + \left(\frac{7500}{1.15^3}\right) + \left(\frac{7500}{1.15^4}\right)$$

$$VpB = 21412.338$$

$$VpC = 13612 + \left(\frac{800}{1.15}\right) + \left(\frac{800}{1.15^2}\right) + \left(\frac{800}{1.15^3}\right) + \left(\frac{800}{1.15^4}\right)$$

$$VpC = 15895.982$$

$$\text{Costo Beneficio} = 21412.338/15895.982$$

$$\text{Costo Beneficio} = 1.347$$

Realizando el estudio de factibilidad económica de la investigación, se deduce que el VAN = 5289.512 es mayor a cero, Costo Beneficio=1.347 es mayor 1, por lo que se concluye que el proyecto es económicamente factible y viable, para ponerlo en marcha.

f) Costo Ingeniería de Software

DEFINICION DE REQUERIMIENTOS

Especificación de los requerimientos del sistema (RS)

Tabla 8: Definición de requerimientos

Nº	REQUERIMIENTOS (RS)
1	Ingreso y visualización de Puntos de acción en un mapa geográfico para obtener la ruta óptima
2	Ingreso y visualización de Puntos centrales de una región para el diagramado con Voronoi
3	Optimización y visualización de los puntos de acción y la ruta
4	Diagramado y visualización de las regiones de Voronoi
5	Mantenimiento de Tipos de trabajadores
6	Mantenimiento de Trabajadores
7	Mantenimiento de Ubigeos
8	Mantenimiento de Naturaleza de medidores
9	Mantenimiento de Medidores
10	Mantenimiento de Predios
11	Mantenimiento de Clientes
12	Asignación de predios, medidores, direcciones y clientes
13	Asignación de funciones laborales
RS	13

Tabla 9: Definición de requerimientos

MODO	ESFUERZO	TIEMPO DE DESARROLLO
Semilibre	$ESF = 3.0 (MF) ^ 1.12$	$TDES = 2.5 (ESF) ^ 0.35$



FUNCIONES DE SISTEMA

La cantidad de las funciones del sistema se hallan con la siguiente

fórmula

$$F = 280 * RS$$

Reemplazando:

$$F = 280 * 13$$

$$F = 3640.00 \text{ Funciones del Sistema}$$

(especificaciones funcionales)

MILES DE FUNCIONES

El valor para el MF se halla con la fórmula:

$$MF = F / 1000$$

Reemplazando:

$$MF = 3640 / 1000$$

$$MF=3.4 \text{ miles de funciones}$$

ESFUERZO

Para el esfuerzo se toma la siguiente fórmula

$$ESF = Xi (MF) ^ Yi$$

* Como es un proyecto de Migración: TIPO SEMILIBRE, calculamos

MF a partir del esfuerzo aplicando el MÉTODO DIRECTO

$$Xi = 3$$

$$Yi = 1.12$$



Reemplazando:

$$ESF = 3(1.96)^{1.12}$$

$$ESF = 12.751310 \mid 13 \text{ Personas por Proyecto}$$

TIEMPO DE DESARROLLO

Se toma como valores a: $X_i = 2.5$ y $Y_i = 0.35$

Reemplazando:

$$TDES = 2.5 (ESF) ^ 0.35$$

$$TDES = 2.5 (13) ^ 0.35$$

$$TDES = 6.13509 \text{ meses} \mid 6.14 \text{ meses}$$

COSTO DE DESARROLLO

$$CD = ESF * 2 * SMV (\text{Max})$$

$$SMV = S/. 750.00$$

$$CD = S/. 9750.00$$

PLANIFICACION

DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZO Y TIEMPO DE DESARROLLO POR ETAPAS

Tabla 10: Distribución de Esfuerzo y Tiempo de Desarrollo

IND/MODO	FASES	2MF	8MF	32MF	128MF	512MF
ESFUERZO						
SEMILIBRE	Estudio Preliminar	7%	7%	7%	7%	7%
	Análisis	17%	17%	17%	17%	17%
	Diseño y Desarrollo	64%	61%	58%	55%	52%
	Diseño	27%	26%	25%	24%	23%
	Desarrollo	37%	35%	33%	31%	29%
	Prueba e implant.	19%	22%	22%	28%	31%
TIEMPO DE DESARROLLO						
SEMILIBRE	Estudio Preliminar	16%	18%	20%	22%	24%
	Análisis	24%	25%	36%	27%	28%
	Diseño y Desarrollo	56%	52%	48%	44%	40%
	Prueba e implant.	20%	23%	26%	29%	32%



Tabla 11: Elección de datos de Miles de Funciones

MF = 3.64	(MF <) => 2	Diferencia = 1.64
	(MF >) => 8	Diferencia = 4.36

Se toma la de menor diferencia

Tabla 12: Definición de requerimientos

FASE	INDICADOR					
	ESFUERZO		TIEMPO DE DESARROLLO		COSTO DE DESARROLLO	
	(Personas)		(Meses)			
	%	Valor Etapa	%	Valor Etapa	%	Valor Etapa
ESTUDIO PRELIMINAR	7	0.85	16	0.85	7	S/. 637.85
ANALISIS	17	2.07	24	1.27	17	S/. 1549.06
DISEÑO Y DESARROLLO	64	7.78	56	2.96	64	S/. 5831.77
DISEÑO	27	3.28	-	-	27	S/. 2460.28
DESARROLLO	37	4.50	-	-	37	S/. 3371.49
PRUEBA E IMPLEMENTACION	19	2.31	20	1.06	19	S/. 1731.30
	107	13.00	116	6.14	107	S/. 9750.00

EXPLICACION

El esfuerzo encontrado de 12.7513100087989 presenta el 107% de la estructura, por lo que si el esfuerzo es igual a 13 representa el 107 entonces el análisis del 17% es igual a 2.07.

Si ESF = 13:

$$13 \text{ — } 107\% \quad X = 17\% * 13 / 107$$

$$X \text{ — } 17\% \quad X = 2.07$$

CALCULO DE TESTEO

Tabla 13: Cálculo de Testeo

FASE	INDICADOR					
	ESFUERZO (Personas)		TIEMPO DE DESARROLLO		COSTO DE DESARROLLO	
	%	Valor Etapa	%	Valor Etapa	%	Valor Etapa
TESTEO	7	0.85	16	0.85	7	S/. 637.85
	107% - 100%		116% - 100%		107% - 100%	



En conclusión:

Para los requerimientos establecidos en la Definición de requerimientos, el tiempo de desarrollo es de 6.14 meses, con un esfuerzo de 13 personas, para lo cual el costo del proyecto total es de S/. 9750.00 nuevos soles por lo que según el análisis de costos indica que el Estudio Preliminar lo llevará a cabo una persona en 0.85 meses y tendrá una remuneración de S/. 637.85. En análisis del proyecto lo realizarán 2 analistas en un periodo de 1.27 meses con una remuneración de S/. 1549.06. El diseño y desarrollo será llevado a cabo por 8 personas los cuales comprenden de 3 diseñadores y 5 programadores en un periodo de 2.96 meses con una remuneración total de S/. 5831.77 y las pruebas e implementación serán realizadas por 2 analistas de calidad de software en un periodo de 1.6 meses y con una remuneración total de S/. 1731.30 nuevos soles.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

a) Se recopiló y ordenó los datos de los trabajos realizados por los operarios para poder aplicar los algoritmos de optimización de rutas y sectorización de zonas.

b) Se logró aplicar el algoritmo de Dijkstra sobre los predios que conforman los puntos de acción, con el cual se hallaron las rutas óptimas requeridas para los itinerarios de trabajo; no obstante, se aplicó el algoritmo de Voronoi sobre el mapa catastral el cual realizó la sectorización de zonas de trabajo para que los operarios de campo tengan en cuenta el límite de hasta donde llegar a realizar su trabajo geográficamente.

c) Se obtuvieron resultados positivos al realizar la comparación de los datos del pre análisis (con la forma tradicional de trabajo de los operarios de campo) con los datos del post análisis (utilizando los datos obtenidos en los reportes de sistema), los cuales para los notificadores tienen una ganancia de trabajo de un 16% para el día viernes y 13% para el día sábado, los verificadores de un 13.78% para el día viernes y 12% para el día sábado de igual manera para los inspectores una ganancia de trabajo de un 18% para el día jueves y 24% para el día sábado. A pesar de que la localización y posicionamiento de los puntos de acción son

inexactos por las actualizaciones propias de las características de la api de google maps.

d) Se realizó el análisis de costos del proyecto, el cual permitió determinar el valor global de la propuesta planteada, determinándose el costo beneficio de la investigación que es igual a 1.347 el cual es mayor 1, por lo que se concluye que el proyecto es económicamente factible y viable, para ponerlo en marcha.

6.2 Recomendaciones

a) Se recomienda a la empresa EPSEL S.A. que el número de predios a optimizar y a recorrer sea igual y no mayor que 50, debido a que el tiempo de respuesta de los datos de los servicios proporcionados por google maps aumenta según el número de predios ingresados.

b) Se recomienda a toda empresa que requiera implementar el software tener en cuenta que en el caso sea una entidad Pública o del Estado y que requiera un trabajador en cada región diagramada por el algoritmo de Voronoi para avanzar las funciones de su labor encomendado, no se recomienda dicho algoritmo debido a que podría llegar el caso que se diagramen un número de regiones que sobrepase la cantidad de trabajadores propios de cada empresa; a no ser que el número de regiones a diagramar llegue a la cantidad máxima de trabajadores disponibles en el mismo periodo de realización de funciones.

c) Se recomienda a la empresa EPSEL S.A. o a cualquier otra empresa que implemente el sistema a tener actualizado los datos de los predios o puntos de acción y los datos de referencia, ya que podrían variar con el tiempo y a la vez alterar la obtención de la ruta óptima deseada. Como en el caso de que se construyen nuevos predios habitables.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Amoako, E. O. (2011). *Determinación de la ruta más corta usando el algoritmo de Dijkstra para servicio de emergencia en Kumasi metrópolis* (Disertación para Maestría). Recuperada de las base de datos KNUSTSpace: *Institutional repository for Knust*.
- Aracena, J., & Gajardo, A. (9-21 de Enero de 2006). *Redes Dinámicas Discretas*. Universidad de Concepción, Departamento de Ingeniería Matemática. Concepción: Universidad de Concepción.
- Buendía, L., Colás, P., & Hernández, F. (1997). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill.
- Claverol, M., Simón, E. Saragoza, M. (s.f.). *Teoría de Grafos*. Cataluña.
- Coto, E. (2003). *Algoritmos básicos de grafos*. Caracas: Escuela de Computación de la Universidad Central de Venezuela.
- Dankhe, G. L. (1986). Detección de la literatura y otros documentos. En C. R. Sampieri, C. Fernández, & P. Baptista, *Metodología de la investigación* (4 ed., pág. 26). México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Dios, C. (2013). Organizador de ideas de investigación. (1ra edición). Chiclayo. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- EPSEL S.A. (2009). *Plan 13475 Plan estratégico y pensamiento estratégico*. Chiclayo.



- EPSEL S.A. (2011). *Plan 13475 Manual de organización y funciones*. Chiclayo.
- Gusfield, D. (2014). *ReCombinatorics: The algorithmics of ancestral recombination graphs and explicit phylogenetic networks*. Estados Unidos: MIT Press.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta Edición ed.). (J. Mares Chacón, Ed.) México: McGraw-Hill Interamericana.
- Herrera, F. (2006). *Data Mining and Soft Computing*. Università di Pisa, Dipartimento. of Computer Science and A.I. Pisa: Università di Pisa.
- López R., R. (2005). Cálculo de rutas óptimas mediante SIG en el territorio de la ciudad celtibérica de Segeda: propuesta metodológica. *Saldvie: Estudios de prehistoria y arqueología*, 95-111.
- Martínez, F., Gonzalo, T. (2010). *Modelos y algoritmos de optimización combinatoria para la planificación de rutas en regatas de barcos de vela* (Disertación para el grado de licenciado). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Argentina.
- Micó Andrés. M.L. (1996). *Algoritmos de búsqueda de vecinos más próximos en espacios métricos* (Disertación doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006).
Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Dirección Nacional
de Saneamiento.
- Miranda S. (2013). Modelo para la Generación Automática de
resúmenes abstractivos basados en grafos contextuales
(Disertación Doctoral). Mexico D. F.
- Oneil, D. J., & Rye, E. (s.f.). An intelligent & incremental approach to kNN
using R-Trees. *CiteSeer xb*, 1-12. doi:10.1.1.98.8907
- O'Rourke, J. (1994) *Computational Geometry in C*, Cambridge University
Press.
- Paradigmas. (s.f.). *Paradigmas y métodos de investigación en tiempos
de cambios*. (E. Nacional, Ed.)
- Preparata, F. P., (1988) Shamos, M. I. *Computational Geometry: an
Introduction*, Springer-Verlag.
- Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J., Barquín, J., & Linares, P. (2010).
Modelos Matemáticos de Optimización. Madrid.
- Rivero, J. (2011). *Búsqueda rápida de caminos en grafos de alta
cardinalidad estáticos y dinámicos (Disertación doctoral)*.
Universidad Carlos III, Madrid, España.
- Rodríguez R., J. E., Rojas B., E., & Franco C., R. (2013). Clasificación
de los datos usando el método K-NN. *Vínculos*, 4(1), 4-18.
- Ruohonen, K. (2013). *Graafiteoria* (2 ed.). (J. Tamminen, L. Kung-Chung,
& R. Piché, Trads.) Finlandia.



Sedgewick, R. (s.f.). *Algoritmos en C++*. (Díaz de Santos, Ed.)

Massachussett.

Vasudev, C. (2006). *Graph Theory with Applications*. New Age

International Publishers.

ANEXOS

Anexo 1

Selección de Algoritmo de Optimización de Rutas

Para el presente proyecto de investigación se tomaron en cuenta las características necesarias del requerimiento de la optimización de rutas y se compararon con las características de los algoritmos de optimización. Los criterios de evaluación fueron los siguientes:

Tabla 14: Criterios de la evaluación

Nivel de Impacto	Descripción
Cumple	Si
No cumple	No

Fuente: Elaboración propia

La evaluación se muestra a continuación:

Tabla 15: Comparación para la elección del algoritmo de optimización de rutas

Características	Algoritmos				
	A. Prim	A. Krustal	A. Dijkstra	A. Mejor Primero BF	A. Bellman-Ford
A	Si	Si	No	Si	No
Puede contener ciclos	No	No	Si	No	Si
Grafos Ponderados Positivos	Si	Si	Si	Si	Si
Grafos Ponderados Negativos	Si	No	No	No	Si
Comienza por cualquier punto	Si	No	Si	Si	Si
Recorre todos los puntos	Si	Si	Si	Si	Si
Grafo Dirigido y No Dirigido	No	No	Si	No	Si
Grafo Conexo	Si	Si	Si	Si	Si
Grafo No Conexo	No	No	No	No	No

Fuente: Elaboración propia

La característica A significa: Evalúa los puntos de acción solo una vez, si al pasar a otro punto o regresar al inicial debe pasar por una calle más larga, no es óptimo para el requerimiento de optimización.



De lo evaluado en la tabla mostrada se seleccionó al algoritmo de Dijkstra para la presente investigación debido a que cumple con la mayoría de los requerimientos necesarios para el optimizador.

Anexo 2

Selección de Algoritmo de Sectorización de Zonas

Para el presente proyecto de investigación se tomaron en cuenta las características necesarias del requerimiento de la optimización de rutas y se compararon con las características de los algoritmos de sectorización. Los criterios de evaluación fueron los siguientes:

Tabla 16: Criterios de evaluación

Nivel de Impacto	Descripción
Cumple	Si
No cumple	No

Fuente: Elaboración propia

La evaluación se muestra a continuación:

Tabla 17: Comparación para la elección del Diagrama a utilizar

Características	Algoritmos			
	A. R-Tree	A. Voronoi	A. Delaunay	A. Circles
Forma de Sectorización	Rectangular	Voronoi	Triangular	Círculos
Sectores trazados igual a los puntos igresados	No	Si	No	No
Las regiones se intersectan	Si	No	No	Si
Las regiones pueden solaparse	Si	No	No	No
Apropiada sectorización para regiones geográficas	No	Si	No	No

Fuente: Elaboración propia

De lo evaluado en la tabla mostrada se seleccionó al tipo de diagrama o algoritmo a utilizar en la sectorización de regiones geográficas, para la presente investigación debido a que cumple con la mayoría de los requerimientos necesarios.



Anexo 3

Selección del Tipo de Sistema a Desarrollar

Para el presente proyecto de investigación se tomaron en cuenta las características necesarias del requerimiento del sistema de rutas y sectorización para lo cual se evaluaron los tipos de sistemas a desarrollar. Los criterios de evaluación fueron los siguientes:

Tabla 18: Criterios de evaluación

Nivel de Impacto	Descripción
Cumple	Si
No cumple	No

Fuente: Elaboración propia

La evaluación se muestra a continuación:

Tabla 19: Comparación para la elección del Sistema a desarrollar

Características para el desarrollo del Sistema	Tipos de Sistemas		
	Escritorio	Web	Móvil
Lenguaje simple	No	Si	No
Programación orientada a objetos	Si	Si	Si
Compatibilidad multiplataforma	No	Si	No
Inmediatez de acceso	Si	Si	Si
Menos requerimientos de memoria	No	Si	No
Disminución de Bugs.	Si	Si	No
Conectividad con Gestores de Base de datos	Si	Si	No

Fuente: Elaboración propia

De lo evaluado en la tabla mostrada se seleccionó al tipo de sistema a desarrollar para la presente investigación debido a que cumple con la mayoría de los requerimientos necesarios.



Anexo 4

Selección del Api a Utilizar para los servicios de Mapas

Para el presente proyecto de investigación se tomaron en cuenta las características necesarias de los servicios y mapas. Para lo cual se tomaron las características de las apis disponibles y se seleccionaron según los siguientes criterios de evaluación

Tabla 20: Criterios de evaluación

Nivel de Impacto	Descripción
Cumple	Si
No cumple	No

Fuente: Elaboración propia

La evaluación se muestra a continuación:

Tabla 21: Comparación para la elección del Api para Mapas

Características para el desarrollo del Sistema	Cuadro Comparativo de Apis para Mapas	
	Open Street Maps	Google Maps
Información segura	No	Si
Controles estables	No	Si
Acercamiento central	No	No
Direfentes tipo de mapas	No	Si
Street View	Si	Si
Destinos multiples	No	Si
Precisión	No	Si
Libre	Si	No

Fuente: Elaboración propia

De lo evaluado en la tabla mostrada se seleccionó al api el cual fue el api de Google Maps y se tomará la versión 3 por lo que la versión anterior está obsoleta, dicha api trabajaría conjuntamente con el software de la presente investigación debido a que cumple con la mayoría de los requerimientos necesarios.



Anexo 5

Selección de la Metodología de Desarrollo

Para la metodología de desarrollo se tomó en cuenta las características a las que más se ajusta el desarrollo del presente producto de investigación. Para lo cual se seleccionaron según los siguientes criterios de evaluación

Tabla 22: Criterios de evaluación

Nivel de Impacto	Descripción
Cumple	Si
No cumple	No

Fuente: Elaboración propia

La evaluación se muestra a continuación:

Tabla 23: Comparación para la elección Metodología de Desarrollo

Características para el desarrollo del Sistema	Metodologías de desarrollo		
	RUP	Scrum	Xp
Metodología Ágil	No	Si	Si
Menor tiempo de desarrollo	No	Si	Si
Programación poco personal	No	No	Si
Diversidad de roles	No	Si	Si
Comunicación entre usuario y desarrollador	No	Si	Si
Retroalimentación	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

De lo evaluado en la tabla mostrada se escogió la metodología Extreme Programming para realizar el desarrollo del software de la presente investigación por lo que cumple con la mayoría de los requerimientos necesarios.



Anexo 6

Selección de Rutas y Puntos de Acción

La selección de las cantidades de puntos de acción depende de las rutas de trabajo, ya que ellas tienen diferentes cantidades de predios que recorrer según la función de los operarios de campo y según el día de labor. Es por ello que el número de puntos de acción es igual al número de predios según la carga laboral de cada operario y el número de rutas al número de días de trabajo.

Las rutas y los puntos de acción a analizar se seleccionaron de la siguiente manera:

Se seleccionó a operarios con 3 diferentes funciones: Notificador, Verificador e Inspector, de los cuales se tomaron los trabajos elaborados según las visitas realizadas a los predios de los clientes; dichos datos pertenecientes a 2 días de la semana laboral; el primer día debería estar comprendido entre lunes a viernes y es analizado por separado, debido a que se trabaja en los turnos mañana y tarde.

