

**FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INFORMÁTICA**



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**Análisis del cumplimiento de contrato e
implementación del modelo de consumo para el
proyecto SIGECO**

Rayn Catrileo Villagrán

Ángelo Gonzalez Zambrano

TESIS

Para optar al Título de

INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Concepción, Octubre 2015

Resumen

SIGECO es un proyecto destinado al desarrollo de un sistema que otorgue a una municipalidad, información y herramientas que le permitan conocer el costo real del servicio de operación de flotas de recolección de residuos domiciliarios además de evaluar la calidad y el cumplimiento del servicio mediante plataformas de fiscalización destinados tanto a los encargados de esta labor como a la comunidad.

Esta tesis forma parte del desarrollo del proyecto SIGECO apuntando a dos objetivos en particular:

- Implementar del modelo matemático de consumo de combustible en el sistema
- Analizar del cumplimiento contrato del proveedor de servicios de operación de flota

Se expone primeramente un trabajo preliminar de investigación en donde se tratan los conceptos, herramientas y definiciones necesarias para un correcto entendimiento del proyecto, para luego desarrollar de manera independiente cada objetivo planteado, finalizando con la documentación de las pruebas y conclusiones realizadas.

Abstract

SIGECO is a project which aim to develop a system that grant information and tools to the local government, that allow it to know the real cost of fleets operating service of garbage collector, in addition to test the quality and the service accomplishment through control platforms for both, makers of this task and the community.

This thesis is part of SIGECO development project aiming into two particular objectives:

- Implementation of mathematical model of fuel in the system.
- Accomplishment analysis for the contract of the service provider for fleet operation.

First of all there is a preliminary research where the concepts, tools and necessary definitions are discussed to a proper understanding of the project, and then an independently develop of each stated objective, ending with the documentation of testing and conclusions that were made.

Índice General

1	<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	10
2	<u>PRELIMINARES.....</u>	12
2.1	¿QUÉ ES SIGECO?	12
2.1.1	<i>Objetivos SIGECO</i>	13
2.1.2	<i>Propuesta</i>	14
2.1.3	<i>Estructura</i>	15
2.2	CONCEPTOS TEÓRICOS	15
2.2.1	<i>Bases de Datos Espaciales</i>	15
2.2.2	<i>Tipos de datos espaciales</i>	17
2.2.3	<i>GPS</i>	18
2.2.4	<i>Funcionamiento</i>	19
2.2.5	<i>Confiabilidad de datos</i>	19
2.3	HERRAMIENTAS DE DESARROLLO	20
2.3.1	<i>PostgreSQL</i>	20
2.3.2	<i>PostGIS</i>	20
2.3.3	<i>Procedimientos Almacenados</i>	21
2.3.4	<i>PL/pgSQL</i>	22
3	<u>DEFINICION DE LA INSTITUCIÓN.....</u>	23
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN.....	23
3.1.1	<i>Antecedentes de la Institución</i>	23
3.1.2	<i>Visión</i>	23
3.1.3	<i>Misión</i>	24
3.2	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	24
3.2.1	<i>Estructura organizacional</i>	25
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	26
4	<u>DEFINICIÓN DEL PROYECTO</u>	29
4.1	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	29
4.1.1	<i>Objetivo general del proyecto</i>	29
4.1.2	<i>Objetivos específicos del proyecto</i>	29
4.2	AMBIENTE DE INGENIERÍA DE SOFTWARE	29
4.2.1	<i>Metodología de desarrollo</i>	29
4.2.2	<i>Técnicas y notaciones</i>	30
4.2.3	<i>Herramientas de apoyo</i>	30

4.3	DEFINICIONES, SIGLAS Y ABREVIACIONES	31
5	<u>ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE</u>	32
5.1	ALCANCES	32
5.2	OBJETIVO DEL SOFTWARE	33
5.2.1	<i>Objetivo Global</i>	33
5.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	33
5.3	DESCRIPCIÓN GLOBAL DEL PRODUCTO	34
5.3.1	<i>Interfaz de usuario</i>	34
5.3.2	<i>Interfaz de Hardware</i>	35
5.4	REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS	36
5.4.1	<i>Requerimientos funcionales del sistema</i>	36
5.4.2	<i>Interfaces externas de entrada</i>	36
5.4.3	<i>Interfaces externas de salida</i>	37
5.4.4	<i>Atributos del producto</i>	38
6	<u>MÓDULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE</u>	39
6.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	39
6.2	SOLUCIÓN PROPUESTA	40
6.3	MODELO MATEMÁTICO	41
6.3.1	<i>Definición de Parámetros</i>	43
6.4	ESTRUCTURA DE DESARROLLO	44
6.4.1	<i>PA de cálculo de aceleración</i>	45
6.4.2	<i>PA de cálculo de pendiente</i>	46
6.4.3	<i>Sentido del móvil</i>	50
7	<u>ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE CONTRATO.....</u>	52
7.1	CONCEPTOS.....	52
7.1.1	<i>Estadística</i>	52
7.1.2	<i>La media</i>	53
7.1.3	<i>Histograma</i>	54
7.1.4	<i>Frecuencia</i>	55
7.1.5	<i>Probabilidad</i>	55
7.1.6	<i>Probabilidad condicionada</i>	56
7.1.7	<i>Teorema de Bayes</i>	56
7.2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	57
7.3	SOLUCIÓN PROPUESTA	59
7.4	ESTRUCTURA DE DESARROLLO	59
8	<u>ANÁLISIS</u>	61

8.1	DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS	61
8.2	DIAGRAMA DE CASOS DE USO	69
8.2.1	Actores	69
8.2.2	Casos de Uso y Descripción.....	70
8.2.3	Especificación de casos de uso.....	71
8.3	MODELAMIENTO DE DATOS	74
9	<u>DISEÑO</u>	76
9.1	DISEÑO FÍSICO DE LA BASE DE DATOS	76
9.1.1	Especificación procedimientos almacenados.....	77
9.2	DISEÑO DE ARQUITECTURA FUNCIONAL.....	78
9.3	ESPECIFICACIÓN DE MÓDULOS	80
10	<u>PRUEBAS</u>	82
10.1	ELEMENTOS DE PRUEBA	82
10.1.1	Módulo de consumo de combustible.....	82
10.2	ESPECIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS.....	83
10.3	CALENDARIO DE PRUEBAS	84
10.4	DETALLES DE PRUEBA	84
10.5	CONCLUSIONES DE PRUEBAS	84
11	<u>CONCLUSIÓN.....</u>	85
12	<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	86
13	<u>ANEXO: PLANIFICACIÓN INICIAL DEL PROYECTO</u>	88
14	<u>ANEXO: MANUAL DE USO</u>	90
14.1	CÁLCULO DE CONSUMO	91
14.2	GENERACIÓN DE HISTOGRAMAS	92
14.3	CÁLCULO DE PROBABILIDAD	94
15	<u>ESPECIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS.....</u>	95
15.1	PRUEBAS DE UNIDAD.....	95
15.1.1	<Función Aceleración>.....	96
•	Cálculo de complejidad Ciclomática:	97
15.1.2	<Función Get_Pendiente>.....	98
•	Cálculo de complejidad Ciclomática:	98
15.1.3	<Función Consumo>.....	99
•	Cálculo de complejidad Ciclomática:	99
15.1.4	<Costo_total>.....	101
•	Cálculo de complejidad Ciclomática:	101

15.1.5 <Costo total Vehículo>.....	103
• Cálculo de complejidad Ciclomática:	103

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Propuesta SIGECO.....	14
Ilustración 2: Estructura SIGECO.....	15
Ilustración 3: representación de una cartografía.	16
Ilustración 4: Representación jerárquica de objetos espaciales en SQL server [2].....	18
Ilustración 5: Dispositivo GPS convencional	19
Ilustración 7: Esquema Procedimientos Almacenados.....	22
Ilustración 8: Procedimiento Almacenado [7]	23
Ilustración 9: Estructura Organizacional SIGECO	26
Ilustración 10: Ecuación 1 Modelo de consumo	41
Ilustración 11: Ecuación 2 Modelo de consumo	41
Ilustración 12: Ecuación 3 Modelo de consumo	42
Ilustración 13: Ecuación 4 Modelo de consumo	42
Ilustración 14: Aceleración Instantánea.....	45
Ilustración 15: Aceleración Media	45
Ilustración 16: Esquema PA de aceleración.....	47
Ilustración 17: Caso 1 PA aceleración.....	48
Ilustración 18: Caso 2 PA aceleración.....	49
Ilustración 19: Caso 3 PA aceleración.....	50
Ilustración 20: Puntos cardinales	51
Ilustración 21: Histograma	54
Ilustración 22: Teorema de Bayes [18].....	57
Ilustración 23: Problemática análisis de contrato	58
Ilustración 24: Ecuación de Probabilidad	60
Ilustración 25: Ecuación Probabilidad Condicional.....	60

Ilustración 26: DFD de contexto	61
Ilustración 27: DFD de nivel Superior.....	62
Ilustración 28: DFD de detalle	63
Ilustración 29: Caso de Uso Modelo de consumo	70
Ilustración 30: MER.....	75
Ilustración 31: Modelo relacional para el módulo consumo de combustible	76
Ilustración 32: Modelo relacional para el módulo de Análisis de cumplimiento de contrato	77
Ilustración 33: Diagrama de descomposición funcional para el cálculo del consumo de combustible	79
Ilustración 34: Diagrama de descomposición funcional para el análisis del cumplimiento de contrato.....	79
Ilustración 35: Inicio del Sistema.....	90
Ilustración 36: Barra de menú del sistema	91
Ilustración 37: Formulario cálculo de consumo	91
Ilustración 38: Selección de fechas.....	92
Ilustración 39: Informe consumo de combustible	92
Ilustración 40: Inicio generación de Histogramas	93
Ilustración 41: Selección de cuadra	93
Ilustración 42: Ejemplo Histograma.....	94
Ilustración 43: Pantalla cálculo de Probabilidad	94
Ilustración 44: Mensaje Cálculo de Probabilidad.....	95

Índice de Tablas

Tabla 2: Requerimientos Funcionales	36
Tabla 3: Interfaces externas de entrada	37
Tabla 4: Interfaces externas de salida.....	38
Tabla 5: Parámetros Ecuación 1	43
Tabla 6: Parámetros Ecuación 4	44
Tabla 7: Flujo de Datos	66
Tabla 8: Procesos	69
Tabla 9: Especificación de Procedimientos Almacenados.....	78
Tabla 10: Especificación de módulos	81
Tabla 11: Especificación de pruebas	83
Tabla 12: Calendario de Pruebas.....	84

1 INTRODUCCIÓN

El auge y masificación de la informática durante el siglo XXI, ha penetrado profundamente en la sociedad, cambiando en gran medida la manera de vivir de nosotros mismos como individuos particulares. Todo ello es, en gran medida, atribuible principalmente a la gran cantidad de información a la cual nos podemos exponer en un instante de tiempo. Estos volúmenes de datos que hasta hace tan solo un par de décadas era impensado poder manipular, nos han otorgado grandes beneficios y a la vez grandes problemáticas que resolver.

Uno de esos grandes problemas tiene que ver con darle un correcto uso a la información con la que se dispone, y es que ha de ser evidente, que grandes volúmenes de datos, sin un correcto tratamiento e interpretación, será información completamente desperdiciada que carece de valor y simplemente hará uso de recursos de almacenamiento.

Las bases de éste trabajo determinadas por el proyecto SIGECO, presentan la gran utilidad que puede concebir la correcta manipulación de datos, junto con un correcto entendimiento teórico de la problemática, que en éste caso, han llevado a una vinculación intrínseca entre la informática y otras ciencias formales como la matemática, física y estadística. Lo anterior se traduce en la concentración de esfuerzos sobre el desarrollo de algoritmos eficientes que requieren la comprensión de un marco teórico amplio para su correcta implementación, todo ello bajo la necesidad de dar una respuesta eficaz para la resolución de los requerimientos del proyecto, manipulando grandes volúmenes de datos que contienen la información base para la resolución de la problemática de los dos objetivos fundamentales de éste trabajo.

Seguidamente se introduce el contenido de cada capítulo de éste documento:

- **Capítulo 2 – Preliminares:** Se presentan los conceptos introductorios necesarios para el correcto entendimiento del proyecto.
- **Capítulo 3 - Definición de la Institución:** Se detalla la información referente a la institución para la cual este proyecto ha sido desarrollado.
- **Capítulo 4 - Definición del proyecto:** Se presentan los objetivos del proyecto y además, el ambiente de ingeniería utilizado, las abreviaciones y siglas presentes en éste documento.
- **Capítulo 5 – Especificación de requerimientos de software:** Se detallan los alcances y una descripción global del software en términos de interfaces
- **Capítulo 6 - Módulo de consumo de combustible:** Éste capítulo tiene como propósito presentar la documentación teórica necesaria sobre el desarrollo del módulo de consumo de combustible para el proyecto SIGECO.
- **Capítulo 7 - Análisis de cumplimiento de contrato:** En éste capítulo primeramente se detallan los conceptos teóricos involucrados para el análisis de cumplimiento de contrato, para luego dar paso a la definición de la problemática y su desarrollo.

- **Capítulo 8 – Análisis:** Se presentan los diagramas de DFD y casos de usos además de sus respectivas especificaciones.
- **Capítulo 9 – Diseño:** Se presenta el diseño físico de la base de datos, especificación de módulos y un esquema de interfaz y navegación.
- **Capítulo 10 – Pruebas:** Se exponen las pruebas realizadas a los módulos del sistema de manera independiente.

2 PRELIMINARES

2.1 ¿Qué es SIGECO?

SIGECO o también denominado Sistema de Gestión Colaborativa de Servicios, es un proyecto financiado por el convenio de desempeño de apoyo a la innovación en educación superior CD INES, en el cual participan investigadores del departamento de Ingeniería Civil Industrial, departamento de Sistemas de Información y del departamento de Ingeniería Civil y ambiental de la Universidad del Bío-Bío, y cuyo investigador responsable el Sr. Patricio Álvarez Mendoza MSc PhD.

El proyecto apunta a diseñar e implementar un sistema que permita generar condiciones de competencia perfecta en el mercado de la recolección de basura domiciliaria. Para ello el sistema eliminará la asimetría de información entre el municipio y proveedores de servicios de recolección de basura que en el caso de la municipalidad es propia de no contar con experiencia en la operación de flotas de camiones.

El proyecto apunta a generar condiciones para que proveedores y municipio puedan celebrar contratos de mutuo beneficio con términos de referencia claros, precisos y orientadores respecto del servicio que está siendo licitado. A demás de generar ahorros en el gasto de recolección de residuos domiciliarios que la municipalidad pueda re-dirigir a otras áreas de interés social o

para incrementar el estándar de la recolección de basura respecto de la situación observada hoy.

2.1.1 Objetivos SIGECO

El objetivo principal del proyecto es:

Desarrollar un sistema que le permita a una Municipalidad, estimar el costo real de operación de una flota de recolección de residuos sólidos domiciliarios.

Los objetivos específicos son:

- Determinar las variables operacionales mínimas necesarias para estimar el costo de operación de una flota de recolección de residuos sólidos domiciliarios.
- Identificar las tecnologías más adecuadas para medir las variables operacionales de interés.
- Proponer modelos matemáticos que permitan convertir las variables operacionales en costo de operación.
- Desarrollar prototipos que permitan capturar, transmitir, almacenar y procesar las variables operacionales.
- Desarrollar un prototipo de reporte/informe que cuantifique el costo de la operación de una flota de recolección de residuos sólidos domiciliarios.
- Validar prototipos por medio de la cuantificación del costo de operación de la flota de recolección de residuos sólidos domiciliarios en algún sector de Concepción.
- Identificar el modelo de negocios más apropiado para la comercialización del paquete tecnológico

2.1.2 Propuesta

La siguiente ilustración muestra un esquema sobre la propuesta del proyecto SIGECO en función de los actores que involucra.

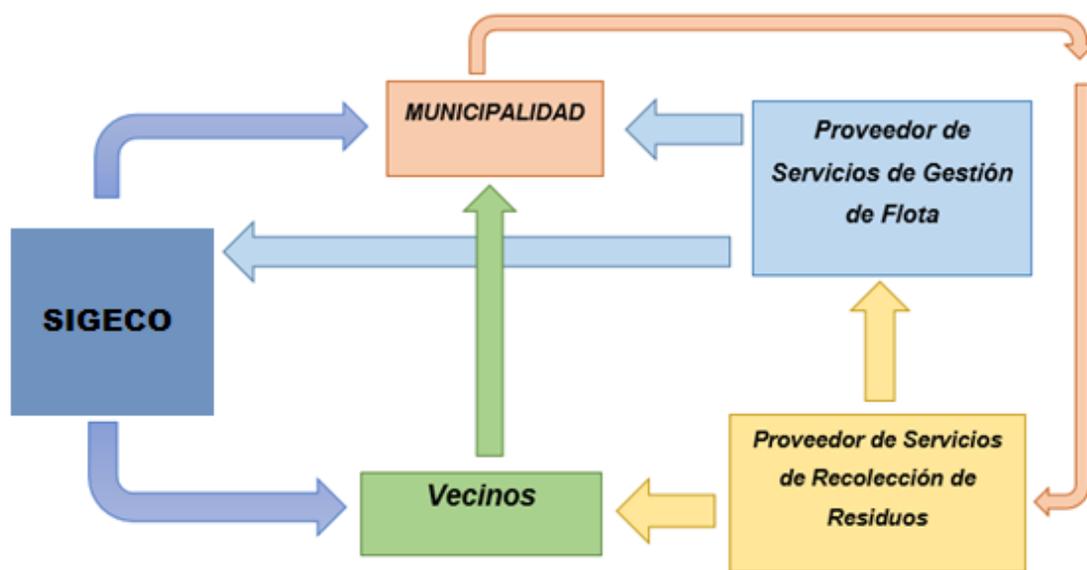


Ilustración 1: Propuesta SIGECO

2.1.3 Estructura

El siguiente esquema muestra la estructura del proyecto SIGECO diferenciado por los módulos que se componen para su desarrollo.