El segundo día es el día sábado, el cual es escogido y analizado por separado debido a que solo se labora en el turno de la mañana.



Para su mayor entendimiento en la figura 60 se describe gráficamente la selección de rutas y puntos de acción.

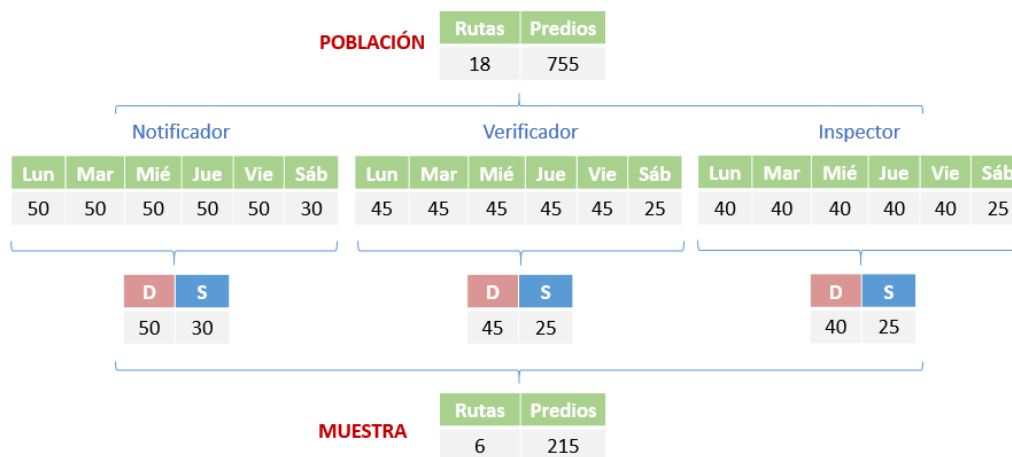


Figura 54: Población y Muestra

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7

PRE-ANÁLISIS

Los siguientes datos pertenecen al resultado del análisis de los predios visitados durante las funciones de los trabajadores en la etapa de pre-análisis.

Los trabajadores a participar en esta investigación son de tres tipos: Notificador, Inspector y Verificador; de los cuales se ha tomado a uno de cada tipo para utilizar los datos que estos han obtenido durante la realización de sus funciones, para posteriormente compararlos con los datos obtenidos después de aplicar el producto final de esta investigación y poder contrastar la hipótesis planteada en la misma.

Los datos mostrados a continuación, pertenecen a la cantidad de carga laboral que se le asigna a cada uno de los trabajadores.

Tabla 24: Carga laboral de cada Operario

	Notificador	Verificador	Inspector
D	50	45	40
S	30	25	25

Fuente: Elaboración propia

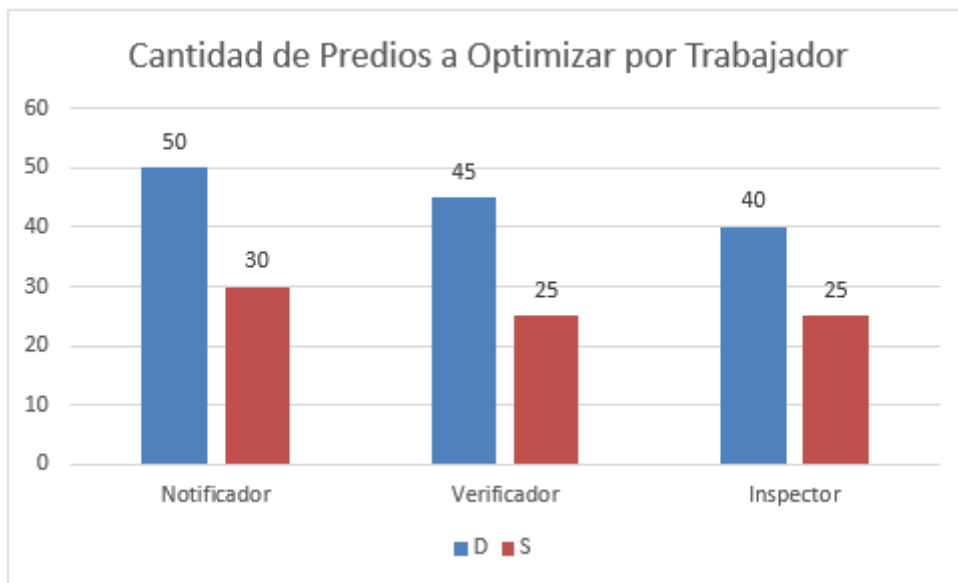


Donde la variable D, toma el significado de ser un día cualquiera de la semana, que esté comprendido entre lunes a viernes donde para cada operario se le asigna el día según el análisis a realizar.

La variable S, toma el significado del día sábado, siendo analizado por separado debido a que se labora solo medio día.

Para mayor visualización y entendimiento, a continuación se muestra un gráfico comparativo:

Grafico 11: Carga laboral por trabajador



Fuente: Elaboración propia

La cantidad de carga de cada trabajador es igual al número de predios, direcciones o puntos de acción a participar en la optimización de una ruta de trabajo, como por ejemplo:

- a) El número de puntos de acción a optimizar en la carga laboral del notificador para un día perteneciente dentro de la semana, es igual a 50.
- b) El número de puntos de acción a optimizar en la carga laboral del notificador para el día sábado, es igual a 30.

Para analizar la información se tomó el siguiente orden: primero los datos pertenecientes al Notificador, luego los datos del Verificador para culminar con los del Inspector.

Análisis de los datos del Notificador

A continuación se presentan los datos del trabajo del notificador realizado en una semana laboral.

Tabla 25: Trabajo realizado por notificador

Período \ Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	TOTAL SEMANA
Mañana	20	21	19	19	15	18	112
Tarde	17	15	18	16	17	0	83
Horario del Día	37	36	37	35	32	18	195
Fuera Horario	4	3	5	5	6	5	28
TOTAL DÍA	41	39	42	40	38	23	223

Fuente: Elaboración propia

Los periodos dan a conocer en qué turno del día se realizó el trabajo del notificador. El periodo denominado “Mañana”, es el momento en que el notificador ha laborado en el horario establecido por la empresa para dicho periodo. El periodo denominado “Tarde”, de igual manera, es el momento en que el notificador ha laborado en el horario establecido por la empresa para dicho periodo. El periodo “Horario del Día”, es el trabajo realizado durante todo el día, dicho horario está establecido por la empresa; no es más que la sumatoria del trabajo realizado en la Mañana con el realizado en la Tarde, ambos dentro del horario de trabajo. El periodo “Fuera Horario” es el trabajo realizado fuera del horario establecido por la empresa, que puede ser en el horario de almuerzo o después de finalizar su labor diario. El “Total del Día” es la sumatoria de todo el trabajo realizado durante el día incluyendo los datos del trabajo realizado fuera del horario de trabajo.



A consecuencia de los datos presentados anteriormente se analiza junto con la carga laboral que se le asignó al notificador. Se muestra el cuadro a continuación:

Tabla 26: Análisis de carga laboral con trabajo realizado

Item \ Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	TOTAL SEMANA
Carga	50	50	50	50	50	30	280
Total	41	39	42	40	38	23	223
Faltante	9	11	8	10	12	7	57

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro analizado se hallan los valores Faltantes los cuales son aquellos predios, direcciones o puntos de acción que el notificador no logró visitar para realizar su función. Debido a que el día sábado solo se trabaja en la mañana no se analiza junto con los demás días, y será tomado en cuenta por separado.

Como vimos en la gráfica de la tabla 15, solo necesitamos 2 variables a utilizar, en este caso del notificador; el primero perteneciente a cualquier día de la semana sin tener en cuenta el día sábado, y el segundo perteneciente al día sábado.

Como se necesita solo un día de la semana, se aplicó la fórmula de la media aritmética a los datos de los 5 días de la semana para poder tomar como representante al promedio para luego elegir el día en que los datos



se acerquen a dicho representante. Y en el caso del sábado, se toma tal cual.

A continuación se muestra el análisis de lo mencionado:

Tabla 27: Promedios de periodos para valores de un día

Item \ Día	P(Lun-Vie)	Sáb
Mañana	19	18
Tarde	17	0
Horario del Día	35	18
Fuera Horario	5	5
TOTAL DÍA	40	23

Fuente: Elaboración propia

Los datos del cuadro son los promedios de lo trabajado durante la semana por el notificador, y como se mencionó anteriormente los datos del día sábado se toman tal cual.

El resumen de lo analizado se muestra a continuación

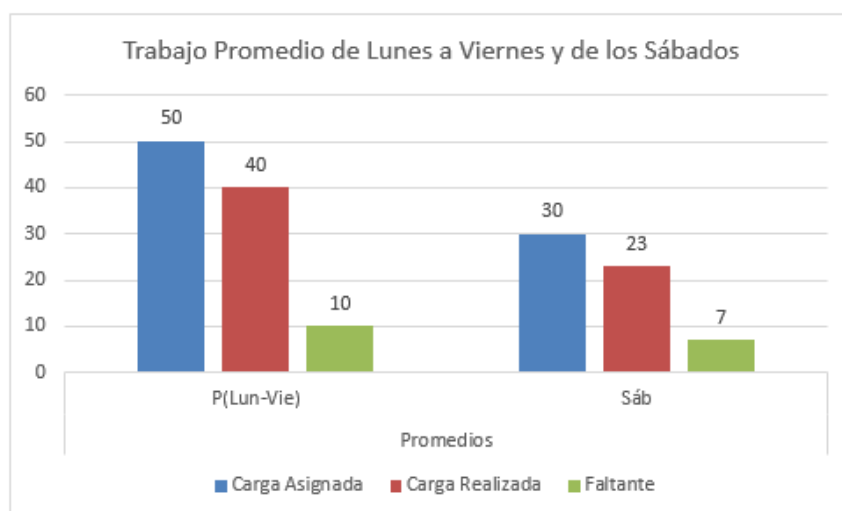
Tabla 28: Análisis de carga laboral con trabajo de un día

Item \ Día	P(Lun-Vie)	Sáb
Carga	50	30
Total	40	23
Faltante	10	7

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 12: Trabajo promedio de lunes a viernes y sábados del notificador



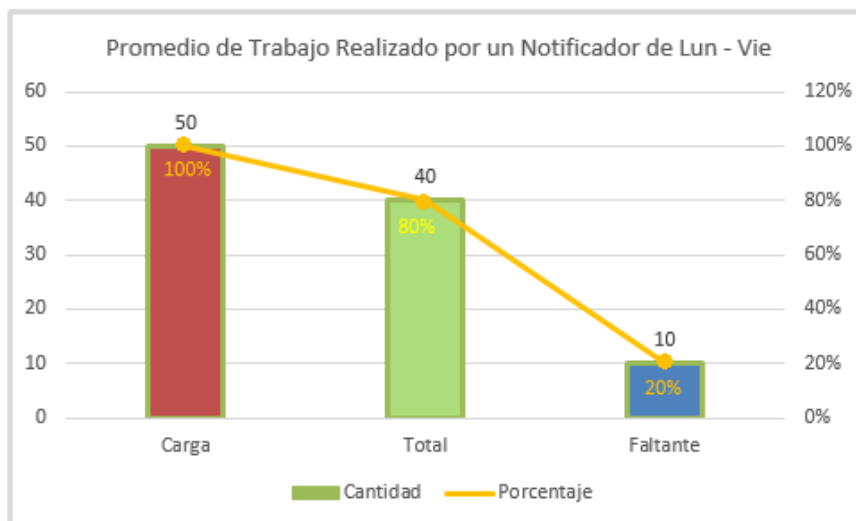
Fuente: Elaboración propia

De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al notificador se le asignó una carga de 50 (100%) predios direcciones, o puntos de acción en cualquier día de la semana; de los cuales al finalizar su trabajo diario logró realizar un total de 40 (80%) de los predios, dejando un faltante de 10 (20%) predios por visitar e incumplir su función. El día sábado se le asignó una carga de 30 (100%) predios y de los cuales logra realizar 23 (77%) visitas, dejando un faltante de 7 (23%) predios sin llegar a cumplir su función.

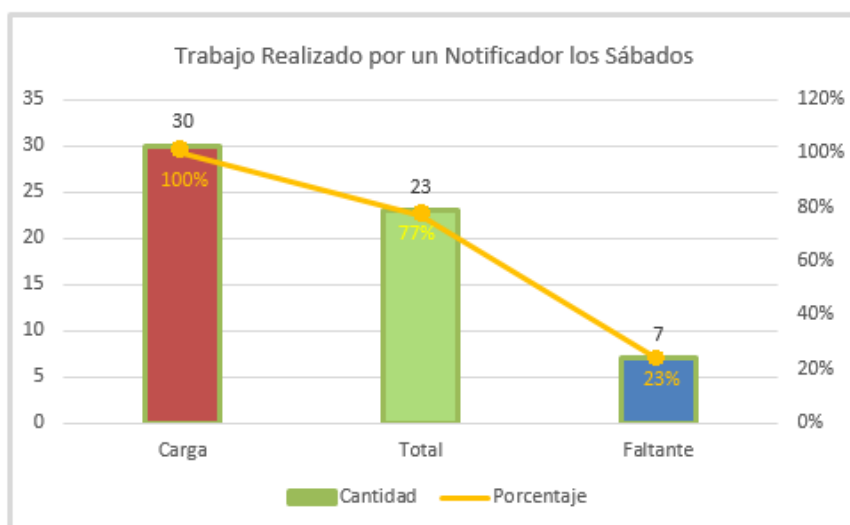


Gráfico 13: Trabajo promedio realizado por notificador de lunes a viernes



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14: Trabajo realizado por notificador los sábados



Fuente: Elaboración propia



Resumen estadístico elaborado en el software SPSS versión 21:

Tabla 29: Resumen estadístico del Notificador

		Mañana	Tarde	Horario del Día	Fuera del Horario	Carga del Día	Total del Día	Faltante
N	Válidos	5	5	5	5	5	5	5
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0
	Media	18,80	16,60	35,40	4,60	50,00	40,00	10,00
	Moda	19	17	37	5	50	38 ^a	8 ^a
	Desv. típ.	2,280	1,140	2,074	1,140	,000	1,581	1,581
	Varianza	5,200	1,300	4,300	1,300	,000	2,500	2,500
	Rango	6	3	5	3	0	4	4
	Mínimo	15	15	32	3	50	38	8
	Máximo	21	18	37	6	50	42	12
	Suma	94	83	177	23	250	200	50

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Fuente: Elaboración propia

Para la descripción algunos datos fueron redondeados para cumplir con el estándar de trabajo laboral.

Del análisis se deduce y se explica lo más resaltante:

Con respecto al trabajo realizado por un notificador durante la semana, excluyendo el día sábado: Que el notificador lo máximo que llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 42 visitas, con lo cual se halla un exceso de 8 predios según la carga laboral asignada que es de 50; según el promedio de los datos realizados durante todo el día se le debe asignar una carga de 40 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día.



Dentro del Horario normal de trabajo el notificador lo máximo que realiza son 37 visitas a predios, con lo cual se halla un exceso de 13 predios según la carga laboral asignada que es de 50; según el promedio de los datos realizados durante el día laboral se le debe asignar una carga de 35 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día laboral.

Con respecto a los días sábados: Que el notificador lo máximo que llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 23 visitas, con lo cual se halló un exceso de 7 predios según la carga laboral asignada que es de 30; según los datos realizados durante todo el día se le debe asignar una carga de 23 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día.

Dentro del Horario normal de trabajo el notificador lo máximo que realizó son 18 visitas a predios, con lo cual se halló un exceso de 12 predios según la carga laboral asignada que es de 30; según los datos realizados durante el día laboral se le debe asignar una carga de 23 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día laboral.



Análisis de los datos del Verificador

A continuación se presentan los datos del trabajo del verificador realizado en una semana laboral.

Tabla 30: Trabajo realizado por verificador

Período \ Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	TOTAL SEMANA
Mañana	20	20	19	21	17	18	115
Tarde	15	14	13	14	14	0	70
Horario del Día	35	34	32	35	31	18	185
Fuera Horario	2	4	4	3	5	3	21
TOTAL DÍA	37	38	36	38	36	21	206

Fuente: Elaboración propia

Los periodos dan a conocer en qué turno del día se realizó el trabajo del verificador. El periodo denominado “Mañana”, es el momento en que el verificador ha laborado en el horario establecido por la empresa para dicho periodo. El periodo denominado “Tarde”, de igual manera, es el momento en que el verificador ha laborado en el horario establecido por la empresa para dicho periodo. El periodo “Horario del Día”, es el trabajo realizado durante todo el día, dicho horario está establecido por la empresa; no es más que la sumatoria del trabajo realizado en la Mañana con el realizado en la Tarde, ambos dentro del horario de trabajo. El periodo “Fuera Horario” es el trabajo realizado fuera del horario establecido por la empresa, que puede ser en el horario de almuerzo o después de finalizar su labor diaria. El “Total del Día” es la sumatoria de todo el trabajo realizado durante el día incluyendo los datos del trabajo realizado fuera del horario de trabajo.



A consecuencia de los datos presentados anteriormente se analiza junto con la carga laboral que se le es asignado al verificador. Se muestra el cuadro a continuación:

Tabla 31: Análisis de carga laboral con trabajo realizado

Item \ Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	TOTAL SEMANA
Carga	45	45	45	45	45	25	250
Total	37	38	36	38	36	21	206
Faltante	8	7	9	7	9	4	44

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro analizado se deducen los valores Faltantes los cuales son aquellos predios, direcciones o puntos de acción que el verificador no logró visitar para realizar su función. Debido a que el día sábado solo se trabaja en la mañana no se analiza junto con los demás días, y será tomado en cuenta por separado.

Como vimos en la gráfica de la tabla 15, solo necesitamos 2 variables a utilizar, en este caso del verificador; el primero perteneciente a cualquier día de la semana sin tener en cuenta el día sábado, y el segundo perteneciente al día sábado.

Como se necesita solo un día de la semana, se aplica la fórmula de la media aritmética a los datos de los 5 días de la semana para poder tomar como representante al promedio. Y en el caso del sábado, se toma tal cual.



A continuación se muestra el análisis de lo mencionado:

Tabla 32: Promedios de periodos para valores de un día

Item \ Día	P(Lun-Vie)	Sáb
Mañana	19	18
Tarde	14	0
Horario del Día	33	18
Fuera Horario	4	3
TOTAL DÍA	37	21

Fuente: Elaboración propia.

Los datos del cuadro son los promedios de lo trabajado durante la semana por el verificador, y como se mencionó anteriormente los datos del día sábado se toman tal cual.

El resumen de lo analizado se muestra a continuación:

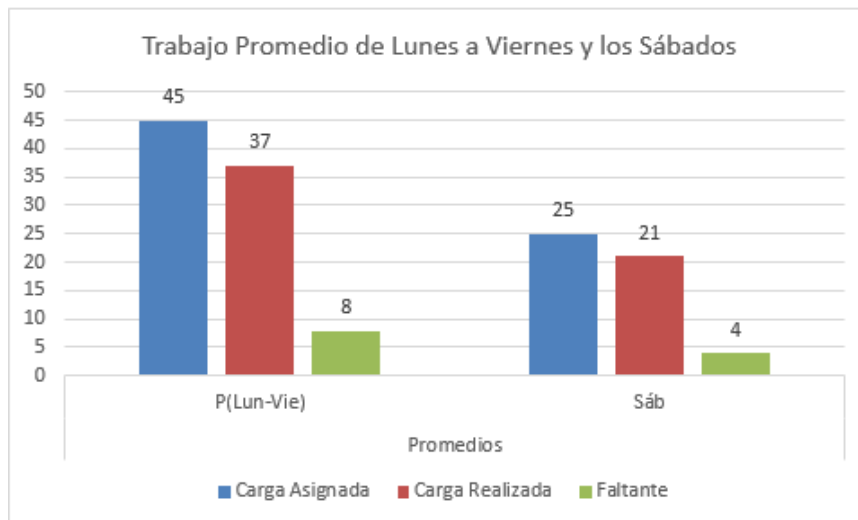
Tabla 33: Análisis de carga laboral con trabajo de un día

Item \ Día	P(Lun-Vie)	Sáb
Carga	45	25
Total	37	21
Faltante	8	4

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 15: Trabajo promedio de lunes a viernes y los sábados



Fuente: Elaboración propia.