Ilustración 2: Estructura SIGECO

2.2 Conceptos teóricos

El siguiente capítulo se presenta los diferentes conceptos teóricos que son necesarios conocer para poder tener una mejor comprensión de lo desarrollado en éste trabajo.

2.2.1 Bases de Datos Espaciales

En muchos campos existe la necesidad de almacenar información geográfica, geométrica o espacial, es decir, datos relacionados con *espacio*. Bajo éste mismo contexto podemos decir que una base de datos espacial nos brinda la posibilidad de almacenar y administrar una gran variedad de información, que puede ir desde la ruta que brinda un GPS, hasta la representación cartográfica de la Luna.

La siguiente ilustración muestra una representación cartográfica de un mapa.

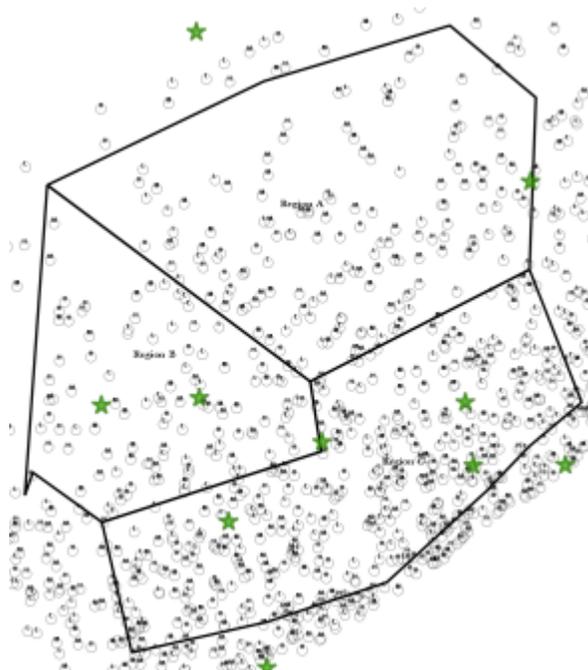


Ilustración 3: representación de una cartografía.

Y es que actualmente, al encontramos rodeados de satélites y formas mucho más rápidas de recolectar y transmitir información, la necesidad de manipular e interpretar éstos datos espacial es mucho mayor, fomentado en gran medida por el auge que viven hace ya varios años, los sistemas de GPS.

Más formalmente podemos definir a una base de datos espacial como una base de datos en la que se definen datos espaciales para objetos geométricos [1] que nos permite almacenar información comúnmente geográfica, en una tabla de datos normal.

2.2.2 Tipos de datos espaciales

Las bases de datos espaciales almacenan una representación geográfica abstracta del mundo real para cumplir con éste propósito emplean un conjunto de objetos de datos espaciales. Los objetos espaciales elementales son los siguientes:

- **Puntos**: Representa una ubicación geográfica particular y se encuentra determinado por coordenadas terrestres.
- **Líneas**: Conjunto de puntos que representan una distancia finita, y que geográficamente se pueden considerar como arcos, debido a la curvatura de la tierra
- **Polígonos**: Figuras geométricas que representan un área particular finita, geográficamente representan países, lagos, regiones, etc.

En bases de datos espaciales, los tipos de datos esenciales con los cuales se desarrolla son los datos *geography* y *geometry*, para los cuales, dependiendo del motor de base de datos con el cual se trabaje, existe una gran cantidad de funciones e instancias que se pueden utilizar a partir de éstos datos.

La siguiente ilustración muestra un esquema jerárquico de los objetos espaciales presentes en bases de datos de éste tipo.

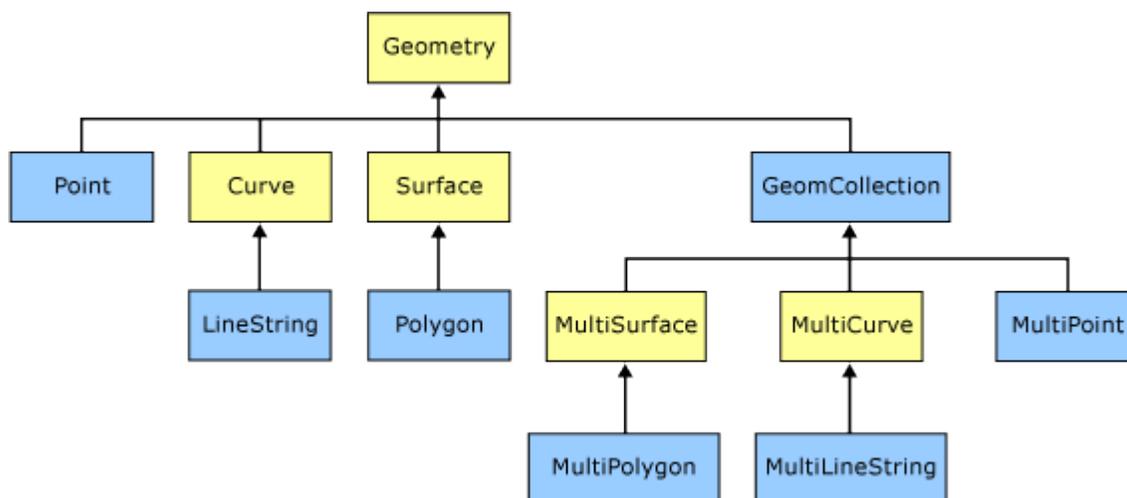


Ilustración 4: Representación jerárquica de objetos espaciales en SQL server [2]

2.2.3 GPS

El sistema de posicionamiento global (GPS) es una herramienta desarrollada por el departamento de defensa de Estados Unidos de Norte América [3], cuyo fin es proveer a los usuarios servicios de posicionamiento, navegación y cronometría [4].

La siguiente ilustración muestra un sistema de GPS de uso cotidiano para vehículos particulares generalmente.



Ilustración 5: Dispositivo GPS convencional

2.2.4 Funcionamiento

Los dispositivos GPS civiles, que son los que comúnmente conocemos, operan basándose en el principio matemático de triangulación utilizando la información de posicionamiento, en donde al menos 3 de los 24 satélites que componen el sistema GPS global son requeridos para determinar la distancia de cada uno de los satélites requeridos hasta el punto de medición y así entregar la información de ubicación terrestre, comúnmente utilizando coordenadas geográficas que proporcionan los datos de longitud y latitud.

2.2.5 Confiabilidad de datos

La información que proporcionan los sistemas de GPS se utilizan para una enorme cantidad de fines, y es muchas veces información crucial que permite determinar posiciones para posibles rescates de personas perdidas, predecir datos

de navegación relevantes, etc. Es por ello que la precisión de estos datos es crucial para casi cualquier ámbito en el que se utilicen estas herramientas.

Para los sistemas de GPS, sin la utilidad de un DGPS (Sistema que proporciona corrección de los datos recibidos por los satélites) se estima que tienen una precisión variante de entre 15 a 30 metros [5] dependiendo comúnmente de la ubicación y la señal.

2.3 Herramientas de Desarrollo

En esta sección se exponen las herramientas de desarrollo más relevantes utilizadas para la implementación de este trabajo.

2.3.1 PostgreSQL

PostgreSQL es un Sistema de gestión de bases de datos relacionales orientado a objetos, de código abierto, publicado bajo la licencia BSD [6] y que ha tenido una larga y constante evolución que lo ha llevado a ser uno de los SGBD más utilizados y populares de la actualidad.

Dentro de las muchos argumentos por el cual se ha preferido éste SGBD están el hecho de que al ser multiplataforma permite tener un desarrollo integrador sin importar el sistema operativo que se esté utilizando, y al ser de código abierto posee una gran comunidad que brinda soporte y respaldo constante.

2.3.2 PostGIS

PostGIS es una extensión de bases de datos espaciales para PostgreSQL, permitiendo así, que en bases de datos relacionales se pueda dar soporte a objetos geográficos. PostGIS fue desarrollado por la empresa *Refraction*

Research Inc como un proyecto orientado a la investigación tecnológica de bases de datos espaciales por tanto posee una licencia de código abierto GNU GPL.

Esta herramienta presenta una gran alternativa de solución para quienes utilizan PostgreSQL y se embarcan en la actualización o desarrollo de un sistema que requiere la representación geográfica de objetos, como puntos, líneas, polígonos, multilíneas, multipuntos y colecciones geográficas, soportando coordenadas tanto 2D como 3D.