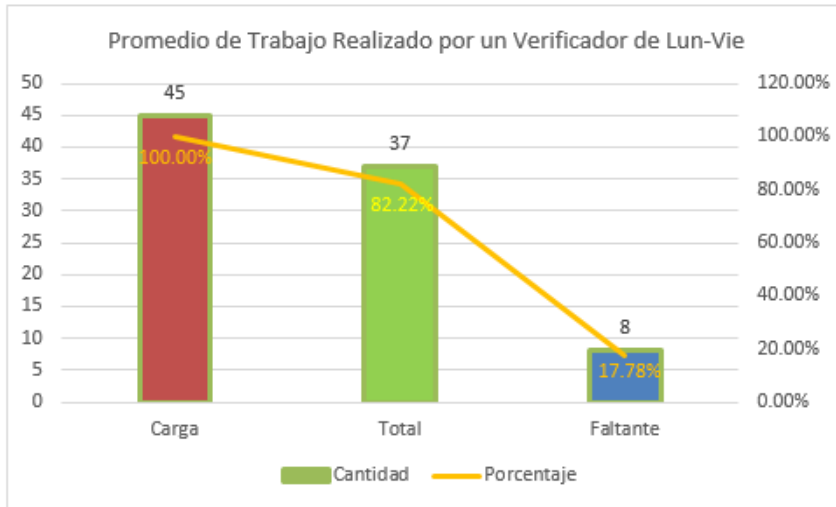
De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al verificador se le asignó una carga de 45 (100%) predios direcciones, o puntos de acción en cualquier día de la semana; de los cuales al finalizar su trabajo diario logró realizar un total de 37 (82.22%) de los predios, dejando un faltante de 8 (17.78%) predios por visitar e incumplir su función.

El día sábado se le asignó una carga de 25 (100%) predios y de los cuales logró realizar 21 (84%) visitas, dejando un faltante de 4 (16%) predios sin llegar a cumplir su función.

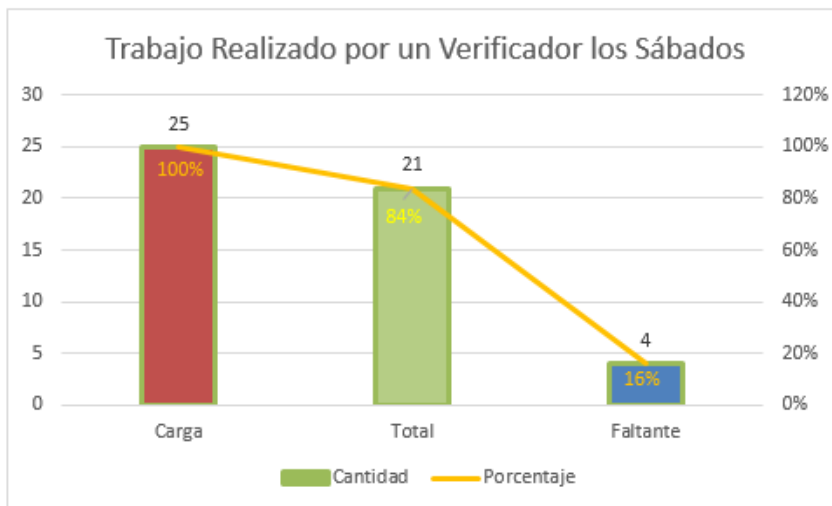


Gráfico 16: Promedio de trabajo realizado por un verificador de lunes a viernes



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 17: Trabajo realizado por in verificado los días sábados



Fuente: Elaboración propia.

Para mayor análisis de los datos, se presentan a continuación un resumen estadístico elaborado en el software SPSS versión 21:

Tabla 34: Datos estadísticos del análisis del trabajo de un verificador

		Estadísticos						
		Mañana	Tarde	Horario del Día	Fuera del Horario	Carga del Día	Total del Día	Faltante
N	Válidos	5	5	5	5	5	5	5
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0
Media		19,40	14,00	33,40	3,60	45,00	37,00	8,00
Moda		20	14	35	4	45	36 ^a	7 ^a
Desv. típ.		1,517	,707	1,817	1,140	,000	1,000	1,000
Varianza		2,300	,500	3,300	1,300	,000	1,000	1,000
Rango		4	2	4	3	0	2	2
Mínimo		17	13	31	2	45	36	7
Máximo		21	15	35	5	45	38	9
Suma		97	70	167	18	225	185	40

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Fuente: Elaboración propia.

Para la descripción algunos datos fueron redondeados para cumplir con el estándar de trabajo laboral.

Del análisis se deduce y se explica lo más resaltante:

Con respecto al trabajo realizado por un verificador durante la semana, excluyendo el día sábado: Que el verificador lo máximo que llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 38 visitas, con lo cual se halló un exceso de 7 predios según la carga laboral asignada que es de 45; según el promedio de los datos realizados durante todo el día se le debe asignar una carga de 37 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día.



Dentro del Horario normal de trabajo el verificador lo máximo que realizó son 35 visitas a predios, con lo cual se halló un exceso de 10 predios según la carga laboral asignada que es de 45; según el promedio de los datos realizados durante el día laboral se le debe asignar una carga de 33 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día laboral.

Con respecto a los días sábados: Que el verificador lo máximo que llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 21 visitas, con lo cual se halla un exceso de 4 predios según la carga laboral asignada que es de 25; según los datos realizados durante todo el día se le debe asignar una carga de 21 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día.

Dentro del Horario normal de trabajo el notificador lo máximo que realizó son 18 visitas a predios, con lo cual se halló un exceso de 7 predios según la carga laboral asignada que es de 25; según los datos realizados durante el día laboral se le debe asignar una carga de 18 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día laboral.



Análisis de los datos del Inspector

A continuación se presentan los datos del trabajo del inspector realizado en una semana laboral.

Tabla 35: Trabajo realizado de inspector

Período \ Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	TOTAL SEMANA
Mañana	17	15	15	16	15	15	93
Tarde	13	13	14	12	11	0	63
Horario del Día	30	28	29	28	26	15	156
Fuera Horario	2	3	2	4	3	2	16
TOTAL DÍA	32	31	31	32	29	17	172

Fuente: Elaboración propia.

Los periodos dan a conocer en qué turno del día se realizó el trabajo del inspector. El periodo denominado “Mañana”, es el momento en que el inspector ha laborado en el horario establecido por la empresa para dicho periodo. El periodo denominado “Tarde”, de igual manera, es el momento en que el inspector ha laborado en el horario establecido por la empresa para dicho periodo. El periodo “Horario del Día”, es el trabajo realizado durante todo el día, dicho horario está establecido por la empresa; no es más que la sumatoria del trabajo realizado en la Mañana con el realizado en la Tarde, ambos dentro del horario de trabajo. El periodo “Fuera Horario” es el trabajo realizado fuera del horario establecido por la empresa, que puede ser en el horario de almuerzo o después de finalizar su labor diaria. El “Total del Día” es la sumatoria de todo el trabajo realizado durante el día incluyendo los datos del trabajo realizado fuera del horario de trabajo.



A consecuencia de los datos presentados anteriormente se analiza junto con la carga laboral que se le es asignado al inspector. Se muestra el cuadro a continuación:

Tabla 36: Análisis de carga laboral con trabajo realizado

Período \ Día	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	TOTAL SEMANA
Carga	40	40	40	40	40	25	225
Total	32	31	31	32	29	17	172
Faltante	8	9	9	8	11	8	53

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro analizado se hallan los valores Faltantes los cuales son aquellos predios, direcciones o puntos de acción que el inspector no logró visitar para realizar su función. Debido a que el día sábado solo se trabaja en la mañana no se analiza junto con los demás días, y será tomado en cuenta por separado.

Como vimos en la gráfica de la tabla 15, solo necesitamos 2 variables a utilizar, en este caso del inspector; el primero perteneciente a cualquier día de la semana sin tener en cuenta el día sábado, y el segundo perteneciente al día sábado.

Como se necesita solo un día de la semana, se aplica la fórmula de la media aritmética a los datos de los 5 días de la semana para poder tomar como representante al promedio. Y en el caso del sábado, se toma tal cual.



A continuación se muestra el análisis de lo mencionado:

Tabla 37: Promedios de periodos para valores de un día

Período \ Día	P(Lun-Vie)	Sáb
Mañana	16	15
Tarde	13	0
Horario del Día	29	15
Fuera Horario	3	2
TOTAL DÍA	32	17

Fuente: Elaboración propia.

Los datos del cuadro son los promedios de lo trabajado durante la semana por el inspector, y como se mencionó anteriormente los datos del día sábado se toman tal cual.

El resumen de lo analizado se muestra a continuación

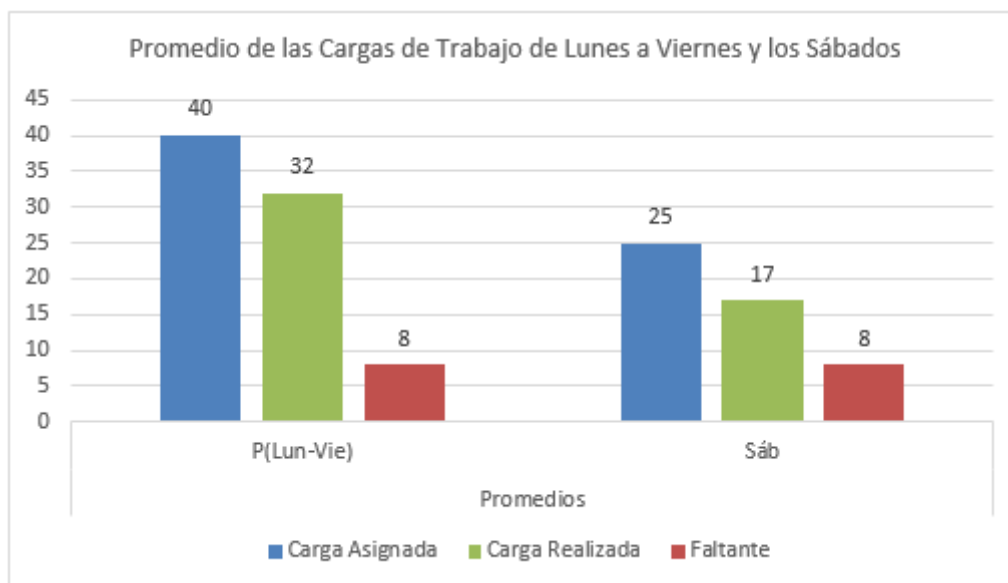
Tabla 38: Análisis de carga laboral con trabajo de un día

Período \ Día	P(Lun-Vie)	Sáb
Carga	40	25
Total	32	17
Faltante	8	8

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 18: Promedios de las cargas de trabajo de lunes a viernes y los sábados



Fuente: Elaboración propia.

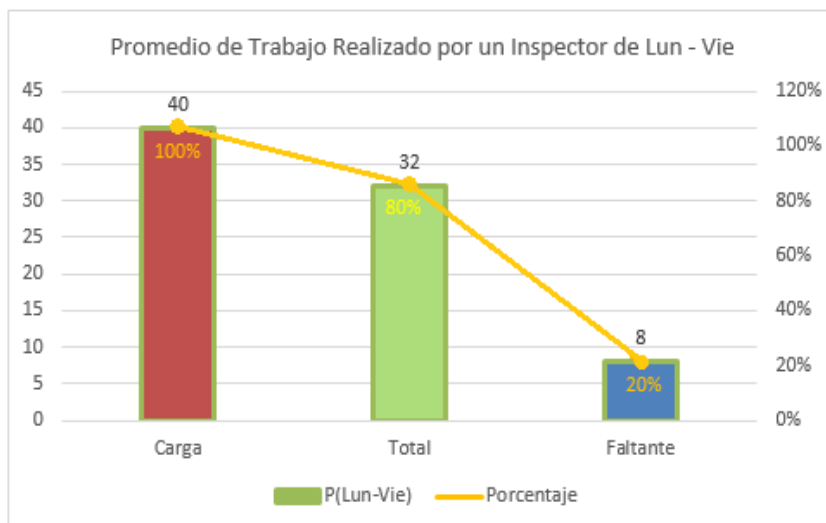
De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al inspector se le asignó una carga de 40 (100%) predios direcciones, o puntos de acción en cualquier día de la semana; de los cuales al finalizar su trabajo diario logró realizar un total de 32 (80%) de los predios, dejando un faltante de 8 (20%) predios por visitar e incumplir su función.

El día sábado se le asignó una carga de 25 (100%) predios y de los cuales logra realizar 17 (68%) visitas, dejando un faltante de 8 (32%) predios sin llegar a cumplir su función.

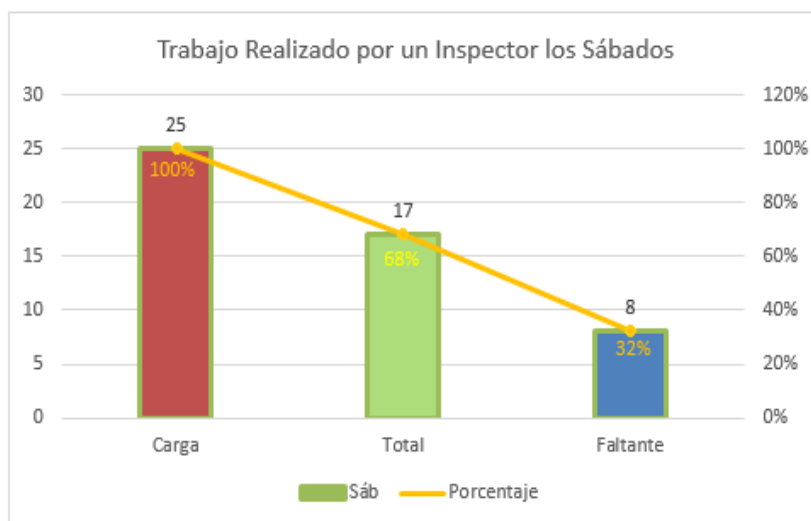


Gráfico 19: Promedios de trabajo realizado por un inspector de lunes a viernes



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 20: Trabajo realizado por un inspector los días sábados



Fuente: Elaboración propia.



Para mayor análisis de los datos, se presentan a continuación un resumen estadístico elaborado en el software SPSS versión 21:

Tabla 39: Datos estadísticos del análisis del trabajo de un inspector

	Mañana	Tarde	Horario del Día	Fuera del Horario	Carga del Día	Total del Día	Faltante
N Válidos	5	5	5	5	5	5	5
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0
Media	15,60	12,60	28,20	2,80	40,00	31,00	9,00
Moda	15	13	28	2 ^a	40	31 ^a	8 ^a
Desv. típ.	,894	1,140	1,483	,837	,000	1,225	1,225
Varianza	,800	1,300	2,200	,700	,000	1,500	1,500
Rango	2	3	4	2	0	3	3
Mínimo	15	11	26	2	40	29	8
Máximo	17	14	30	4	40	32	11
Suma	78	63	141	14	200	155	45

Fuente: Elaboración propia.

Para la descripción algunos datos serán redondeados para cumplir con el estándar de trabajo laboral.

Del análisis se deduce y se explicará lo más resaltante:

Con respecto al trabajo realizado por un notificador durante la semana, excluyendo el día sábado: Que el notificador lo máximo que llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 32 visitas, con lo cual se halla un exceso de 8 predios según la carga laboral asignada que es de 40; según el promedio de los datos realizados durante todo el día se le debe asignar una carga de 31 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día.



Dentro del Horario normal de trabajo el notificador lo máximo que realiza son 30 visitas a predios, con lo cual se halla un exceso de 10 predios según la carga laboral asignada que es de 40; según el promedio de los datos realizados durante el día laboral se le debe asignar una carga de 28 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día laboral.

Con respecto a los días sábados: Que el notificador lo máximo que llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 17 visitas, con lo cual se halla un exceso de 8 predios según la carga laboral asignada que es de 25; según los datos realizados durante todo el día se le debe asignar una carga de 17 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día.

Dentro del Horario normal de trabajo el notificador lo máximo que realiza son 15 visitas a predios, con lo cual se halla un exceso de 10 predios según la carga laboral asignada que es de 25; según los datos realizados durante el día laboral se le debe asignar una carga de 15 visitas a predios para cumplir con sus funciones sin tener faltantes durante el día laboral.

Anexo 8

POST-ANÁLISIS

Los siguientes datos pertenecen al resultado del análisis de los predios visitados durante las funciones de los trabajadores en la etapa de post-análisis la cual forma parte después de haber aplicado el funcionamiento del software, el cual es producto de esta investigación.

Los trabajadores que participaron en esta investigación son los mismos utilizados en la etapa del pre-análisis, los cuales fueron de tres tipos: Notificador, Verificador e Inspector; de igual manera se tomó los datos de cada uno de ellos obtenidos después de haber realizado sus funciones con ayuda de software. Dichos datos son analizados a continuación para comparar sus resultados con los ya analizados en la etapa de pre-análisis y contrastar la hipótesis planteada.

Los datos mostrados a continuación, pertenecen a la cantidad de carga laboral que se le asignó a cada uno de los trabajadores.

Tabla 40: Carga laboral de cada operario

	Notificador	Verificador	Inspector
D	50	45	40
S	30	25	25

Fuente: Elaboración propia.



Donde la variable D, toma el significado de ser un día cualquiera de la semana, que esté comprendido entre lunes a viernes.

La variable S, toma el significado del día sábado, siendo analizado por separado debido a que se labora solo medio día.

Análisis de los datos del Notificador

Resumen estadístico de los datos del notificador. A continuación se presentan los datos del trabajo del notificador realizado en un día específico de la semana el cual es el día viernes; y del día sábado.

Tabla 41: Datos obtenidos con la ayuda del software

Período \ Día	Viernes	Sábado
Mañana	24	25
Tarde	21	0
Horario del Día	45	25
Fuera Horario	3	2
TOTAL DÍA	48	27

Fuente: Elaboración propia.

El resumen de lo analizado se muestra a continuación

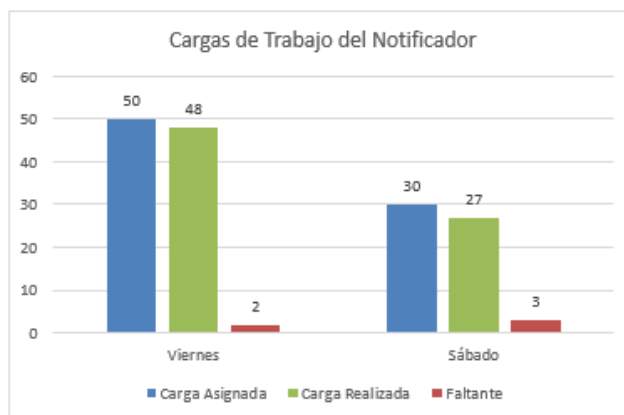
Tabla 42: Análisis de carga laboral con trabajo de un día

Período \ Día	Viernes	Sábado
Carga	50	30
Total	48	27
Faltante	2	3

Fuente: Elaboración propia.



Grafico 21: Cargas de trabajo del notificador



Fuente: Elaboración propia.

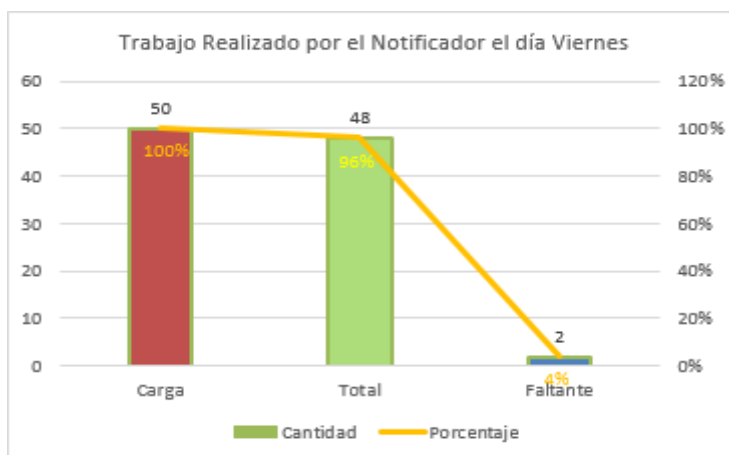
De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al notificador se le asignó una carga de 50 (100%) predios, direcciones o puntos de acción; de los cuales al finalizar su trabajo logró realizar un total de 48 (96%) de los predios, dejando un faltante de 2 (4%) predios.

El día sábado se le asignó una carga de 30 (100%) predios y de los cuales logró realizar 27 (90%) visitas, dejando un faltante de 3 (10%) predios.

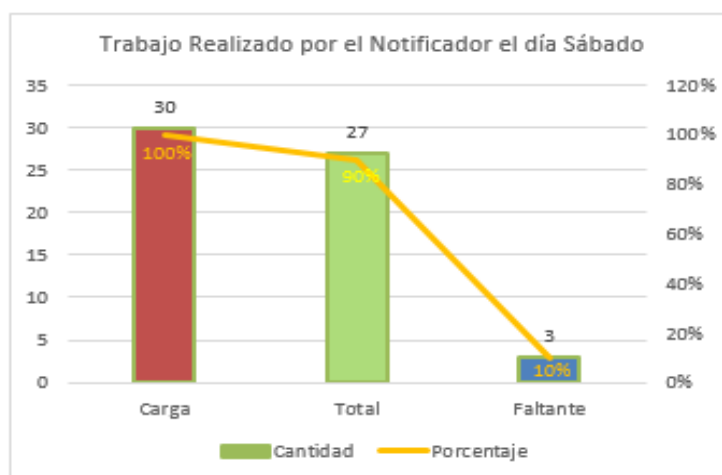


Gráfico 22: Trabajo realizado por un notificador el día viernes



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 23: Trabajo realizado por un notificador el día sábado



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis se deduce y se explicará lo más resaltante:

Con respecto al trabajo realizado por el notificador en el día viernes: Que el notificador llegó a realizar 48 visitas durante el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo, con lo cual se halló un exceso de 2 predios según la carga laboral asignada que es de 50.



Dentro del Horario normal de trabajo el notificador realizó 45 visitas a predios, con lo cual se halló un exceso de 5 predios según la carga laboral asignada que es de 50. En este caso no se va a especificar la cantidad de predios a asignar por lo que el análisis se realizó con un solo día de la semana.

Con respecto a los días sábados: Que el notificador llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 27 visitas, con lo cual se halla un exceso de 3 predios según la carga laboral asignada que es de 30,

Dentro del Horario normal de trabajo el notificador realizó 25 visitas a predios, con lo cual se halla un exceso de 5 predios según la carga laboral asignada que es de 30. De igual manera en este caso no se va a especificar la cantidad de predios a asignar por lo que el análisis se realizó con un solo día de la semana.

Análisis de los datos del Verificador

A continuación se presentan los datos del trabajo del verificador realizado en un día específico de la semana, el cual es el día lunes; y del día sábado.

Tabla 43: Datos del trabajador obtenidos con ayuda del software

Período \ Día	Lunes	Sábado
Mañana	22	21
Tarde	19	0
Horario del Día	41	21
Fuera Horario	2	3
TOTAL DÍA	43	24

Fuente: Elaboración propia.

El resumen de lo analizado se muestra a continuación:

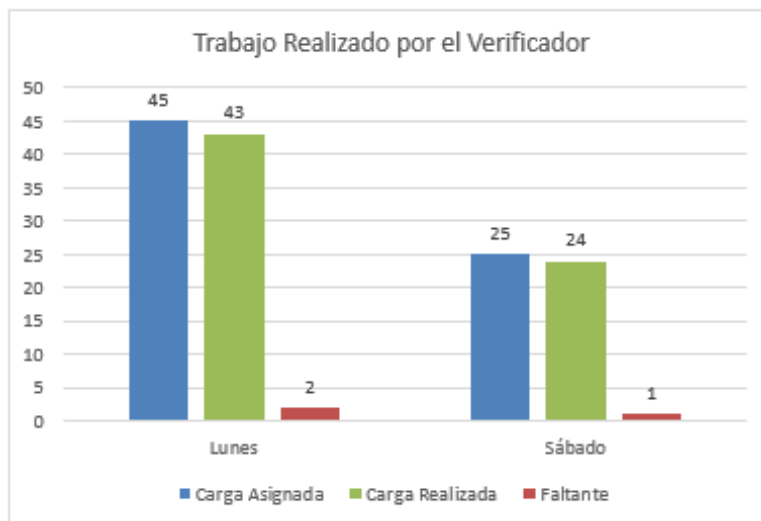
Tabla 44: Análisis de carga laboral con trabajo de un día

Período \ Día	Lunes	Sábado
Carga	45	25
Total	43	24
Faltante	2	1

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 24: Cargas de trabajo del Verificador



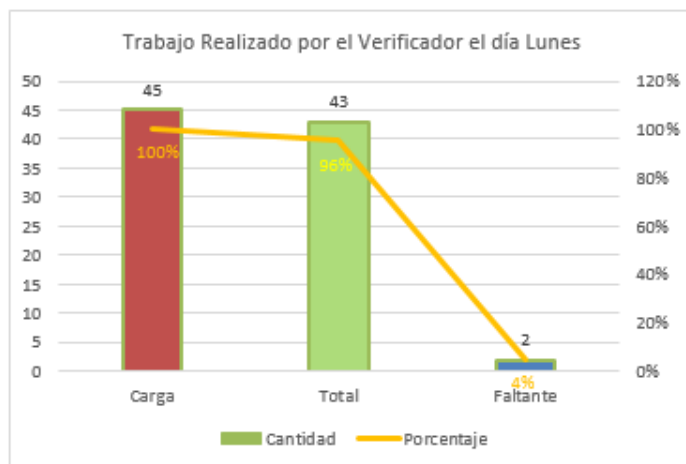
Fuente: Elaboración propia

De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al verificador se le asignó una carga de 45 (100%) predios, direcciones o puntos de acción; de los cuales al finalizar su trabajo logró realizar un total de 43 (96%) de los predios, dejando un faltante de 2 (4%) predios sin cumplir su función.

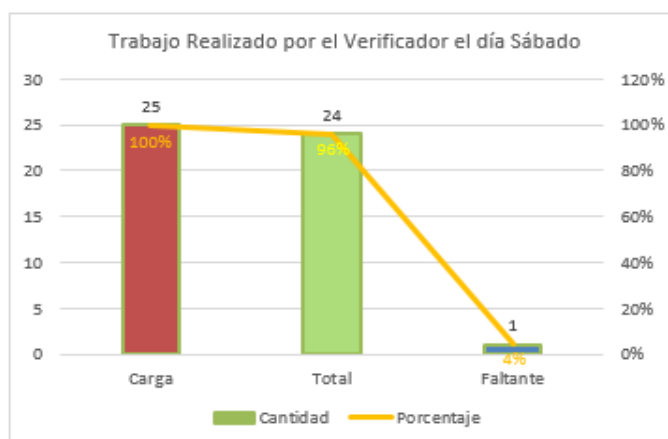
El día sábado se le asignó una carga de 25 (100%) predios y de los cuales logró realizar 24 (96%) visitas, dejando un faltante de 1 (4%) predio sin cumplir su función.

Gráfico 25: Trabajo realizado por el verificador el día lunes



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 26: Trabajo realizado por el verificado el día sábado



Fuente: Elaboración propia

Del análisis se deduce y se explica lo más resaltante:

Con respecto al trabajo realizado por el verificador en el día lunes: Que el verificador llegó a realizar 43 visitas durante el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo, con lo cual se halló un exceso de 2 predios según la carga laboral asignada que es de 45.



Dentro del Horario normal de trabajo el verificador realizó 41 visitas a predios, con lo cual se halla un exceso de 4 predios según la carga laboral asignada que es de 45. En este caso no se va a especificar la cantidad de predios a asignar por lo que el análisis se realizó con un solo día de la semana.

Con respecto a los días sábados: Que el verificador llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 24 visitas, con lo cual se halla un exceso de 1 predio según la carga laboral asignada que es de 25,

Dentro del Horario normal de trabajo el verificador realizó 21 visitas a predios, con lo cual se halla un exceso de 4 predios según la carga laboral asignada que es de 25;

De igual manera en este caso no se va a especificar la cantidad de predios a asignar por lo que el análisis se realizó con un solo día de la semana.



Análisis de los datos del Inspector

A continuación se presentan los datos del trabajo del inspector realizado en un día específico de la semana, el cual es el día jueves; y del día sábado.

Tabla 45: Datos del trabajador obtenidos con ayuda del software

Período \ Día	Jueves	Sábado
Mañana	22	21
Tarde	16	0
Horario del Día	38	21
Fuera Horario	1	2
TOTAL DÍA	39	23

Fuente: Elaboración propia.

El resumen de lo analizado se muestra a continuación:

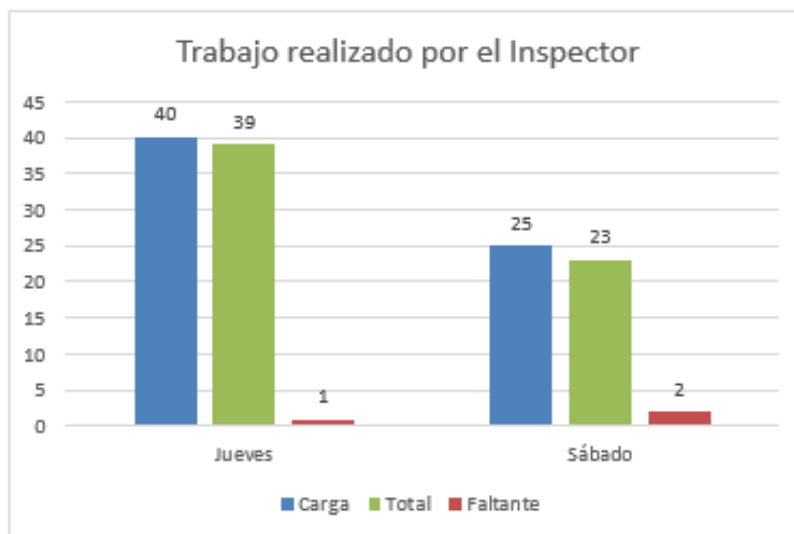
Tabla 46: Análisis de carga laboral con trabajo de un día

Período \ Día	Jueves	Sábado
Carga	40	25
Total	39	23
Faltante	1	2

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 27: Cargas de trabajo del Inspector



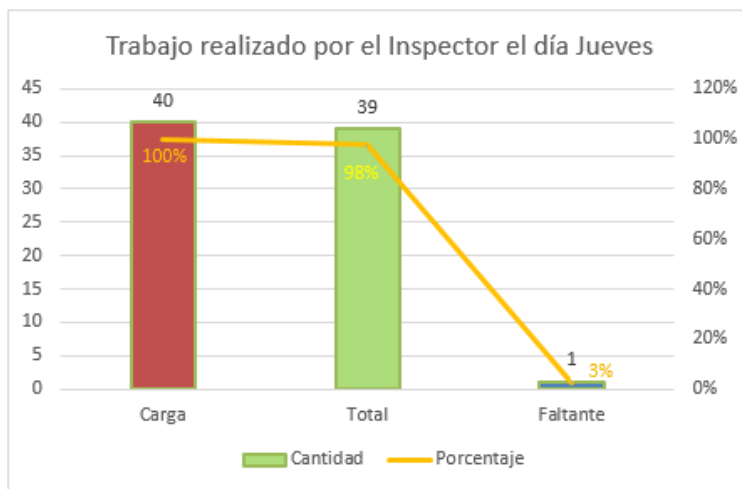
Fuente: Elaboración propia

De lo analizado se deduce lo siguiente:

Que al inspector se le asignó una carga de 40 (100%) predios, direcciones o puntos de acción; de los cuales al finalizar su trabajo logró realizar un total de 39 (98%) de los predios, dejando un faltante de 1 (2%) predios sin cumplir su función.

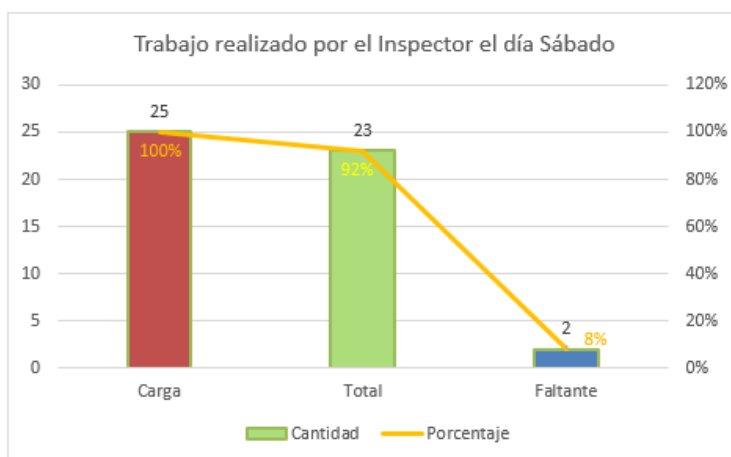
El día sábado se le asignó una carga de 25 (100%) predios y de los cuales logró realizar 23 (92%) visitas, dejando un faltante de 2 (8%) predio sin cumplir su función.

Gráfico 28: Trabajo realizado por el inspector el día lunes



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 29: Trabajo realizado por el inspector el día sábado



Fuente: Elaboración propia

Del análisis se deduce y se explica lo más resaltante:

Con respecto al trabajo realizado por el inspector en el día lunes: Que el inspector llegó a realizar 39 visitas durante el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo, con lo cual se halló un exceso de 1 predio según la carga laboral asignada que es de 40.



Dentro del Horario normal de trabajo el inspector realizó 38 visitas a predios, con lo cual se halla un exceso de 2 predios según la carga laboral asignada que es de 40. En este caso no se va a especificar la cantidad de predios a asignar por lo que el análisis se realizó con un solo día de la semana.

Con respecto a los días sábados: Que el inspector llegó a realizar durante todo el día, incluyendo las visitas realizadas fuera del horario de trabajo es de 23 visitas, con lo cual se halla un exceso de 2 predio según la carga laboral asignada que es de 25,

Dentro del Horario normal de trabajo el inspector realizó 21 visitas a predios, con lo cual se halla un exceso de 4 predios según la carga laboral asignada que es de 25;

De igual manera en este caso no se va a especificar la cantidad de predios a asignar por lo que el análisis se realizó con un solo día de la semana.



Imágenes de algunos predios

Imagen 1: Predio ubicado en la calle Toparpa Nro 275



Fuente: visor de google maps

Imagen 2: Predio ubicado en la Av. Antenor Orrego Nro 467



Fuente: visor de google maps

Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas y Diagramas de Voronoi

Septiembre del 2015

ÍNDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	199
INDICE DE FIGURAS.....	200
I REQUERIMIENTOS DE INSTALACION.....	202
REQUERIMIENTOS DE HARDWARE.....	202
REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE.....	202
REQUERIMIENTO DE SERVICIOS.....	202
II INSTALACIÓN SQL SERVER 2008 R2.....	203
III CREAR UNA BASE DE DATOS.....	216
IV CREACIÓN DE TABLAS.....	217
V ARCHIVOS DEL SISTEMA.....	220



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Ejecutar el instalador.....	203
Figura 2:	Esperar extracción.....	203
Figura 3:	Error por idioma del SO.....	203
Figura 4:	Panel de Control.....	204
Figura 5:	Configuración regional del idioma.....	204
Figura 6:	Configuración regional y del idioma.....	204
Figura 7:	Configuración de la ubicación actual.....	205
Figura 8:	Cambiar teclados.....	205
Figura 9:	Verificar idioma Español (España, Internacional).....	206
Figura 10:	Seleccionar el idioma a agregar.....	206
Figura 11:	Subir de nivel al idioma agregado.....	207
Figura 12:	Verificar si subió de nivel en el combo.....	207
Figura 13:	Verificar en pestaña configuración avanzada.....	208
Figura 14:	Ejecutar como administrador.....	208
Figura 15:	Espera que se prepare el software.....	209
Figura 16:	Nueva instalación.....	209
Figura 17:	Esperar.....	209
Figura 18:	Aceptar términos de licencia.....	210
Figura 19:	Archivos auxiliares.....	210
Figura 20:	Reglas auxiliares.....	211
Figura 21:	Seleccionar características de instancia.....	211



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Figura 22:	Instancia predeterminada.....	212
Figura 23:	Misma cuenta para todos.....	212
Figura 24:	Configuración del servidor.....	213
Figura 25:	Configuración del motor de la base de datos.....	213
Figura 26:	Verificar informe de errores.....	214
Figura 27:	Esperar la instalación.....	214
Figura 28:	Instalación satisfactoria.....	215
Figura 29:	Inicio de SQL Server 2008 R2.....	215
Figura 30:	Selección del nombre del servidor.....	215
Figura 31:	Entorno del SQL Server 2008 R2.....	216
Figura 32:	Creación de base de datos.....	216



I. REQUERIMIENTOS DE INSTALACION

1.1. REQUERIMIENTOS DE HARDWARE

Procesador a partir de Pentium D 2.4Ghz

Memoria RAM a partir de 512gb

Memoria de almacenamiento de 80gb.

1.2. REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Sistemas operativos:

- Windows XP (como mínimo o superior)
- Windows Server 2008 R2 (opcional)

Programas

- SQL Server 2008 R2 (mínimo o superior)

1.3 REQUERIMIENTO DE SERVICIOS

- Internet 1mb (mínimo)



II. INSTALACIÓN SQL SERVER 2008 R2

Ejecutar el archivo en modo de administrador

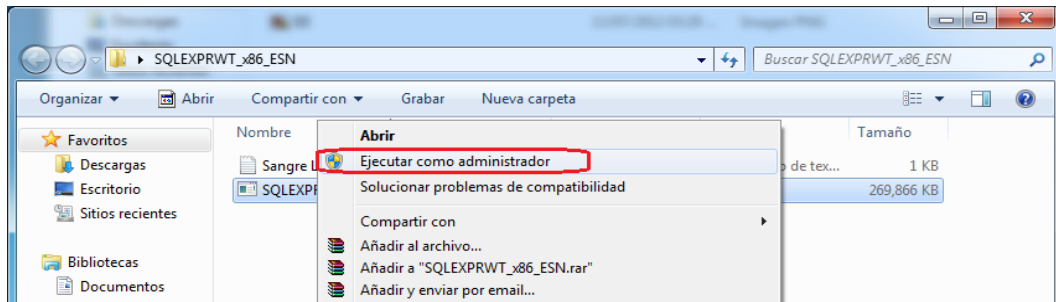


Figura 1: Ejecutar el instalador

Esperar la extracción de archivos del instalador

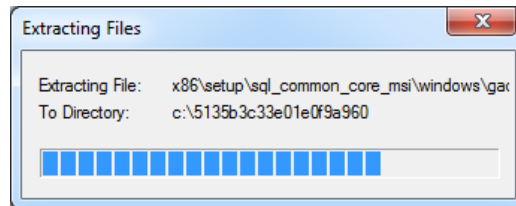


Figura 2: Esperar extracción

Observación: si el SO no permite instalar el software SQL Server 2008 R2 recurren a lo siguiente:

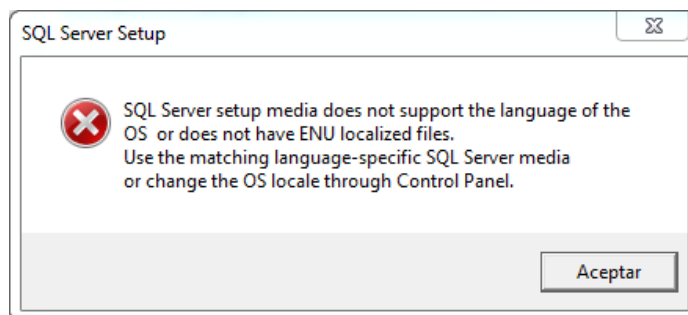


Figura 3: Error por idioma del SO

Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Para resolver el error se debe cambiar el idioma utilizado en el SO

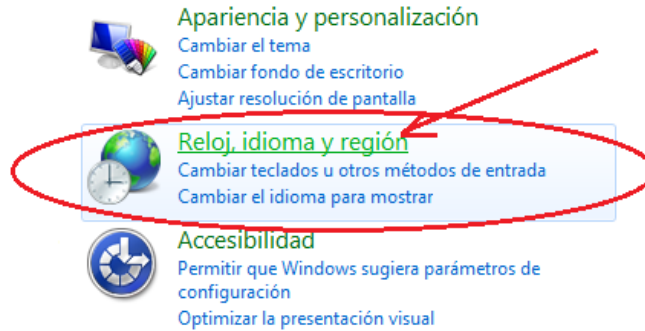


Figura 4: Panel de Control

Seleccionar configuración regional y del idioma

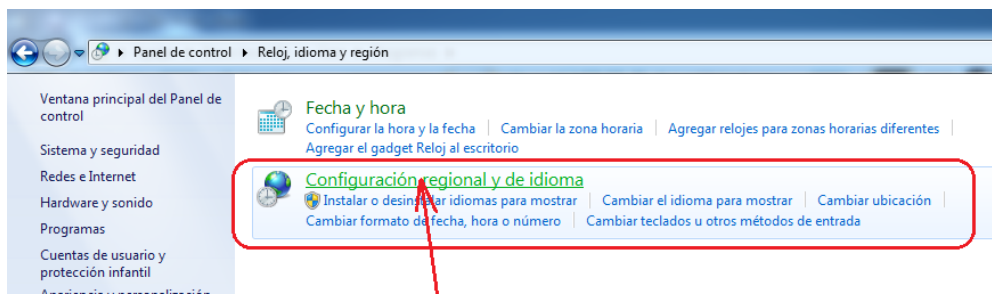


Figura 5: Configuración regional del idioma

En la configuración regional y del idioma dirigirse al combo Formato y seleccionar el idioma Español (España).
Luego realizar clic en el botón Configuración adicional.