2.3.3 Procedimientos Almacenados

Un procedimiento almacenado se puede definir coloquialmente como un pequeño programa o función que se encuentra almacenado en una base de datos y cuya implementación varía según el Sistema de Gestión de Base de Datos (SGDB) en el cual se desarrolle. El uso de procedimientos almacenados en vez de un desarrollo tradicional del lado del cliente brinda las siguientes ventajas:

- Simplifica el desarrollo del sistema al tener implementada funciones de manera independiente en la base de datos.
- La ejecución del procedimiento ocurre en el servidor de bases de datos. Esto probablemente aumentará el rendimiento de nuestra aplicación al no tenerse que mandar datos entre el cliente y el servidor, y no tener que procesar resultados intermedios en el cliente para obtener el resultado final [7].
- Variedad de lenguajes para su desarrollo.

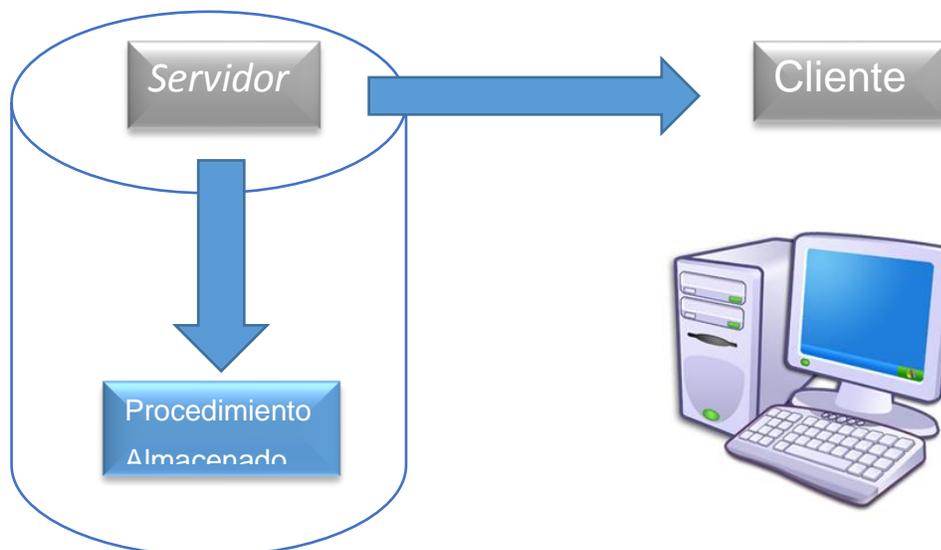


Ilustración 6: Esquema Procedimientos Almacenados

2.3.4 PL/pgSQL

Como habíamos mencionado en la sección anterior, los procedimientos almacenados poseen una gran cantidad de lenguajes en los cuales pueden ser desarrollados, y particularmente en PostgreSQL la variedad es considerable, teniendo opciones como, PL/Perl, PL/Tcl y PL/Python, entre varios otros.

Como ya se podría haber inferido en el párrafo anterior, PL/pgSQL es un lenguaje de programación estructurado que nos permite crear procedimientos almacenados, dentro del entorno que nos proporciona el SGDB PostgreSQL. La elección de éste lenguaje en particular por sobre las demás posibilidades existentes yace en los siguientes puntos:

- Está integrado en PostgreSQL a diferencia de otros lenguajes que requieren una instalación para ser utilizados.
- Es fácil de comprender.
- Posee una amplia variedad de operaciones que podemos realizar.
- Se pueden realizar cálculos complejos.

La siguiente ilustración muestra la estructura básica que nos permite desarrollar un procedimiento almacenado con este lenguaje.

```
CREATE [ OR REPLACE ] FUNCTION
nombre_funcion([ [ argmodo ] [ argnombre ] argtipo [, ...] ])
RETURNS tipo AS $$

[ DECLARE ]
[ declaraciones de variables ]

BEGIN
    codigo

END;
$$ LANGUAGE plpgsql
| IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE
| CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT
| [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
| COST execution_cost
| ROWS result_rows
| SET configuration_parameter { TO value | = value | FROM CURRENT }
;
```

Ilustración 7: Procedimiento Almacenado [7]

3 DEFINICION DE LA INSTITUCIÓN

3.1 Descripción de la institución

3.1.1 Antecedentes de la Institución

- **Nombre:** Universidad del Bío-Bío
- **Dirección:** Avda. Collao 1202, Concepción, Chile.
- **Rubro:** Universidades

3.1.2 Visión

Ser reconocida a nivel nacional e internacional como una Universidad pública, responsable socialmente y regional que, comprometida con su rol estatal, desde la Región del Biobío, forma personas integrales de excelencia y aporta a través de su quehacer al desarrollo sustentable de la región y el país.

3.1.3 Misión

La Universidad del Bío-Bío, a partir de su naturaleza pública, responsable socialmente y estatal, tiene por misión, desde la Región del Biobío, aportar a la sociedad con la formación de personas integrales, a través de una Educación Superior de excelencia. Comprometida con los desafíos de la región y del país, contribuye a la movilidad e integración social por medio de; la generación y transferencia de conocimiento avanzado, mediante la docencia de pregrado y postgrado de calidad, la investigación fundamental, aplicada y de desarrollo, la vinculación bidireccional con el medio, la formación continua y la extensión. Asimismo, impulsa el emprendimiento y la innovación, el fortalecimiento de la internacionalización y el desarrollo sustentable de sus actividades, basada en una cultura participativa centrada en el respeto a las personas.

3.2 Descripción del área de estudio

Esta tesis forma parte del proyecto SIGECO que es un proyecto INES: código del proyecto es CD INES 15-10. El Director del proyecto es el Dr. Patricio Álvarez Mendoza. Seguidamente se muestran los docentes responsables en cada departamento involucrado.

Patricio Álvarez (Depto. Ingeniería Civil)

Sergio Vargas (Depto. Ingeniería Civil)

Carlos Obreque (Depto. Ingeniería industrial)

Cristian Duran (Depto. Ingeniería eléctrica y electrónica)

Patricio Gálvez (Depto. Sistemas de la información)

Las funciones de los investigadores asociados son proporcionar memoristas para la realización de las actividades del proyecto, además de proporcionar apoyo académico a los mismos.

Además el proyecto contempla asesores, los cuales son:

Ricardo Irrarrázaval (Ingeniero Civil Electrónico) cuyas funciones son asesorar en la adquisición de equipos especializados necesarios para el desarrollo del proyecto, además de proporcionar apoyo experto Al equipo informático.

Leandro Gayozo (Ingeniero Civil) Las principales funciones son la planificación, seguimiento y control del proyecto, coordinación general, gestión de contratos, compras y licitaciones, además de proporcionar apoyo experto a los alumnos de Ingeniería Civil.

El equipo de memoristas está conformado por los siguientes integrantes:

Mauricio Valenzuela. (Ingeniería Civil)

Omar Milla. (Ing. Civil en automatización)

Christopher González. (Ing. Civil informática)

Rayn Catrileo. (Ing. Civil informática)

Ángelo González. (Ing. Civil informática)

Estefanía Sandoval E. (Ing. De E. En Computación e Informática)

Nieves Riffo P. (Ing. De E. En Computación e Informática)

David Torres es el fiscalizador del servicio de recolección de residuos sólidos de la comuna de Concepción.

3.2.1 Estructura organizacional

El siguiente esquema muestra la estructura del proyecto SIGECO diferenciado por módulos y la cantidad de estudiantes que participan, además de los asesores y profesores responsables.

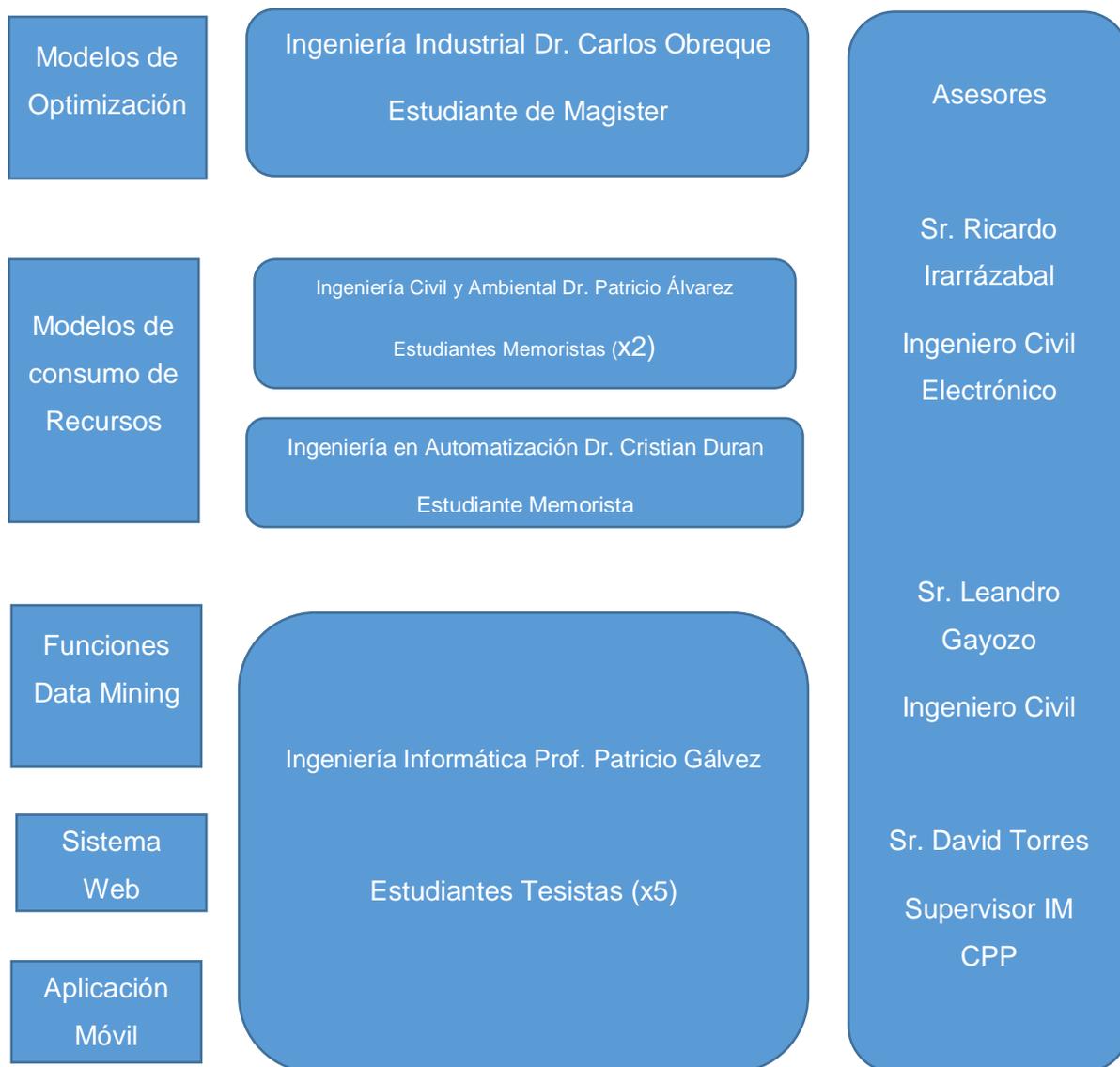


Ilustración 8: Estructura Organizacional SIGECO

3.3 Descripción de la problemática

Para nadie es desconocida la importancia que ha adquirido en las últimas décadas el problema de contar con una adecuada gestión de residuos domiciliarios en las ciudades de nuestro país y del mundo. En Chile se producen

más de 16,9 millones de toneladas de residuos al año, de los cuales 6,5 millones corresponden a residuos municipales y los 10,4 millones restantes a residuos industriales. Chile lidera la producción de basura en Latinoamérica [8] y en consecuencia, desde un punto de vista económico, los elevados costos involucrados en esta actividad (costos de transporte, disposición final, gastos operacionales, etc.) representan un gasto significativo de recursos públicos. En este sentido, los costos asociados a la recolección y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios pueden alcanzar hasta un 80% del presupuesto total de una ciudad [9].

La legislación vigente, entre ellas la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades y el Código Sanitario, le asignan a los municipios la responsabilidad por la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios generados en la comuna. Ante esta responsabilidad, las municipalidades pueden optar por asumir integralmente el servicio de aseo de la comuna o entregar en concesión dichos servicios a empresas privadas con experiencia en el rubro, asumiendo en este último caso un rol fiscalizador para el fiel cumplimiento del contrato pactado. En la actualidad, la decisión de qué modalidad ocupar pasa por evaluar, a nivel del municipio, si los propios recursos materiales, financieros y humanos, están en condiciones y poseen el conocimiento técnico para cumplir con la prestación del servicio.

Generalmente, la falta de experiencia y personal capacitado en la gestión de recolección de residuos dentro de los municipios, fomenta la decisión de concesionar el servicio a particulares. Es por esto que, cada cierto tiempo, la Dirección de Aseo y Ornato de la municipalidad realiza una licitación pública de acuerdo a las normas y principios de la Ley de Bases sobre Contratos Administrativos de Suministro y Prestación de Servicios. Dicha licitación pública requiere preparar, además, un conjunto de Bases Técnicas, Bases Administrativas y Términos de Referencia para la concesión del servicio de aseo de la comuna, con el propósito de generar las condiciones que permitan seleccionar entre diferentes oferentes la mejor opción que se encargue de la recolección de los residuos sólidos domiciliarios de la comuna.

Un problema mayor que se le presenta a las municipalidades cada vez que se prepara la licitación del servicio tiene que ver con deficiencias en la elaboración

de los términos de referencia en las bases de licitación del servicio de aseo. Estas deficiencias se manifiestan por medio de la incertidumbre respecto de los costos que se señalan en los contratos de aseo puesto que no se cuenta por parte del mandante con una estimación precisa de los costos reales del servicio licitado. Conocer dichos costos permitiría al mandante (la municipalidad) estudiar las ofertas conociendo el detalle del servicio, negociar los términos del contrato con el potencial proveedor, seleccionar al oferente idóneo y asignar eficientemente los recursos.

Para la comuna de Concepción en particular, el contrato para la recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios en conjunto con el barrido de vías y espacios públicos para el año en curso, es de 2400 millones de pesos anuales, de los cuales una fracción significativa está asociada al consumo de combustible, arriendo/leasing de vehículos, mantención de camiones recolectores y horas hombre producto de la operación. En consecuencia, la evaluación del costo real de operación de la flota de recolección de residuos domiciliarios permite a los municipios aproximar de forma precisa el costo real del servicio contratado y por lo tanto permite preparar términos de referencia que garanticen el precio correcto por el servicio licitado.

En este sentido, el proyecto propone diseñar un sistema que será parte de un Paquete Tecnológico que tributaría una venta de servicio en donde se estimen costos reales de operación de flota. En el caso del problema de la basura, dicho servicio consiste en la determinación del costo real de operación de la flota encargada de la recolección de la basura en una comuna. Dicha estimación se lograría a partir de la monitorización telemática de la operación de la flota por un período determinado de tiempo. Los resultados de la monitorización se materializarían en un informe técnico suficiente para los fines de licitación de servicios.

4 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

4.1 Objetivos del Proyecto

4.1.1 Objetivo general del proyecto

Desarrollar módulos para el proyecto SIGECO que permitan estimar el costo real de operación de flota de recolección de residuos sólidos domiciliarios y analizar el cumplimiento de contrato de éste servicio.

4.1.2 Objetivos específicos del proyecto

- Implementar las funciones de data mining y algoritmos para simular el modelo de consumo de combustible.
- Diseñar e implementar una base de datos que permita la integración del modelo de consumo de combustible en el sistema.
- Diseñar e implementar las funciones para la evaluación de cumplimiento de contrato de la flota de recolección de residuos sólidos domiciliarios.

4.2 Ambiente de Ingeniería de Software

4.2.1 Metodología de desarrollo

Para éste proyecto se ha optado por la elección de la metodología de desarrollo de software Evolutiva, ya que con esto se privilegia el desarrollo del sistema, y al ser iterativa permite ir creando versiones del sistema a corto plazo, con lo que se garantiza un mejor control de riesgos asociados al desarrollo. Otro

factor a favor de esta metodología es que se asume que los requerimientos pueden cambiar en cualquier momento, lo que favorece a la inexperiencia en el desarrollo específico del módulo requerido para éste sistema, con lo que es posible tener un mejor control de retrasos para la eventual realización de nuevas tareas requeridas.

4.2.2 Técnicas y notaciones

Se utiliza notación UML, para modelar la arquitectura de la aplicación (bases de datos, procedimientos de almacenado, aplicación web). También se utilizará en primera instancia notación BPN para poder identificar los procesos de negocios implicados en el problema.

4.2.3 Herramientas de apoyo

- **pgAdmin III**: Es la plataforma de administración y desarrollo para PostgreSQL seleccionada por los integrantes del proyecto, tanto de manera local para el desarrollo independiente, como en el servidor final que alojara el proyecto.
- **Putty**: Esta herramienta permitirá realizar conexiones SSH con el servidor en el cual está alojado el sistema, tanto para tareas de administración, como instalación de aplicaciones, extensiones y configuraciones que sean necesarias para el desarrollo de los objetivos planteados.
- **DropBox**: Será utilizado para el intercambio de archivos y para generar respaldos de manera personal en el proceso de desarrollo.
- **TortoiseSVN**: Con esta herramienta se crearán y administrarán los repositorios para el respaldo y actualización de archivos y códigos del

sistema, tanto para el desarrollo individual del equipo, como en el conjunto integrado de éste.