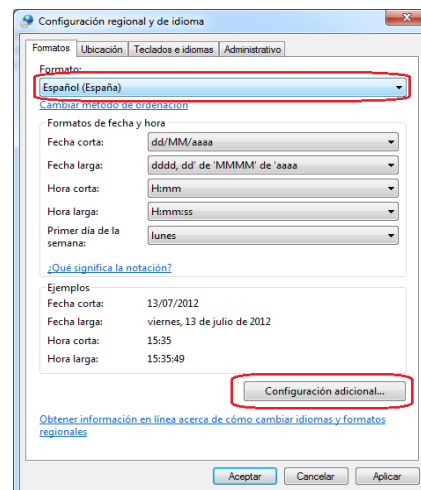


Figura 6: Configuración regional y del idioma



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

En la pestaña Ubicación dirigirse al combo Ubicación actual y seleccionar España.

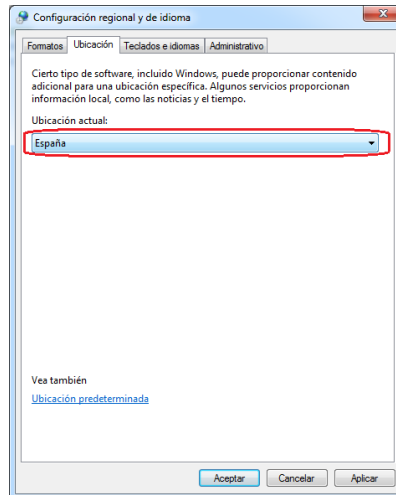


Figura 7: Configuración de la ubicación actual

En la pestaña Teclados e idiomas dirigirse al botón Cambiar teclados y hacerle clic.

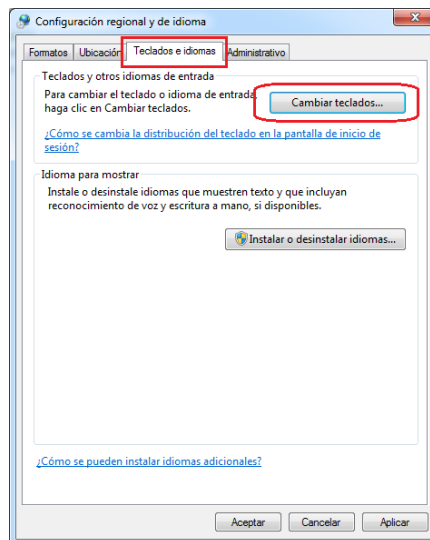


Figura 8: Cambiar teclados



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

En la ventana Servicios texto/idiomas entrada hacer clic en la pestaña General y verificar en el combo mostrado si está el idioma Español (España, Internacional). De lo contrario hacer clic en el botón Agregar.

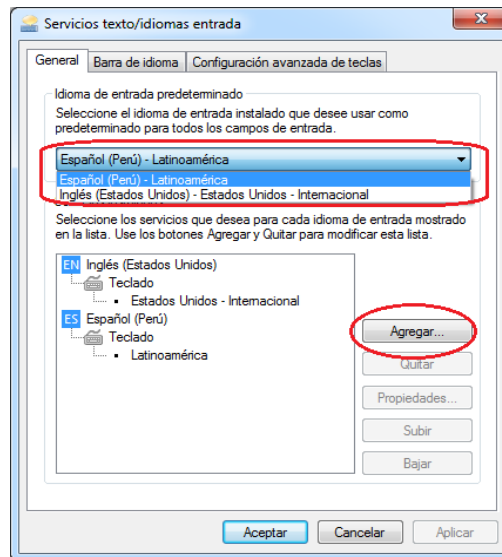


Figura 9: Verificar idioma Español (España, Internacional)

Buscar el idioma Español (España, Internacional) y seleccionarlo para luego hacer clic en el botón aceptar.

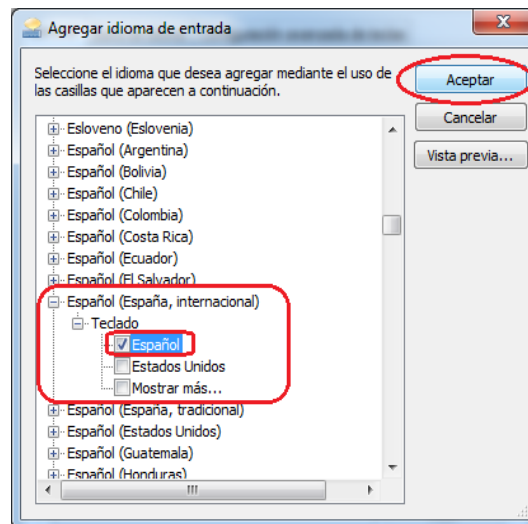


Figura 10: Seleccionar el idioma a agregar



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Verificar el idioma agregado y seleccionarlo para hacer clic en el botón Subir.

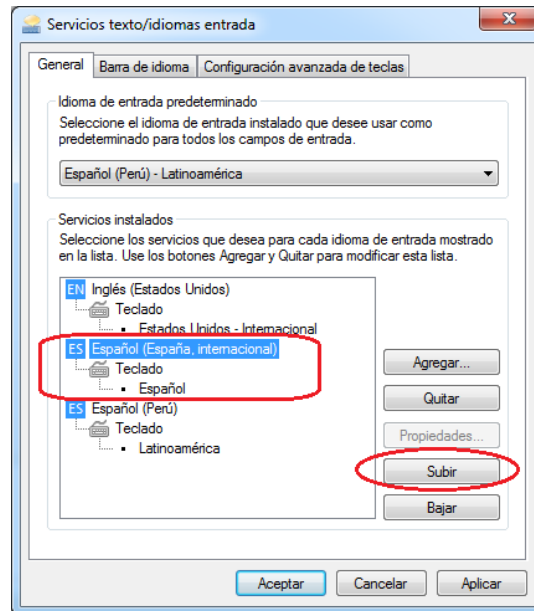


Figura 11: Subir de nivel al idioma agregado

Verificar en el combo que también haya subido de nivel el idioma agregado.

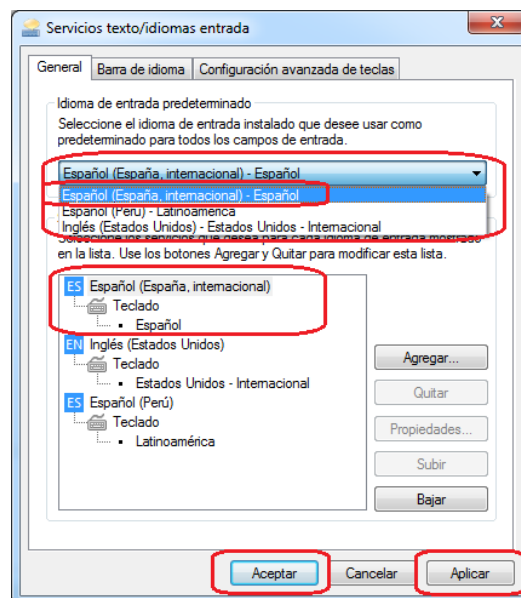


Figura 12: Verificar si subió de nivel en el combo



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Dirigirse a la pestaña Configuración avanzada de teclas y verificar que se encuentre el idioma agregado.

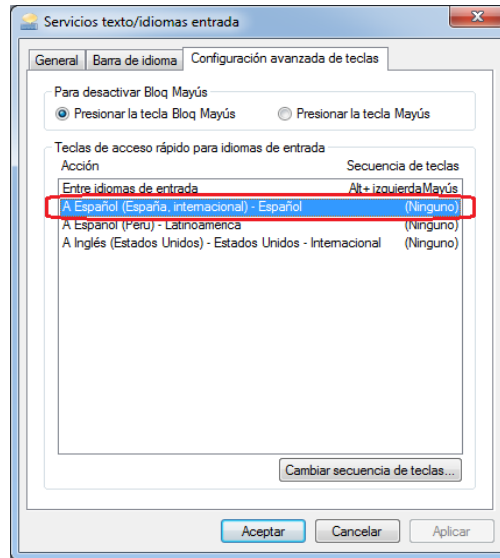


Figura 13: Verificar en pestaña configuración avanzada

Realizar la ejecución de Software Windows Server 2008 R2

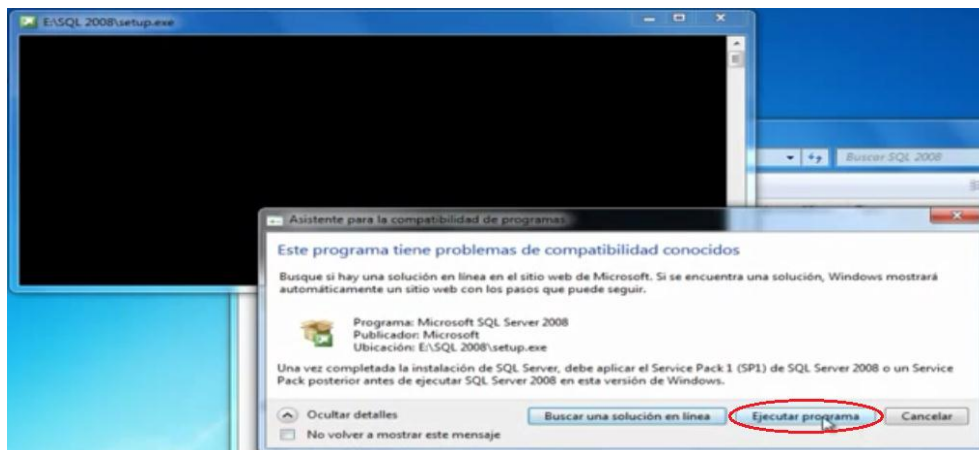


Figura 14: Ejecutar como administrador

Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Esperar a que se inicie la instalación del software.

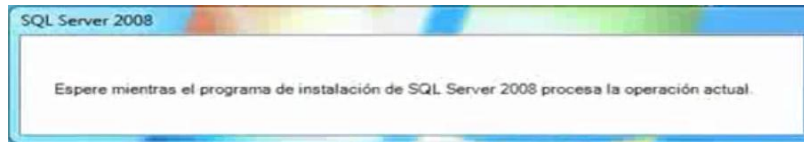


Figura 15: Espera que se prepare el software

Realizar un clic en la opción Nueva instalación

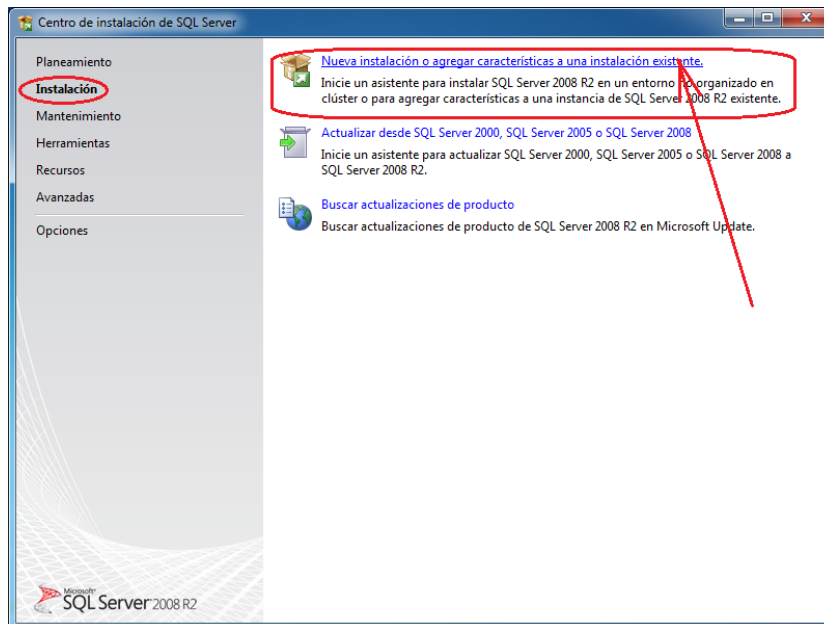


Figura 16: Nueva instalación

Esperar mientras se inicia la configuración para la instalación

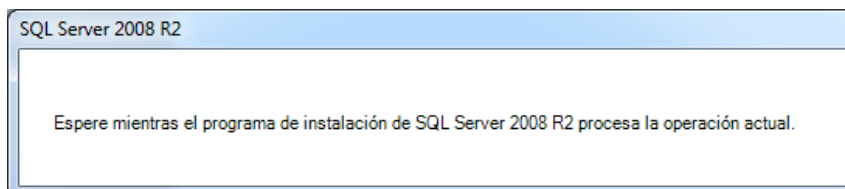


Figura 17: Esperar



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

En la ventana Términos de Licencia seleccionar el check Aceptar los términos de licencia.

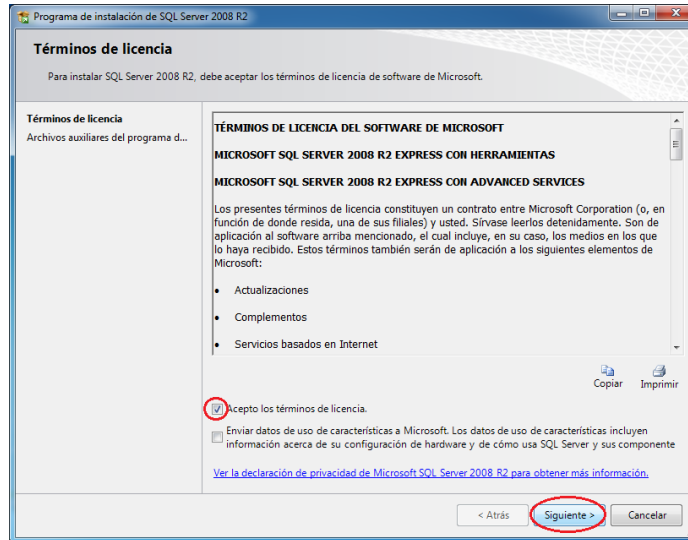


Figura 18: Aceptar términos de licencia

Esperar que se carguen los archivos auxiliares.

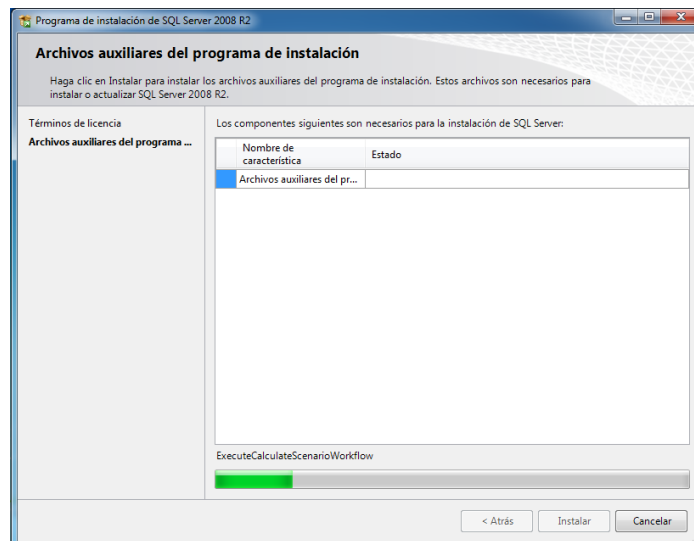


Figura 19: Archivos auxiliares



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Espera que se carguen las reglas auxiliares y luego hacer clic en el botón Siguiente.

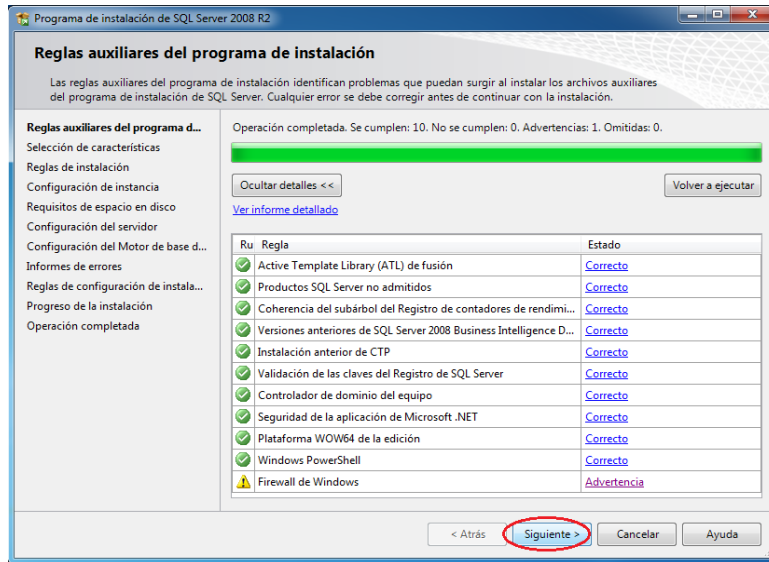


Figura 20: Reglas auxiliares

Seleccionar todas las características de instancia.

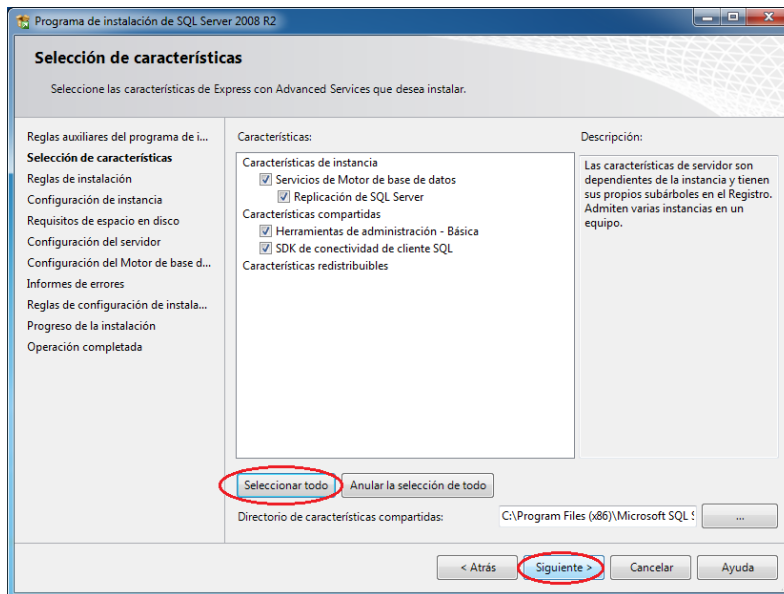


Figura 21: Seleccionar características de instancia



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Realizar la configuración de la instancia y seleccionarla como predeterminada.

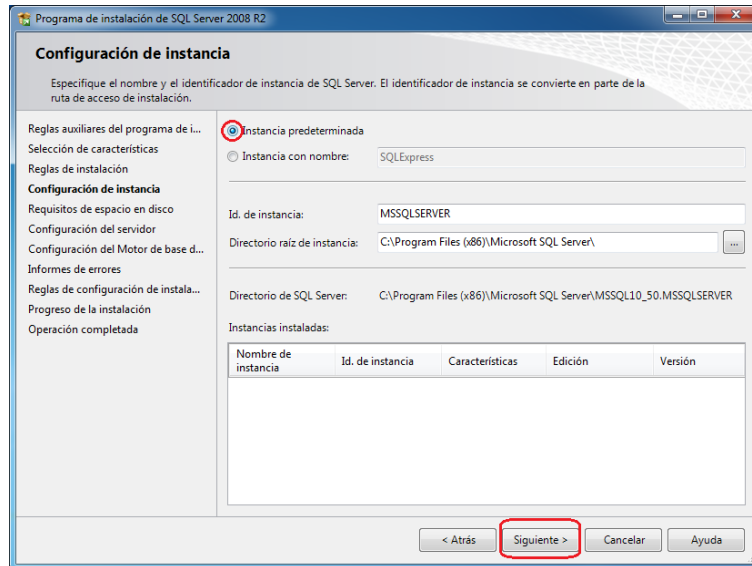


Figura 22: Instancia predeterminada

Usar la misma cuenta para todos los servicios del software

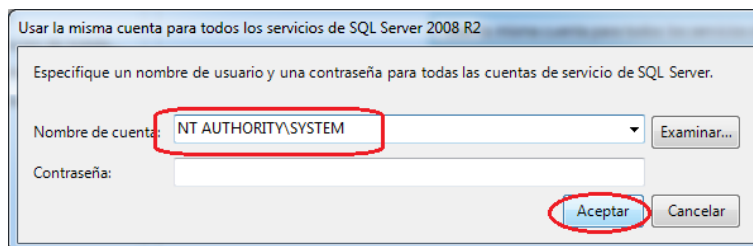


Figura 23: Misma cuenta para todos



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Configuración del servidor y seleccionar siguiente.