4.3 Definiciones, Siglas y Abreviaciones

- **IEEE 830**: Estándar para la documentación de especificación de requerimiento.
- **Framework**: Nombre dado a los marcos de trabajo usados en el desarrollo de aplicaciones.
- **PHP**: Abreviación de PHP Hypertext Pre-processor, es un lenguaje de programación usado generalmente para la creación de contenidos en páginas web.
- **UML**: Abreviación de Unified Modeling Language (Lenguaje de modelado unificado), es un conjunto de estándares para modelar el desarrollo de un software.
- **MVC**: Modelo vista controlador, patrón de arquitectura de software que separa los datos y la lógica de negocio de una aplicación de la interfaz de usuario y el módulo encargado de gestionar los eventos y las comunicaciones.
- **PDF**: (siglas del inglés Portable Document Format, “formato de documento portátil”) es un formato de almacenamiento para documentos digitales independiente de plataformas de software o hardware.
- **HTTP**: protocolo cliente-servidor que articula los intercambios de información entre los clientes Web y los servidores HTTP.
- **TCP/IP**: Es el protocolo utilizado por todos los ordenadores que ocuparán el sistema, de manera que puedan comunicarse entre sí.

- **PA:** Abreviación utilizada para referirse a Procedimiento Almacenado

- **GPS:** (Global Position System) Sistema que permite localizar la posición de un objeto en el mundo.

- **API:** (Application Programming Interface) Interfaz de programación de aplicaciones.

- **BD:** referencia a Base de Datos

5 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

5.1 Alcances

Los módulos desarrollados para el proyecto SIGECO tendrán las siguientes particularidades:

- Permite el cálculo de consumo de combustible para la flota de camiones que estén almacenadas en la base de datos del GPS para un periodo de tiempo determinado
- Generar informes del consumo de combustible en formato PDF
- Generación de histogramas a partir de la información de los horarios de pasada promedio por calle. Dichos histogramas, contendrán un rango de

hora que corresponderá al horario promedio, también la frecuencia con la que se da ese horario y su probabilidad de ocurrencia, para un día en particular.

- Permitir consultar sobre la probabilidad de ocurrencia de que si una calle será servida a cierta hora.

5.2 Objetivo del Software

5.2.1 Objetivo Global

El sistema procesará la información contenida en las bases de datos mediante el uso de los procedimientos almacenados, con lo cual se busca proveer de información, acerca del consumo de combustible de la flota de recolección de residuos. Además procesara la información contenida en la base de datos, mediante el uso de funciones PHP, con la cual se busca generar los datos de la tabla histograma para su posterior análisis probabilístico.

5.2.2 Objetivos específicos

- Calcular el consumo de combustible para un camión en particular en un periodo determinado de tiempo, para obtener mayor diversificación de resultados sobre los cálculos de consumo, y así lograr un uso más óptimo del procesamiento de datos.
- Mostrar el consumo por zonas mediante el uso de la API de Google, para la entrega de distintas fuentes de información sobre el consumo.
- Generar histogramas para cada calle de la gran Concepción (que pertenecen a las distintas zonas de servicio), para un día en específico de

la semana (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado, domingo) y un rango de hora en específico.

- Permitir obtener la probabilidad de ocurrencia de si una calle será servida a cierto horario.

5.3 Descripción Global del Producto

5.3.1 Interfaz de usuario

La interfaz para el módulo de consumo de combustible está basada en el Layout que proporciona el Framework Yii 2, al igual que todo el sistema web.

Por lo cual contendrá siguientes componentes básicos:

- Banner del sistema
- Barra horizontal de menú
- Menú lateral de navegación
- Contenedor principal
- Pie de página

Los componentes esenciales que se han designado para el Layout del informe de consumo de combustible generado en PDF, son los siguientes:

- Periodo en el cual se ha calculado el consumo
- Precio del combustible
- Gasto en pesos
- Consumo en Litros
- Patente del camión
- Nombre del conductor
- Zona a la cual pertenece la flota
- Tipo de flota

- Total consumido

Los componentes esenciales que se han designado para el Layout del histograma que se mostrarán por pantalla son los siguientes:

- Día
- Frecuencia
- Rangos de horas
- Probabilidad
- Nombre de la calle

Además contará con un formulario para el cálculo de probabilidad para una calle dada, y tendrá el siguiente Layout:

- Hora
- Calle a consultar

El resultado de la consulta se mostrará con el siguiente esquema:

- Hora
- Calle a consultar
- Día
- Probabilidad de ocurrencia

5.3.2 Interfaz de Hardware

Dado que las operaciones realizadas por el sistema serán cálculos con grandes volúmenes de información se recomienda realizar el montaje sobre un servidor con características profesionales básicas, como referencia se indican las siguientes propiedades:

- Procesador Intel® Xeon® E5-2403
- Memoria de 8GB
- Dos discos duros de 1TB SATA

5.4 Requerimientos Específicos

5.4.1 Requerimientos funcionales del sistema

Seguidamente se presentan los requerimientos funcionales del sistema.

Id	Nombre	Descripción
01	Login	El software debe verificar si el usuario y contraseña son correctos. Debe permitir una cierta cantidad de dígitos.
02	Cálculo de Consumo de combustible	Se realiza el cálculo del consumo de combustible, a partir de los datos obtenidos en un formulario.
03	Cálculo de Probabilidad.	Se realiza el cálculo de la probabilidad de ocurrencia, que ha cierta hora sea servida una calle.
04	Histogramas	Se generan los datos de la tabla histograma.

Tabla 1: Requerimientos Funcionales

5.4.2 Interfaces externas de entrada

Identificador	Nombre del ítem	Detalle de datos contenidos en ítem
FE_01	Fecha de inicio	Tipo de dato Timestamp, que almacena el inicio del intervalo que se quiere medir
FE_02	Fecha de término	Tipo de dato Timestamp, que

		almacena el fin del intervalo que se quiere medir.
VA_01	Valor de combustible	Valor ingresado que otorga el precio de combustible.
H_01	Hora a consultar	Tipo de dato Time, que almacena la hora de servicio a consultar de la cual se calculara su probabilidad de ocurrencia en cierta calle.
CA_01	Calle a consulta	Tipo de dato text, que almacena las coordenadas espaciales que se captaran a través del dispositivo del usuario.
ZO_01	Zona a consultar	Corresponde al nombre de la zona de la cual se generar los histogramas para cada calle que corresponda.

Tabla 2: Interfaces externas de entrada

5.4.3 Interfaces externas de salida

Identificador	Nombre del ítem	Detalle de datos contenidos en ítem	Medio salida.
RE_01	Generador de reportes PDF	Fecha de inicio, fecha de término, valor del combustible, patente, conductor,	Exportación PDF, Pantalla.

		flota, tipo, Consumo en litros, Gasto (\$)	
GH_01	Generador histogramas de una zona	Calle, Día, Rangos de horas, Frecuencia, Probabilidad.	Exportación PDF, Pantalla.
CP_01	Consulta Probabilidad	Día, hora, Calle, probabilidad de ocurrencia.	Pantalla.

Tabla 3: Interfaces externas de salida

5.4.4 Atributos del producto

Basándonos en el modelo estándar para la evaluación de calidad ISO/IEC 9126, podremos definir los siguientes atributos del producto:

- USABILIDAD - OPERABILIDAD:

El sistema debe mostrar una interfaz amigable que sea intuitiva a simple vista, con módulos compactos y con un menú claro para que el usuario logre usar los módulos del sistema sin mayores complicaciones.

El sistema deberá emitir alertas claras y precisas cuando se ingrese algún dato erróneo, de manera que el usuario logre entender el error claramente, por qué ocurrió este error y entregarle una solución.

- EFICIENCIA - TIEMPO DE EJECUCIÓN/RESPUESTA:

El sistema debe garantizar un tiempo de carga inferior a 100 segundos (al procesar consultas que implican analizar más de 11000 tupla en la base de datos) considerando una conexión de red de velocidad estándar de 15 Mbyte/s.

- FUNCIONALIDAD-SEGURIDAD.

El sistema deberá controlar el acceso a la funcionalidad con un usuario y password Módulo de consumo de combustible

6 MÓDULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

6.1 Descripción del problema

Uno de los principales objetivos del proyecto SIGECO es poder entregar información precisa a la Ilustre Municipalidad de Concepción, sobre cuál es el consumo efectivo de combustible que realiza la flota de recolección de residuos domiciliarios dentro de la comuna.

Para tal propósito es que se presenta un modelo matemático ya implementado, que será la base para el desarrollo de éste módulo en el sistema, puesto que presenta la estructura matemática que es necesaria para realizar el cálculo de consumo de combustible para un vehículo, basado en parámetros estáticos y dinámicos, o en términos más informáticos, constantes y variables, que deben ser calculadas por definición, mediante la implementación de un algoritmo matemático, o simplemente extraer los parámetros desde la base de datos, según corresponda, dependiendo de la declaración de cada parámetro que compone el modelo. Sumado a ello es necesario considerar que el abastecimiento de información para el cálculo de consumo, proviene del sistema de GPS que proporciona los datos de posicionamiento de cada vehículo que pertenece a la flota, esto se traduce en una enorme cantidad de datos que se van registrando de manera constante. Para ello se debe diseñar un algoritmo capaz de realizar el cálculo de consumo para cada posición que esté registrada en el sistema durante un intervalo de tiempo determinado, esto quiere decir, que sea capaz de obtener el costo de consumo de la flota durante un periodo que puede variar entre una semana, un mes, un año, etc. Finalmente se deben estos datos en un informe que pueda ser obtenido mediante el uso del sistema SIGECO.

6.2 Solución propuesta

Para dar cumplimiento a este objetivo, primeramente se debe realizar un estudio acabado del modelo matemático que define el cálculo de consumo de combustible, con el fin de conocer completamente su estructura. Luego de éste trabajo de estudio y análisis, es necesario realizar la definición de los parámetros del modelo, con el fin de conocer que componente será necesario calcular y cual será necesario extraer de la base de datos.

Definido lo anterior es posible realizar el desarrollo a nivel de programación con los lenguajes y herramientas expuestas a lo largo de éste documento, para finalizar con la integración de un módulo en el proyecto SIGECO, que proporciona

información del costo asociado al consumo de combustible que realiza la flota de recolección de residuos domiciliarios en un periodo de tiempo determinado.

6.3 Modelo Matemático

La base teórica para la implementación del módulo de consumo de combustible en el sistema SIGECO, la otorga un modelo matemático presentado en el proyecto de título [10] del Ingeniero Leandro Gayozo, y es denominado Virginia Tech – Comprehensive Power Based Fuel Consumption Model (VT-CPFM, de sus siglas en inglés).

La estructura del modelo es la siguiente:

$$FC(t) = \begin{cases} \alpha_0 + \alpha_1 P(t) + \alpha_2 P(t)^2 & \forall P(t) \geq 0 \\ \alpha_0 & \forall P(t) < 0 \end{cases}$$

Ilustración 9: Ecuación 1 Modelo de consumo

Donde α_0 , α_1 y α_2 son parámetros que se calibran en específico para cada vehículo, $P(t)$ corresponde a la potencia requerida por el motor (kW), su modelo se expresa como sigue:

$$P(t) = \left(\frac{R(t) + (1 + \gamma)ma(t)}{3600\eta_d} \right) v(t)$$

Ilustración 10: Ecuación 2 Modelo de consumo

Donde:

γ Factor rotacional de masa, 0.04 para vehículos livianos y 0.1 para vehículos pesados

m Masa del vehículo (kg)

η_d Eficiencia de transmisión mecánica

$a(t)$ Aceleración instantánea (m/s²)

$v(t)$ Velocidad instantánea (m/s)

$R(t)$ Fuerzas resistentes (N)

La expresión para $R(t)$ se define como sigue:

$$R(t) = R_a + R_{r1} + R_g$$

Ilustración 11: Ecuación 3 Modelo de consumo

Donde:

R_a Resistencia aerodinámica

R_{r1} Resistencia a la rodadura

R_g Resistencia debido a la inercia.

Desarrollando cada uno de los términos de esta ecuación, se tiene la siguiente expresión:

$$R(t) = \frac{\rho}{25.92} C_D C_h A_f V^2 + 9.8066m \frac{C_r}{1000} (c_1 v(t) + c_2) + 9.8066mG$$

Ilustración 12: Ecuación 4 Modelo de consumo

Donde,

Donde:

ρ = Densidad del aire al nivel del mar y a 15°C, (1.2256 kg/m³).

C_D = Coeficiente de arrastre (sin unidades).

C_h = Factor de corrección en función de la altitud, se calcula como:

$C_h = 1 - 0.085H$, Donde H corresponde a la altitud en Km.

A_f = Área frontal (m²)

V = Velocidad del vehículo (km/h).

m = Masa del vehículo

C_r = Coeficiente de fricción de rodadura

c_1 = Parámetro que varía en función del tipo de neumático

c_2 = Parámetro que varía en función del tipo de neumático

$v(t)$ = Velocidad del vehículo (km/h).

6.3.1 Definición de Parámetros

Los parámetros necesarios para la implementación del modelo VT-CPFM usado en el módulo que calcula el consumo de combustible se presentan de forma inicial como los valores medios obtenidos de las pruebas empíricas presentadas en *Edwardes, 2014* [11], utilizando la base de datos de Altoona Bus Research and Testing Center.

Dichos valores son los que se presentan a continuación:

Parámetros	α_0	α_1	α_2
Valores	1.04E-03	5.50E-05	6.84E-08

Tabla 4: Parámetros Ecuación 1

Los valores presentados para cada uno de estos parámetros son los que serán utilizados en la implementación del modelo de consumo. Cabe señalar que con éstos valores se estima además una velocidad óptima de operación en torno a los 47 Km/h.

Los parámetros para la Ecuación 4 se definen como sigue:

Parámetros	m	C_D	C_h	A_f	C_r	c_1	c_2	ρ
Valores	14000	0.75	1	4	1.5	0.0328	4.575	1.2256

Tabla 5: Parámetros Ecuación 4

6.4 Estructura de desarrollo

Definido el modelo matemático, además de sus constantes y variables, es posible comenzar con la definición de los Procedimientos almacenados (PA) que conformaran la estructura del modelo en el sistema. Para ello, se ha decidido plantear la problemática global de esta implementación, con sub-problemas que resuelvan de manera particular, cada requerimiento que conforma el modelo matemático en sí.

Debido a que el modelo de consumo es una función matemática, es mucho más simple diferenciar los elementos que la componen, para así desarrollar de manera diferenciada cada uno de éstos elementos, es decir, se diseña el desarrollo de un PA exclusivo para el cálculo de, por ejemplo, la aceleración, que forma parte de la función matemática del modelo. Teniendo en cuenta lo anterior podemos extraer cada componente excluyente del modelo, particularmente de la *Ecuación 2* y *Ecuación 3*, debido a que son las funciones principales para el cálculo del consumo y además son las únicas que dependen de variables y no de constantes, como quedo definido en la sección anterior.

De manera explícita se puede identificar 1 variable a calcular para cada Ecuación, entonces se tiene:

- Ecuación 2: Cálculo de Aceleración.
- Ecuación 3: Cálculo de Pendiente.

Dentro de estas variables existen otros parámetros que deben ser obtenidos de manera implícita, los cuales serán desarrollados a lo largo de éste capítulo.

6.4.1 PA de cálculo de aceleración

Para el cálculo de esta primera variable debemos considerar que en la definición del modelo, se define de manera explícita como el cálculo de la *aceleración instantánea*, cuya fórmula es la siguiente:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

Ilustración 13: Aceleración Instantánea

Ésta define a la aceleración, como el límite cuando el tiempo tiende a cero de la variación de la velocidad con respecto al tiempo, o lo que es idéntico, la derivada de la velocidad con respecto al tiempo. Ahora, analizando los parámetros requeridos, resulta complejo considerar el desarrollo de un procedimiento almacenado que cumpla con la definición anterior, es por ello que para esta implementación del modelo de consumo, se considerará la definición de la *aceleración media o promedio*, en vez de la *aceleración instantánea* definida en el modelo matemático, y cuya fórmula es la siguiente:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0}$$

Ilustración 14: Aceleración Media

Expuesto lo anterior, se puede definir que, el procedimiento almacenado de cálculo aceleración, contendrá un algoritmo que obtenga la aceleración media de un camión de la flota de recolectores en un momento determinado.

Es importante considerar que la resolución de éste algoritmo conlleva algo más complejo que sólo el cálculo de la fórmula matemática expresada anteriormente. Es evidente que el cálculo de la formula tiene que ser alimentado con los parámetros de velocidad y tiempo de los camiones recolectores, que son proporcionados por la base de datos. Para ello es importante implementar los distintos casos que pueden surgir al realizar la labor de extracción de estos parámetros para que el desarrollo del algoritmo de cálculo de aceleración resulte eficiente.

6.4.2 PA de cálculo de pendiente

Para el desarrollo de éste procedimiento almacenado es necesario considerar múltiples factores de análisis. El primero de ellos corresponde al momento de analizar que los valores matemáticos de las pendientes necesarios para el cálculo de consumo de combustible mediante la utilización del modelo, están asociados a una calle en particular almacenada en una tabla de la base de datos del sistema, esto debido a que para obtener el valor e implementarlo al modelo es necesario asociar cada posición almacenada de los camiones

recolectores, a la calle a la cual corresponda esa posición para posteriormente obtener el valor de la pendiente.