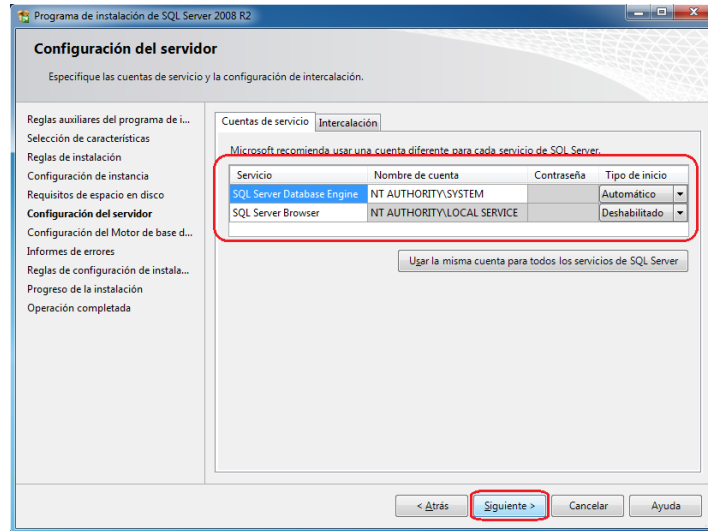


Figura 24: Configuración del servidor

Configuración del motor de la base de datos

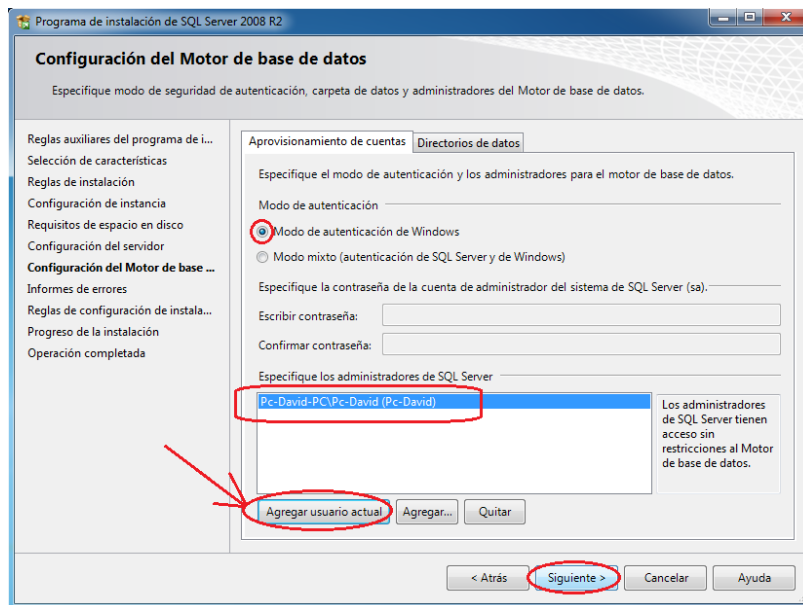


Figura 25: Configuración del motor de la base de datos



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Verificar los informes de errores, en este la configuración es satisfactoria. Clic siguiente.

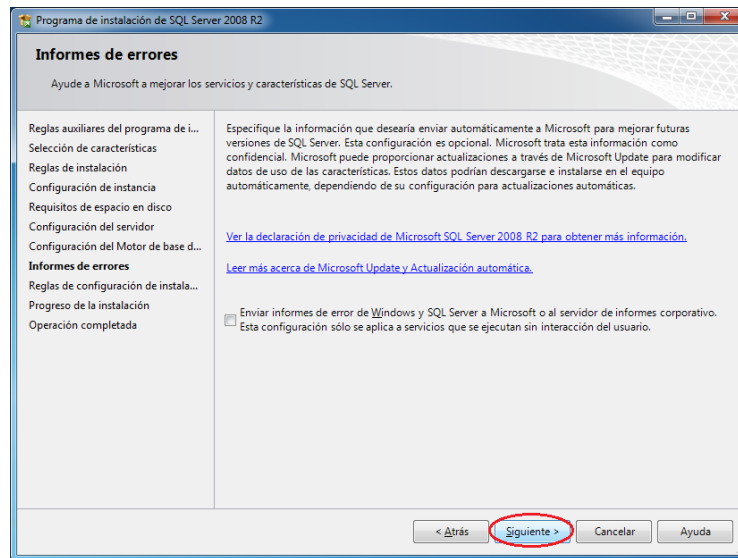


Figura 26: Verificar informe de errores

Esperar que el progreso de instalación culmine

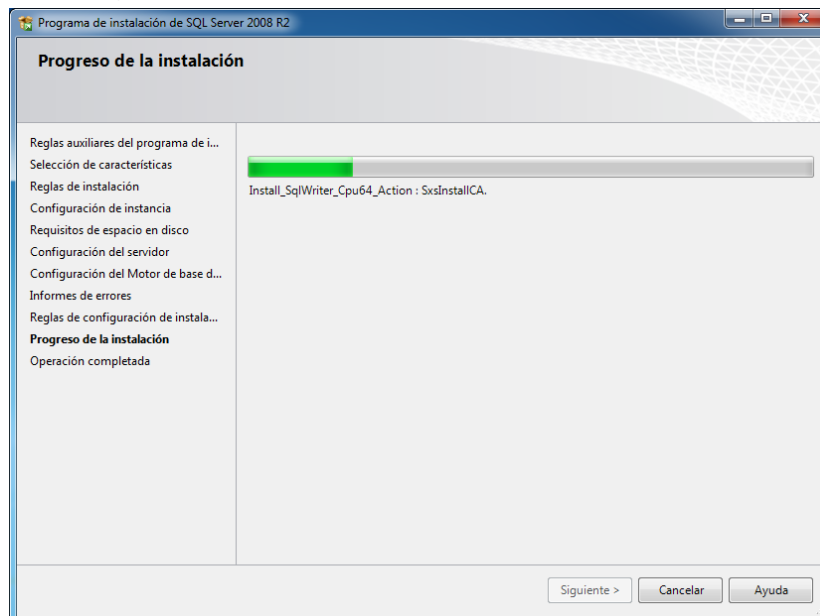


Figura 27: Esperar la instalación



Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Verificar si la instalación ha resultado satisfactoria.

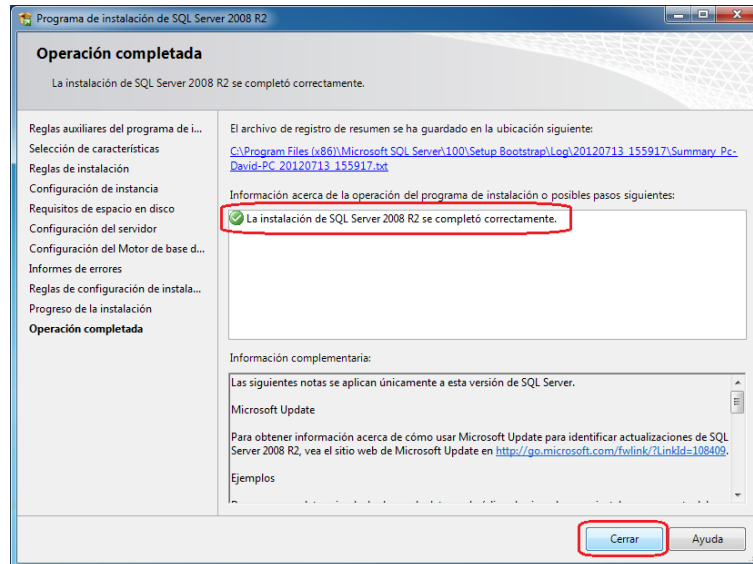


Figura 28: Instalación satisfactoria

Esperar a que inicie el entorno de SQL Server 2008 R2

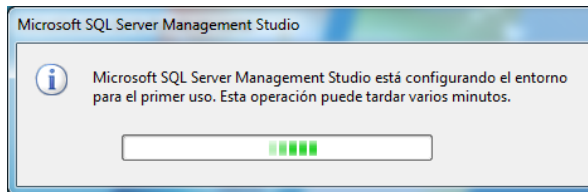


Figura 29: Inicio de SQL Server 2008 R2



Figura 30: Selección del nombre del servidor



Entorno del SQL Server 2008 R2

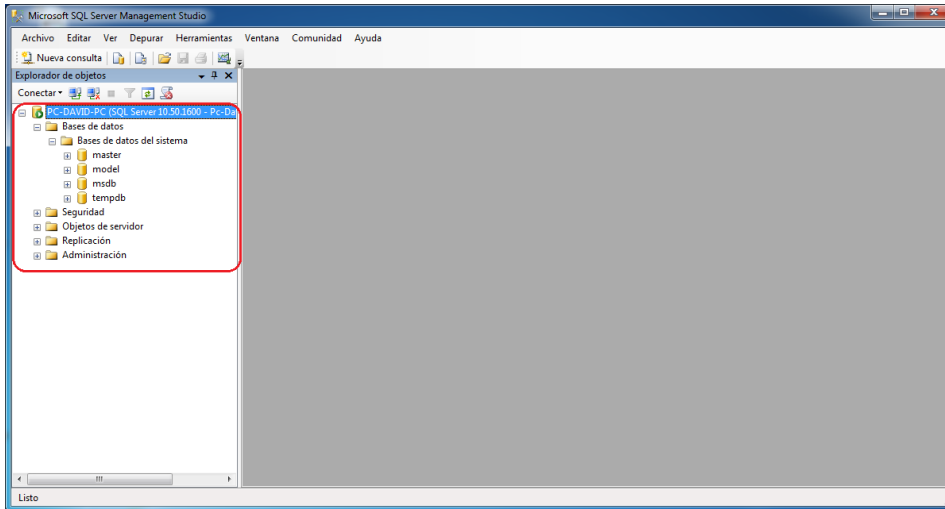


Figura 31: Entorno del SQL Server 2008 R2

III. CREAR UNA BASE DE DATOS

a) Creación de una base de datos con el nombre de BdOptimizadorRutas por interfaz gráfica del gestor.

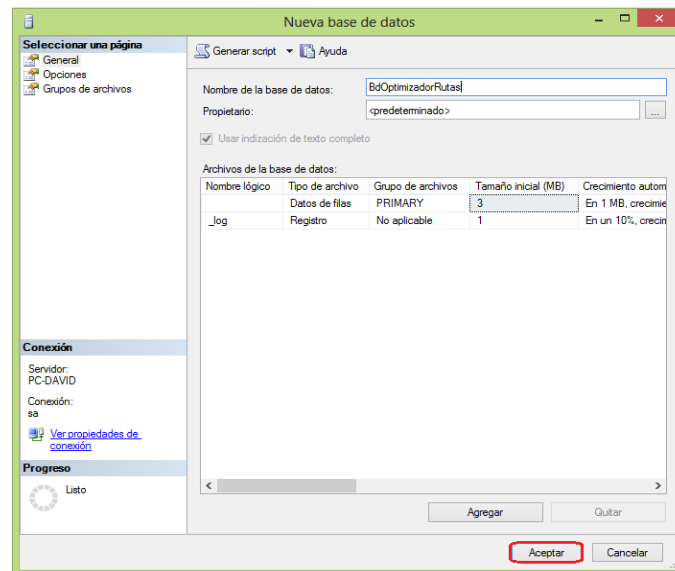


Figura 32: Creación de base de datos.



b) Creación de una base de datos con el nombre de BdOptimizadorRutas por script

```

Create DataBase BdOptimizadorRutas
on
  (name='BdAplicationEpsel_dat',
   filename='G:\Casa\02Bases\BaseOprimizador\BdOptimizadorRutas.mdf',
   size=5mb,
   maxsize=50mb,
   filegrowth=2mb
  )
log on
  (name='BdAplicationEpsel_log',
   filename='G:\Casa\02Bases\BaseOprimizador\BdOptimizadorRutas.ldf',
   size=5mb,
   maxsize=50mb,
   filegrowth=2mb
  )
go
USE BdOptimizadorRutas
go
    
```

IV. CREACIÓN DE TABLAS

Creación de tablas en la base de datos con el script proporcionado.

--Creación de la tabla Ubigeo con sus respectivos campos

```

Create Table TbUbigeo
(
  Ubig_Id integer identity not null,
  Ubig_Numero char(6) null,
  Ubig_Dpto varchar(15) null,
  Ubig_Prov varchar(25) null,
  Ubig_Dist varchar(30) null,
  Ubig_Activo char(1) null
)
go
    
```

--Creación de la tabla Naturaleza de Medidores con sus campos

```

Create Table TbMedNaturaleza
(
  MN_Id integer identity not null,
  MN_Naturaleza varchar(30) not null, --Nuevo,Repuesto,Vandalizado
  MN_Descripcion varchar(120) null,
  MN_Activo char(1) null
)
    
```

Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

```

go
--Creación de la tabla Medidor con sus respectivos campos
Create Table TbMedidor
(
  Med_Id integer identity not null,
  MN_Id int null,
  Med_Marca varchar(30) null,
  Med_Modelo varchar(30) null,
  Med_Serie varchar(30) null,
  Med_Diametro varchar(10) null,
  Med_TamLect int null, --Tamano de Lectura
  Med_Estado varchar(10) null, --Bueno, Regular, Malo
  Med_Asignacion char(1) null, --Asignacion al predio
  Med_Activo char(1) null
)
go

--Creación de la tabla Medidor con sus respectivos campos
Create Table TbPredio
(
  Pred_Id int identity not null,
  Pred_CodCatastral char(22) null,
  Pred_TipoDirec varchar(10) null,
  Pred_Direccion varchar(60) null,
  Pred_Numero varchar(10) null,
  Pred_Interior varchar(10) null,
  Pred_Manzana varchar(10) null,
  Pred_Lote varchar(10) null,
  Pred_Material varchar(10) null,
  Pred_Estado varchar(10) null,
  Pred_NumPisos varchar(2) null,
  Pred_SuministroE varchar(15) null,
  Pred_Latitud varchar(20) null,
  Pred_Longitud varchar(20) null,
  Ubig_Id int null,
  Pred_Descripcion varchar(200) null,
  Pred_Asignacion char(1) null
)
go

--Creación de la tabla Cliente con sus respectivos campos
Create Table TbCliente
(
  Cli_Id integer identity not null,
  Cli_Tipo char(1) null,
  Cli_Parentesco varchar(60) null,
  Cli_IdTitular integer null,
  Cli_Nom_RazSoc varchar(60) null,

```

Manual de Instalación del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

```

Cli_DocIdent varchar(11) null,
Cli_Sexo char(1) null,
Cli_Direcc varchar(100) null,
Ubig_Id integer null,
Cli_Asigacion char(1) null
)
go

--Creación de la tabla Cliente con sus respectivos campos
Create Table TbTipoTrabajador
(
  TTrab_Id integer identity not null,
  TTrab_Tipo varchar(30) not null,
  TTrab_Descripcion varchar(120) null
)
go

--Creación de la tabla Cliente con sus respectivos campos
Create Table TbTrabajador
(
  Trab_Id integer identity not null,
  Trab_Id_Sup integer null,
  Trab_Codigo varchar(10) null,
  Trab_Nombres varchar(100) not null,
  Trab_DocIdent varchar(11) null,
  Trab_Sexo char(1) null,
  Trab_Telefono varchar(12) null,
  TTrab_Id integer null,
  Trab_Asignacion char(1) null,
  Trab_Activo char(1) null
)
go

--Creación de la tabla Cliente con sus respectivos campos
Create Table TbAsignacionCPM
(
  Asig_Id integer identity not null,
  Asig_CodInscrip varchar(15) null,
  Asig_FechaInterv varchar(15) null,
  Asig_TipoInterv varchar(20) null,
  Cli_Id integer null,
  Pred_Id integer null,
  Med_Id integer null,
  Asig_Observ varchar(120) null,
  Asig_Realizada char(1) null,
  Asig_Activo char(1) null
)
go

```

V. ARCHIVOS DEL SISTEMA

Se copian los archivos del sistema al servidor o se ejecutan desde el IDE de desarrollo Netbeans 7.3 o superior, se ejecuta el archivo index.jsp

Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas y Diagramas de Voronoi

Septiembre del 2015



INDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	222
ÍNDICE DE FIGURAS	223
1. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	224
1.1 Requerimientos de Hardware.....	224
1.2 Requerimientos de Software.....	224
2. INGRESO AL SISTEMA	224
3. FUNCIONALIDAD GENERAL	225
3.1 Botones, cuadros de texto y controles.....	226
4. MÓDULOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA	229
4.1 Módulo de Optimización.....	229
4.2 Módulo de Gestión.....	236
4.3 Módulo de Mantenimiento.....	239



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Ingreso al Sistema mediante logueo.....	225
Figura 2:	Pantalla principal del sistema.....	225
Figura 3:	Pantalla principal del sistema, de optimización y sectorización	229
Figura 4:	Ingreso de puntos centrales para la sectorización	230
Figura 5:	Visualización de los puntos centrales en el mapa	230
Figura 6:	Realizar clic en el botón Voronoi para la sectorización.....	231
Figura 7:	Visualización de los sectores o del Diagrama de Voronoi....	231
Figura 8:	Ingreso de los puntos a optimizar.....	232
Figura 9:	Visualización de los puntos a optimizar en la zona noreste..	232
Figura 10:	Selección del modo a optimizar.....	233
Figura 11:	Realizar clic en el botón Dijkstra para la optimización.....	233
Figura 12:	Realizar clic en el enlace Limpiar mapa.....	234
Figura 13:	Visualización de la ruta óptima en modo peatón.....	235
Figura 14:	Visualización de la ruta óptima en modo automóvil.....	235
Figura 15:	Listado de los supervisores.....	236
Figura 16:	Listado de los operarios.....	237
Figura 17:	Formulario para el registro nuevos trabajadores.....	238
Figura 18:	Listado de los tipos de trabajadores.....	239
Figura 19:	Formulario de registro de los tipo de trabajadores.....	240



El propósito de este Manual es facilitar al usuario la operación de las diferentes pantallas de captura y consulta de la información que se administra en el Sistema Informático de Optimización de Rutas de Trabajo para la Empresa EPSEL S.A.

1. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

1.1 Requerimientos de Hardware

Contar con:

- Computadora personal
- Conexión a internet

1.2 Requerimientos de Software

Contar con:

- Sistema operativo
- Navegador de internet (Internet Explorer, Google Chrome, u otro)
- Permiso de acceso por parte del Jefe de la Oficina de Informática de la empresa EPSEL S.A.

2. INGRESO AL SISTEMA

Dentro de su navegador, teclee la siguiente dirección electrónica:

<http://localhost:8084/OptimizadorRuta/>

Inmediatamente después, el sistema solicita Usuario y Contraseña, datos que serán proporcionados por Jefe de la Oficina de Informática.

Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Este sitio fue diseñado con resolución de pantalla de 1366 x 768

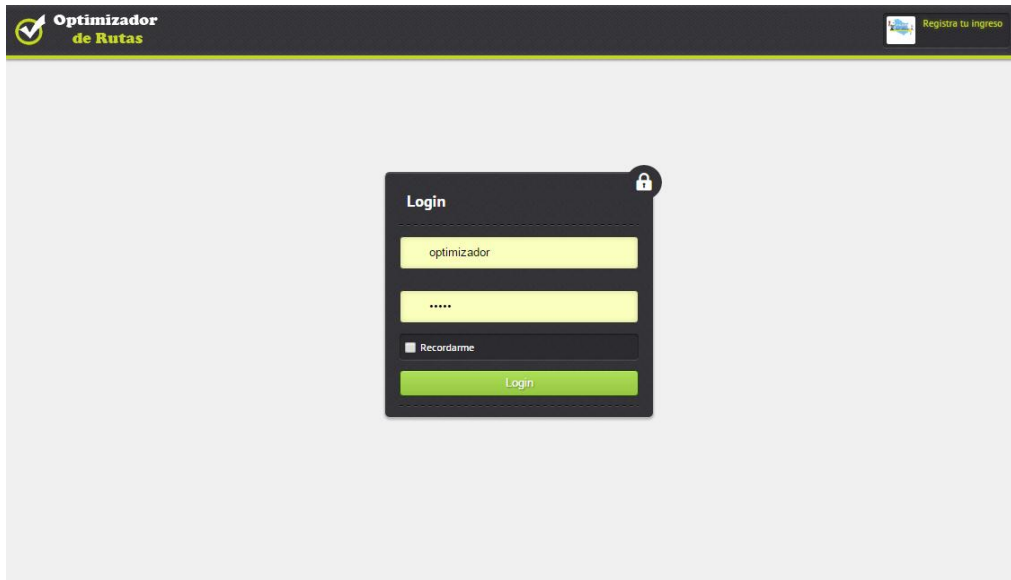


Figura 1: Ingreso al Sistema mediante logueo

3. FUNCIONALIDAD GENERAL

Las pantallas del sistema se dividen en 3 zonas

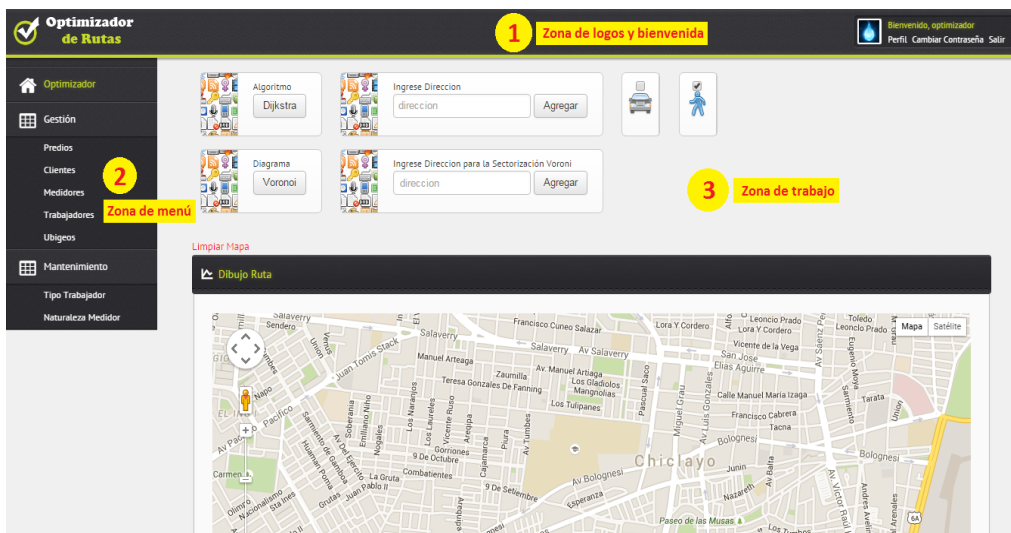


Figura 2: Pantalla principal del sistema

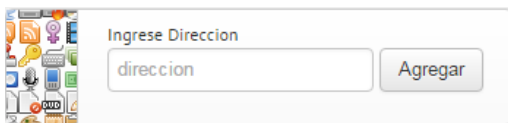


3.1 Botones, cuadros de texto y controles

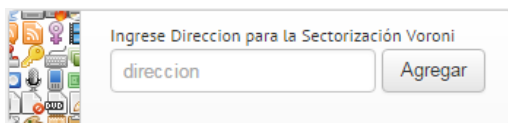
La forma de utilizar esta herramienta es la misma que en cualquier aplicación que use en cualquier sistema con Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), activar y seleccionar opciones, así como la funcionalidad a través del ratón al hacer clic en botones.

Cabe mencionar que en algunos módulos del sistema, los botones y las barras pueden estar visibles o no, dependiendo de las acciones a ejecutar.

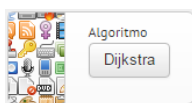
Los botones principales se encuentran dentro de la zona centro o área de trabajo y son los siguientes:



Cuadro de texto para la redacción de una dirección y un botón para agregarlo al mapa como punto de acción a ser optimizador por Dijkstra.

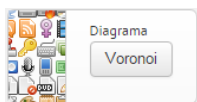


Cuadro de texto para el ingreso de una dirección y un botón para agregarlo al mapa como punto central de una región de Voronoi.



Botón para la realización del camino de la ruta óptima por Dijkstra.

Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo



Botón para la realización de regiones del diagrama de Voronoi.



Selectores check para la opción de la ruta para autos o para peatones.



Control para el direccionamiento del desplazamiento del mapa: Este, oeste, norte o sur.



Botón para que lleve al mapa a un tipo de vista Street View propio de google maps.



Control de aumento o disminución del zoom del mapa.



Cuadro de texto para el ingreso de datos.



Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

Descripción

Área de texto para el ingreso de posibles descripciones.

Departamento

AMAZONAS

ANCASH

APURIMAC

AREQUIPA

Combo para la selección de opciones como departamentos, distritos, tipos de trabajadores o cargos, etc.

Guardar

Botón para guardar datos nuevos o modificados.

Cancelar

Botón para cancelar alguna acción.

Inicio Anterior 1 2 3 Siguiente Final

Control para el paginado de registros.



Los botones y las barras descritas con anterioridad se encuentran en cada uno de los módulos, con las diferentes opciones disponibles para realizar acciones específicas al módulo correspondiente.

4. MÓDULOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA

Los módulos que integran el sistema se encuentran en la zona del índice o menú y son los siguientes:

4.1. Módulo de Optimización

Este módulo es en donde se lleva a cabo las acciones de Optimización de las Rutas de trabajo y la Sectorización de regiones geográficas en donde se llevan a cabo las funciones de los operarios de campo.

Al hacer clic en el elemento Optimizador y Sectorizador de la lista Optimización se muestra la página principal del sistema en el caso se esté ubicado en otra sección del mismo.

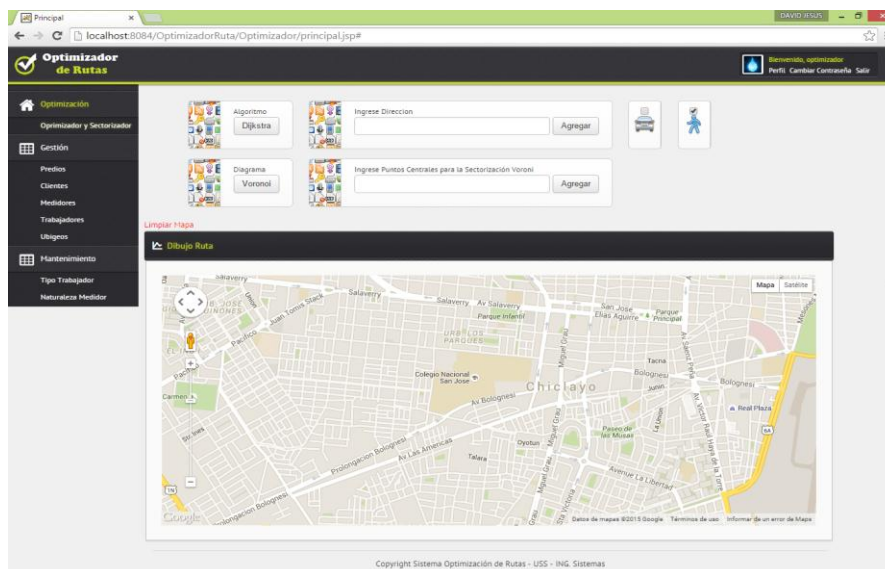


Figura 3: Pantalla principal del sistema, de optimización y sectorización



Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

En el campo de texto “Ingreso Puntos Centrales” se redactan las direcciones de los puntos centrales de los sectores en donde los trabajadores de campo u operarios cumplirán sus funciones; luego se selecciona el botón “Agregar” para posicionar y mostrar en el mapa inferior dichos puntos.

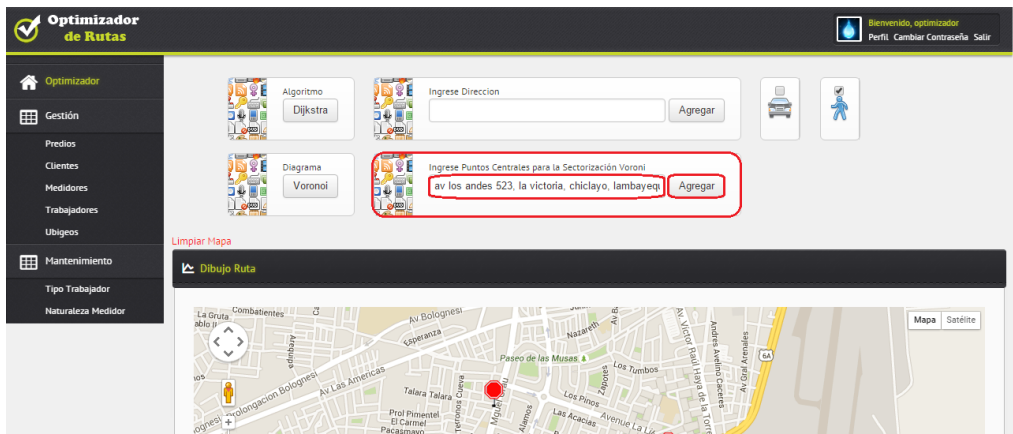


Figura 4: Ingreso de puntos centrales para la sectorización

Visualización de los puntos centrales de los sectores en el mapa cartográfico.

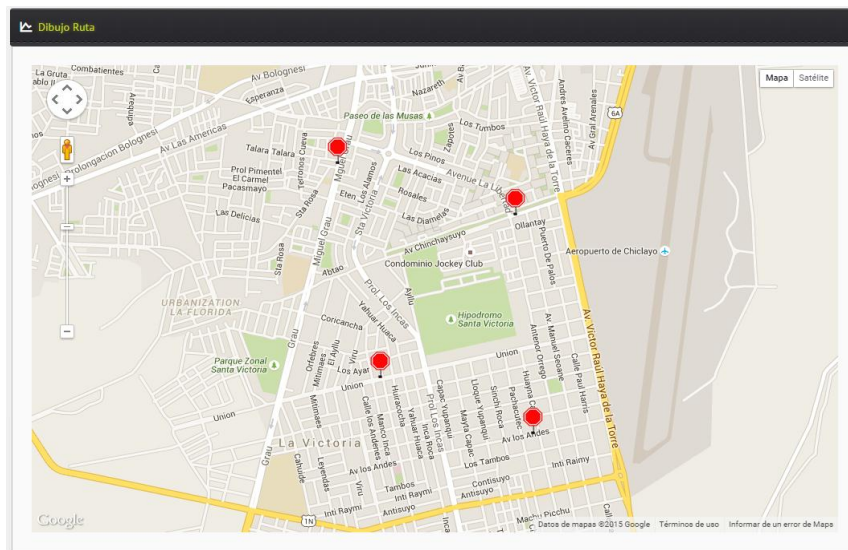


Figura 5: Visualización de los puntos centrales en el mapa



Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

El botón “Voronoi” se encarga de realizar la sectorización del área, para luego ser mostrada en el mapa cartográfico.

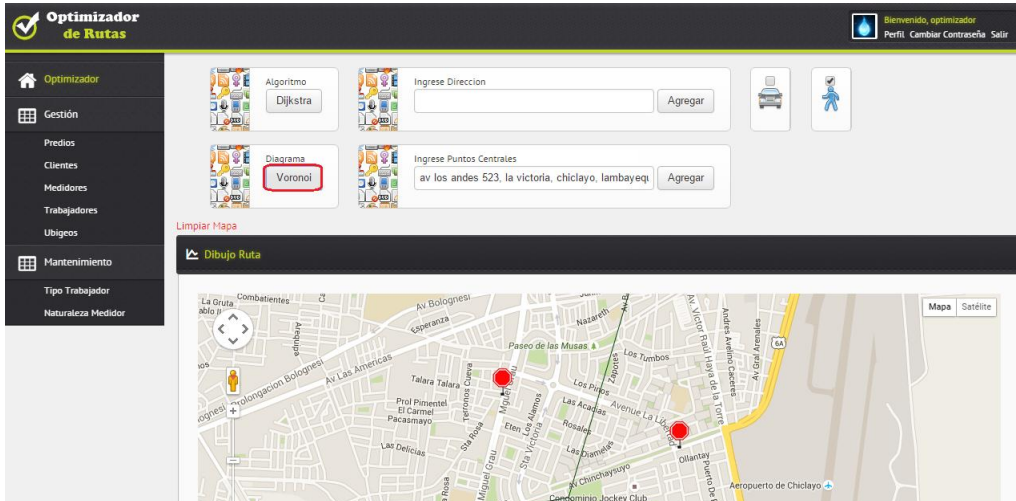


Figura 6: Realizar clic en el botón Voronoi para la sectorización

Visualización de las regiones del diagrama de Voronoi

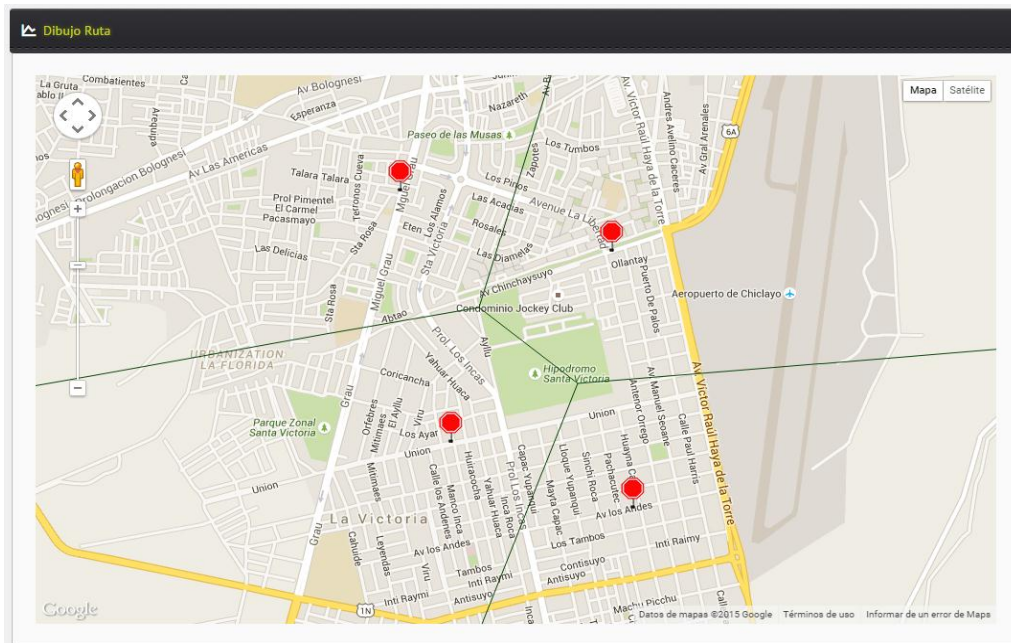


Figura 7: Visualización de los sectores o del Diagrama de Voronoi



Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

En el campo de texto “Ingrese Dirección” se redactan las direcciones de los predios de los clientes y luego se selecciona el botón “Agregar” para posicionarlo y mostrarlo en el mapa inferior para su posterior optimización.

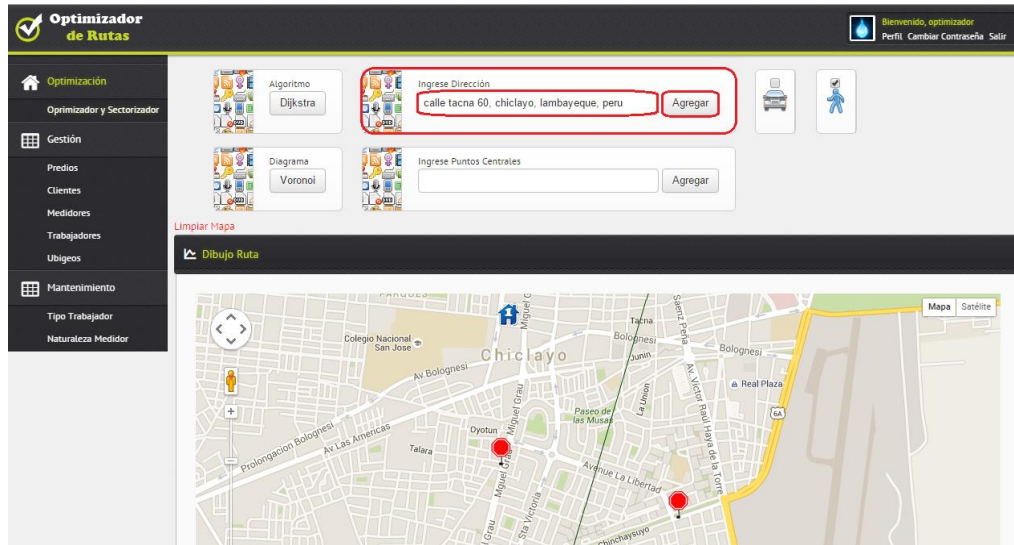


Figura 8: Ingreso de los puntos a optimizar

Visualización de los predios ingresados por las direcciones, en el mapa

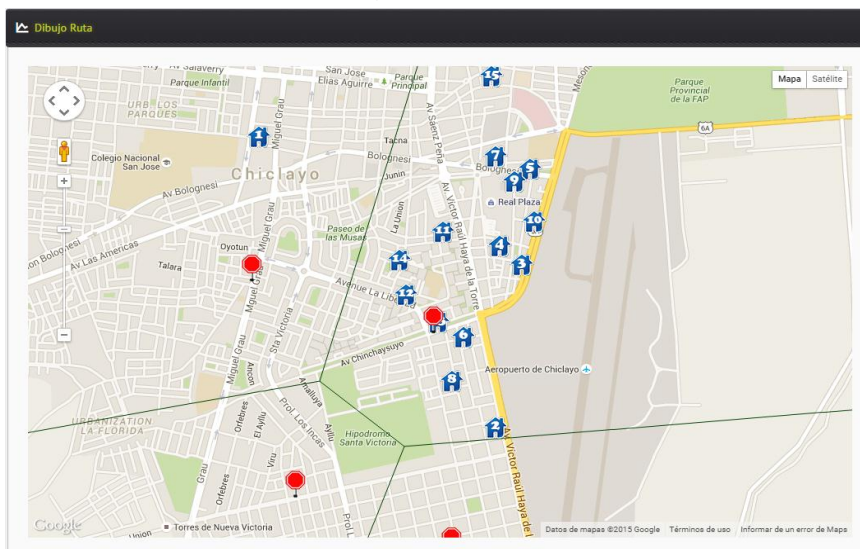


Figura 9: Visualización de los puntos a optimizar en la zona noreste



Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

A la derecha del botón “Agregar” (la cual agrega las direcciones para la optimización) se encuentran dos selectores con iconos de un auto y de una persona, los cuales indican si la optimización va a ser realizada para peatones o para automóviles.

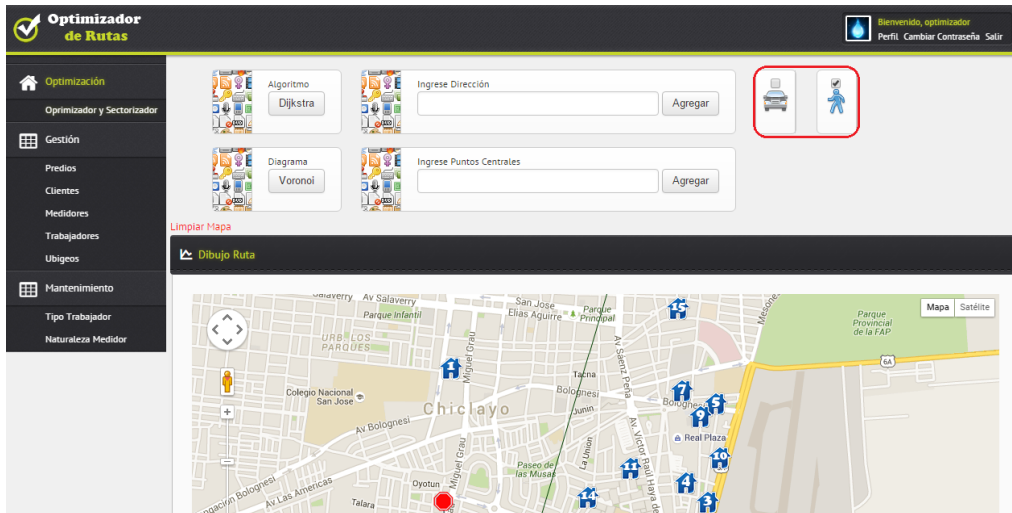


Figura 10: Selección del modo a optimizar

El botón “Dijkstra” se encarga de realizar la optimización de la ruta a ser recorrida por el o los operarios, para luego ser mostrada en el mapa cartográfico.

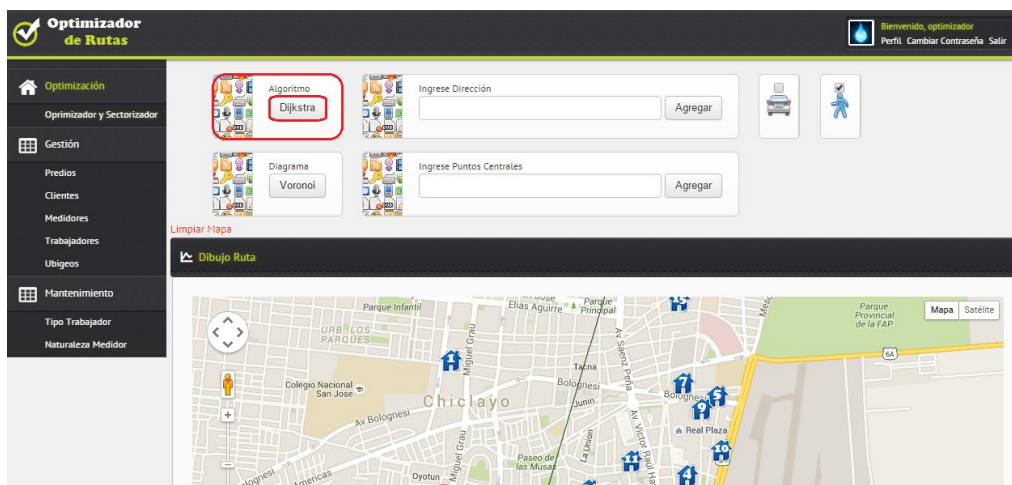


Figura 11: Realizar clic en el botón Dijkstra para la optimización



El enlace “Limpiar Mapa” realiza un borrado de lo enmarcado en el mapa.

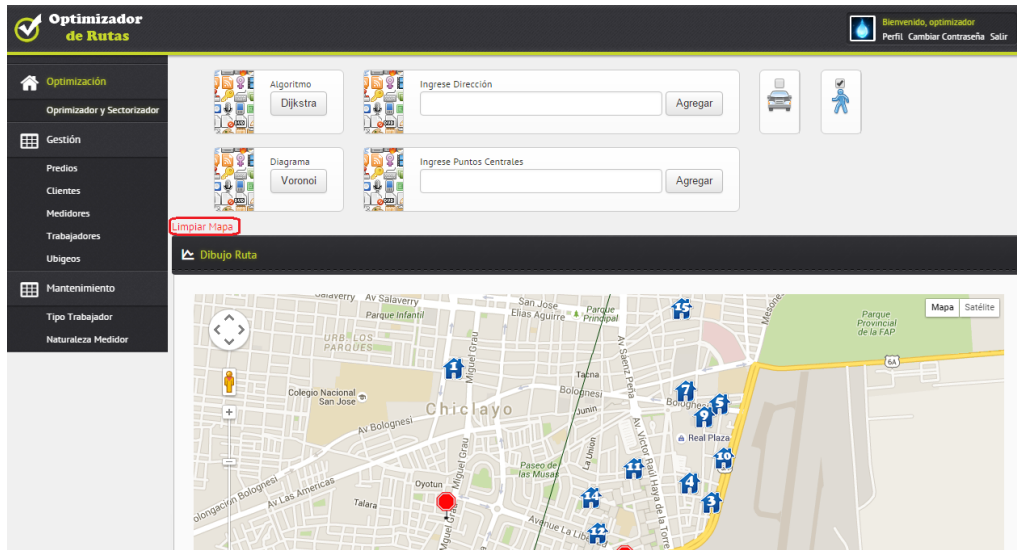


Figura 12: Realizar clic en el enlace Limpiar mapa

El área “Dibujo Ruta” se muestra el mapa en donde se visualiza la ubicación y el posicionamiento de los predios ingresados por direcciones y de los puntos centrales de los sectores. De igual manera se muestran el dibujado de los sectores y las rutas optimizadas de los caminos a recorrer por los trabajadores u operarios.

Visualización de la ruta óptima de los predios del sector noreste. Dicho camino se optimizó con el modo peatón.



Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

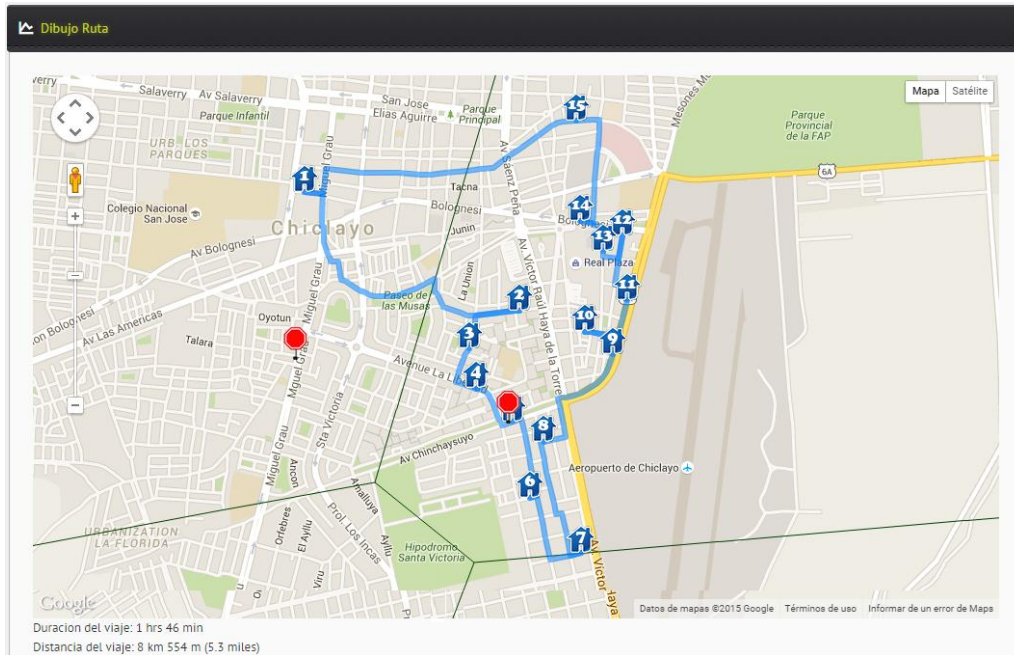


Figura 13: Visualización de la ruta óptima en modo peatón

Visualización de la ruta óptima de los predios del sector noreste. Dicho camino se optimizó con el modo automóvil.

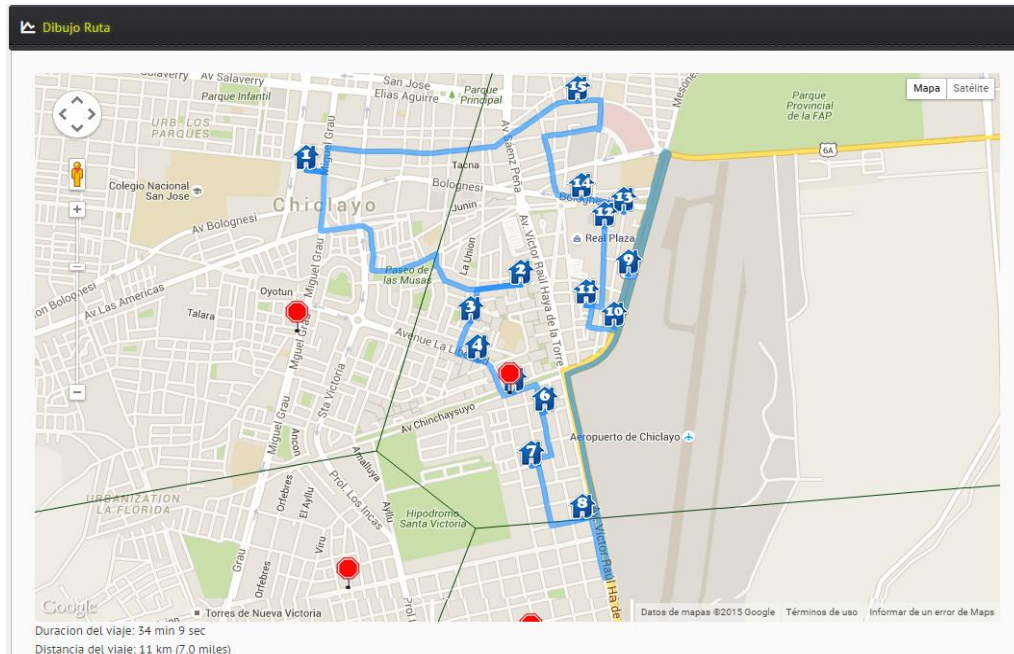


Figura 14: Visualización de la ruta óptima en modo automóvil



4.2. Módulo de Gestión

En este módulo se lleva a cabo la gestión de los datos de los clientes, trabajadores, medidores, predios y ubigeos.

Al hacer clic en el elemento Trabajadores de la lista Gestión se muestra la página de gestión de Trabajadores para la visualización de la lista de supervisores, operarios y realizar un registro de los mismos.

Al hacer clic en la pestaña “Supervisores” se muestra una lista de todos los supervisores que han sido registrados en el sistema.

Se muestra un combo en donde se selecciona el número de registros a visualizar. También se muestra un cuadro de texto “Buscar” en donde se ingresan los datos a buscar en dicha lista. No obstante un control de paginación para la visualización de más registros. Y un botón “Agregar” para agregar un nuevo supervisor.

Supervisor	D.N.I.	Código	Teléfono	Operarios	Acciones
Bravo Arevalo David Eduardo	16738690	P-040	----	Ver	editar
Mauro Anton Carlos Enrique	17405148	P-070	----	Ver	editar
Paredes Querevalu Rita Paulett	16700301	P-020	----	Ver	editar
Tavara Muro Nicolas	43877231	P-010	----	Ver	editar

Figura 15: Listado de los supervisores

Al hacer clic en la pestaña “Operarios” o en el botón “Next” se muestra la lista de todos los operarios registrados en la base de datos del sistema.



Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo

También presenta un combo en donde se selecciona el número de registros a visualizar y de igual manera se muestra un cuadro de texto “Buscar” en donde se ingresan los datos a buscar en dicha lista. No obstante un control de paginación para la visualización de registros en otras páginas. Y un botón agregar para registrar un nuevo operario.

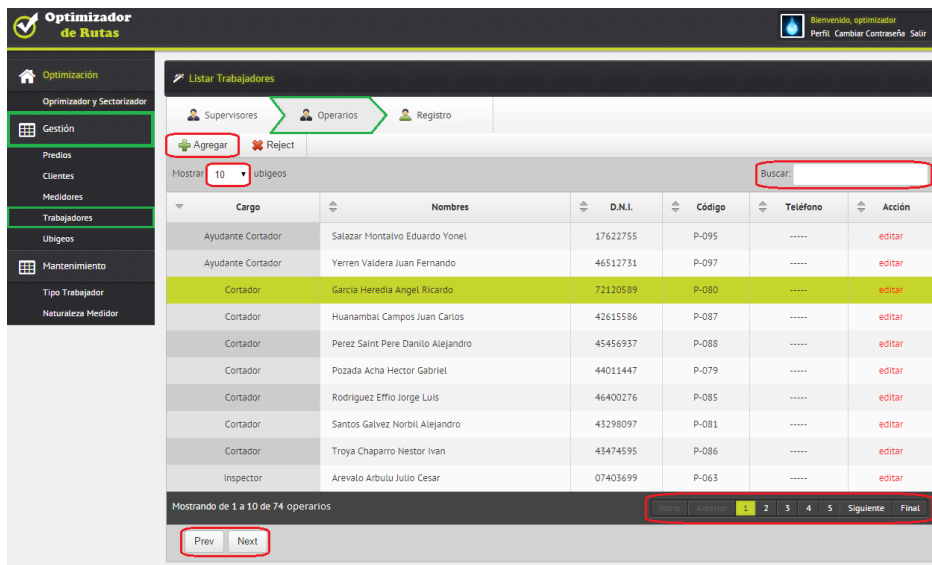
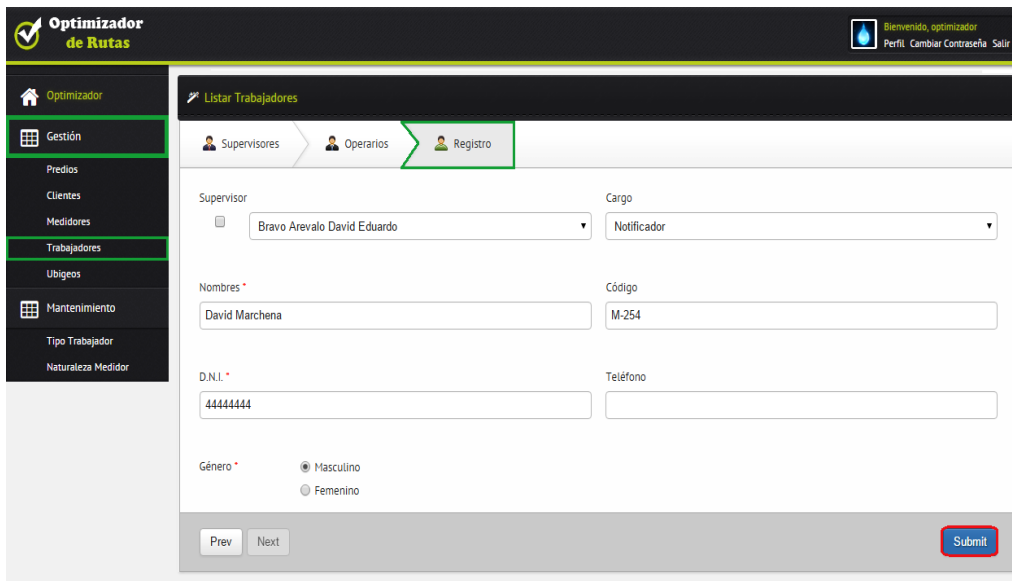


Figura 16: Listado de los operarios

Al hacer clic en la pestaña “Registro” o en el botón “Next” se muestra un formulario en el cual se ingresan los datos del trabajador (ya sea supervisor u operario) a ser registrados. El formulario presenta un check “Supervisor” el cual indica si el trabajador a registrar es o no un supervisor, en el caso de que lo sea, se selecciona y se inhabilita el combo “Supervisor” y por consiguiente se inhabilita el combo “Cargo”. En el caso de que no sea un supervisor, se deselecciona habilitándose el combo Supervisor para elegir su supervisor registrado en la base de datos y se habilita el combo “Cargo” para poder seleccionar una función a asignar.



Manual de Usuario del Sistema Optimizador de Rutas de Trabajo



The screenshot shows the 'Optimizador de Rutas' interface. On the left is a navigation menu with options like 'Gestión', 'Predios', 'Clientes', 'Medidores', 'Trabajadores', 'Ubigeos', 'Mantenimiento', 'Tipo Trabajador', and 'Naturaleza Medidor'. The main area is titled 'Listar Trabajadores' and has three tabs: 'Supervisores', 'Operarios', and 'Registro'. The 'Registro' tab is active. The form contains the following fields:

- Supervisor:** A dropdown menu with 'Bravo Arevalo David Eduardo' selected.
- Cargo:** A dropdown menu with 'Notificador' selected.
- Nombres:** A text input field containing 'David Marchena'.
- Código:** A text input field containing 'M-254'.
- D.N.I.:** A text input field containing '4444444'.
- Teléfono:** An empty text input field.
- Género:** Radio buttons for 'Masculino' (selected) and 'Femenino'.

 At the bottom of the form are 'Prev', 'Next', and 'Submit' buttons. The 'Submit' button is highlighted with a red border.

Figura 17: Formulario para el registro nuevos trabajadores

Se ingresan los datos como Nombres, Código de trabajador (opcional, ya que en algunos casos no se les ha asignado uno), D.N.I., Teléfono (opcional) y se seleccionan una de las dos opciones denominado Masculino y Femenino categorizados como Género.

Se realiza un clic en el botón Submit para guardar los datos ingresados al sistema.

4.3. Módulo de Mantenimiento

En este módulo se llevan a cabo los mantenimientos de los tipos de trabajadores y las naturalezas de los medidores

Al hacer clic en el elemento “Tipo de Trabajador” de la lista Mantenimiento se muestra la página de mantenimiento de Tipo de Trabajadores para agregar, modificar y visualizar los datos de los mismos.

En la primera pantalla que aparece se muestra una lista de todos los tipos de trabajadores que han sido registrados en el sistema.

Se muestra un combo en donde se selecciona el número de registros a visualizar. También se muestra un cuadro de texto “Buscar” en donde se ingresan los datos a buscar en dicha lista. No obstante un control de paginación para la visualización de registros en otras páginas. Y un botón “Agregar” para agregar un nuevo tipo de trabajador.

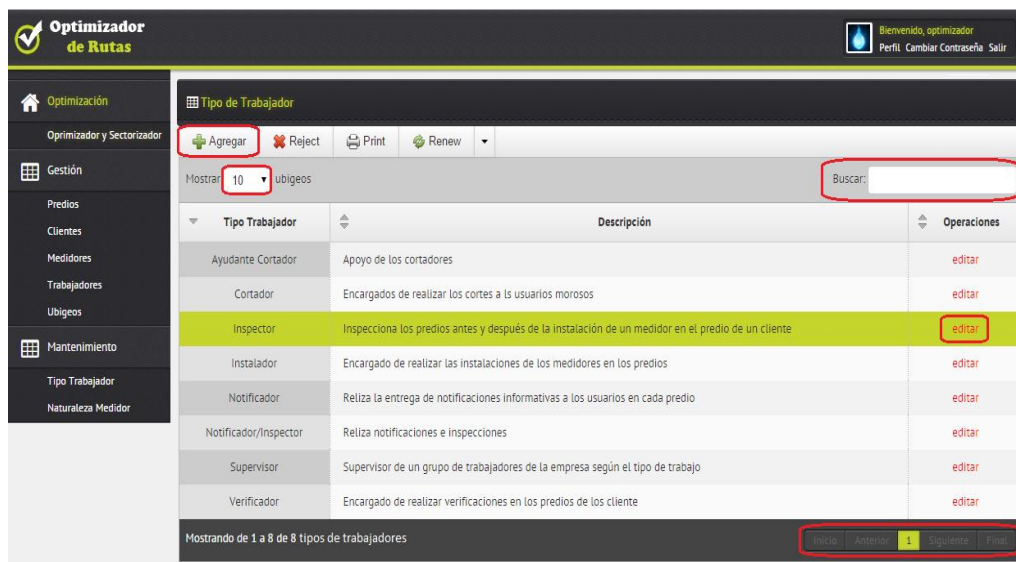


Figura 18: Listado de los tipos de trabajadores



Al hacer clic en botón “Agregar” se muestra un formulario en el cual se ingresan los datos del tipo de trabajador a ser registrados.

El formulario presenta un cuadro de texto denominado Tipo de Trabajador en donde es llenado obligatoriamente, y un área en el cual se realiza una descripción del tipo de trabajador a registrar (opcional).

Luego de haber llenado los campos obligatorios y opcionales se procede a realizar un clic en el botón “Guardar” para almacenar la información en la base de datos. El formulario también presenta un botón “Cancelar” para que se cancelen las acciones a realizar.

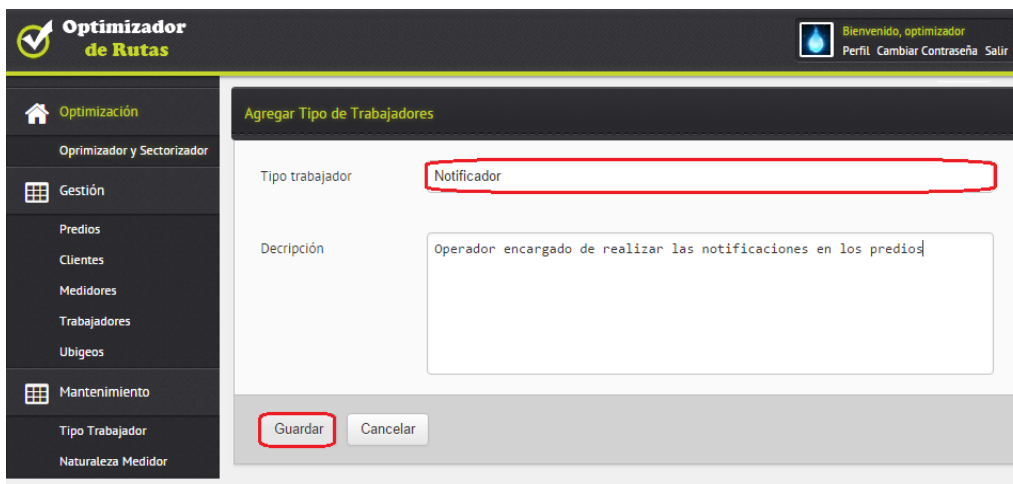


Figura 19: Formulario de registro de los tipo de trabajadores

Salir del Sistema

Por último, si se desea cerrar sesión solo se debe realizar un clic en el enlace “Salir” ubicado en la parte superior derecho de la página principal del sistema, en la zona de logos y bienvenida. En el caso se desee salir definitivamente, hacer clic en el botón cerrar de la barra de herramientas del browser.