Es por ello que el real esfuerzo del algoritmo se concentra en realizar una correcta asociación entre la posición almacenada por el sistema GPS y la calle a la cual debería pertenecer esa posición, para así obtener el valor de pendiente que está vinculado con esa calle en la base de datos del sistema.

El siguiente es un esquema muestra los datos que son necesarios para éste propósito.

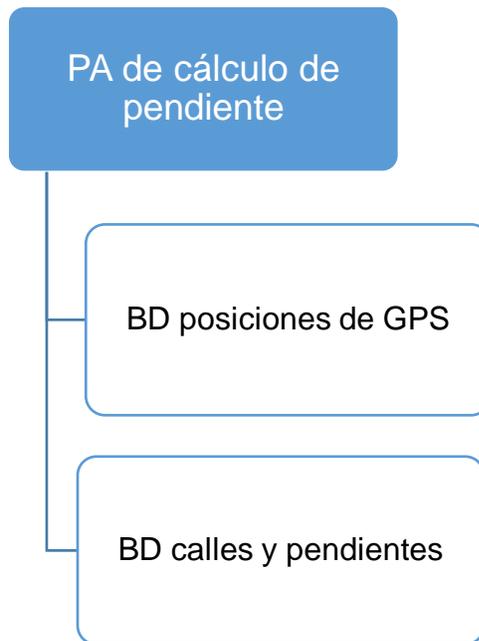


Ilustración 15: Esquema PA de aceleración

A continuación se presentan cada uno de los casos que han sido evaluados para la asociación entre los posibles puntos almacenados por el GPS y cuál sería su calle asociada para la obtención del valor de su pendiente, además de su respectivo planteamiento para la solución:

- **Caso 1:** Caso ideal en cual las coordenadas registradas del punto en un momento determinado pertenecen a una calle en particular.



Ilustración 16: Caso 1 PA aceleración

Solución: En éste ejemplo en particular la posición del GPS correspondería inequívocamente a la calle Caupolicán, por lo tanto simplemente se asociaría el valor de la pendiente de esa calle.

- **Caso 2:** La posición registrada no corresponde a ninguna calle almacenada.



Ilustración 17: Caso 2 PA aceleración

Solución: En éste caso podemos apreciar que el punto registrado no se encuentra en ninguna calle específicamente, por tanto, la solución para ello es asociarle la calle más cercana a ése punto considerando además la dirección que lleva el vehículo.

- **Caso 3:** Corresponde a la eventualidad en que el punto obtenido se encuentre en la intersección de dos calles.



Ilustración 18: Caso 3 PA aceleración

Solución: En la ilustración se refleja el caso en que un punto se encuentre en la intersección de las calles Aníbal Pinto y Manuel Bulnes. Éste caso al igual que el anterior requiere del análisis de la dirección del vehículo para poder conocer cuál es la calle por la cual está transitando y así obtener su pendiente.

6.4.3 Sentido del móvil

Dado los casos expuestos anteriormente, podemos observar que la determinación del sentido en el cuál se está desplazando el móvil juega un papel fundamental para la correcta implementación de las soluciones planteadas. Para ello es necesario considerar la información almacenada por el sistema GPS que nos otorga el sentido del vehículo en un punto determinado medida en grados sexagesimales.

Con esta información es posible dar solución a las problemáticas planteadas en la sección anterior y además obtener cuál será el sentido de la pendiente en función de la dirección del camión. Para ello se debe establecer una relación entre el sentido del móvil y el sentido de la calle por la cual está

transitando considerando un sistema común. Para éste trabajo se considera la relación existente entre los grados sexagesimales y los puntos cardinales definido en la siguiente ilustración:

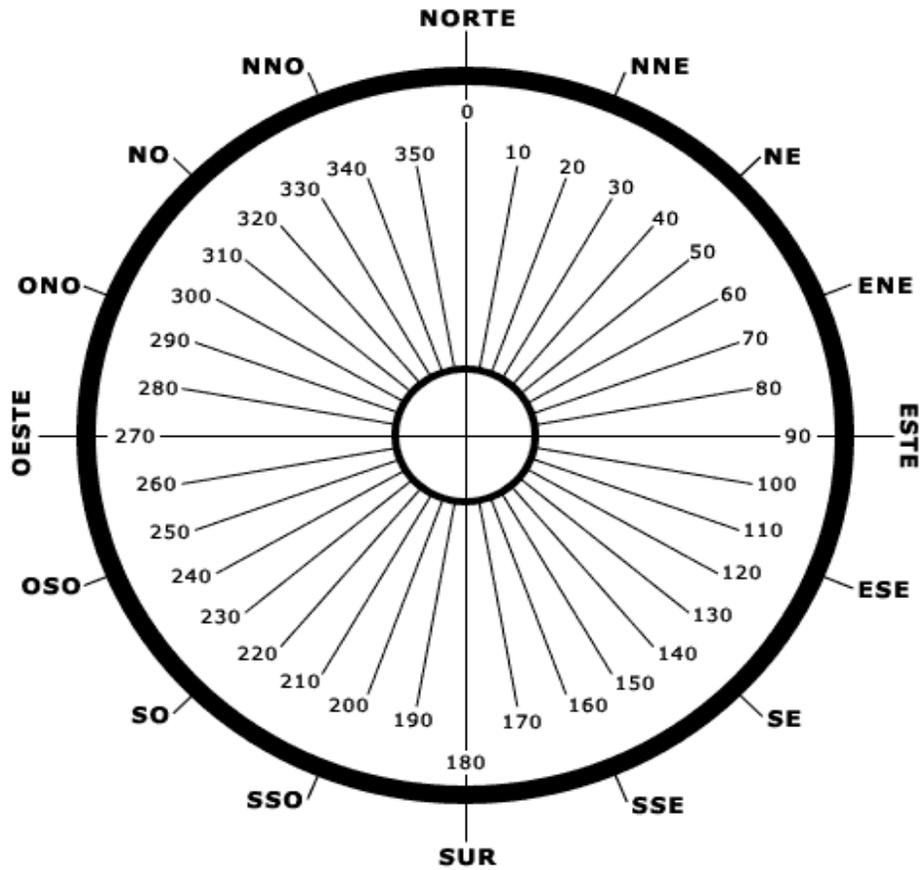


Ilustración 19: Puntos cardinales

Con ello es posible determinar con exactitud si existe una concordancia entre el sentido del móvil y el sentido de la calle por la cual está transitando con el fin de establecer si el signo de la pendiente de la misma será positivo, en el caso de que concuerden, o negativo en caso contrario.

7 ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE CONTRATO

Éste capítulo está destinado a la documentación del estudio y desarrollo que hay detrás del análisis del cumplimiento de contrato que existe entre la Ilustre municipalidad de Concepción y la empresa que brinda servicios de operación de flota de camiones recolectores de residuos domiciliarios.

Primeramente se definen los conceptos teóricos involucrados para el desarrollo del análisis, que tiene su raíz en el uso de la estadística descriptiva para dar interpretación y uso, a los datos históricos de posicionamiento de la flota de recolección de residuos de la comuna de Concepción almacenados en bases de datos, información base desarrollar los algoritmos que forman parte de éste módulo del proyecto SIGECO.

7.1 Conceptos

7.1.1 Estadística

La estadística es una ciencia formal y una herramienta que estudia el uso y los análisis provenientes de una muestra representativa de datos, busca explicar las correlaciones y dependencias de un fenómeno físico o natural, de ocurrencia en forma aleatoria o condicional [11].

Es utilizada tanto en el ámbito social como científico, se usa para poder describir un fenómeno a través del tiempo, con una sucesión de datos regresivos. Dichos datos pueden tener carácter continuo o discreto, dependiendo de la situación que se quiera representar varia su uso.

Gracias a la estadística se pueden tomar decisiones, a partir de comportamientos de algún fenómeno en el pasado. En el proyecto se utiliza especialmente la estadística descriptiva, pues se cuentan con datos históricos, de los recorridos de las distintas zonas y sus horarios de servicio.

La estadística descriptiva se ve representada , en los datos contenidos en las tablas de promedios de hora de pasa por cierta calle, en la tabla histogramas, la cual contiene la distribución de horas de servicio, por una cuadra en específico.

Los datos estadísticos en nuestro proyecto, constan fundamentalmente, de la información de las calles, las posiciones de los camiones en un determinado tiempo, dichos datos representan los recorridos hechos por los camiones que sirven las distintas zonas del gran concepción.

A partir de estos datos se busca, generar información valiosa, para mejorar el control del cumplimiento del contrato para una flota de camiones recolectores de residuos.

7.1.2 La media

En matemáticas y estadística, la media aritmética (también llamada promedio o simplemente media) de un conjunto finito de números es el valor característico de una serie de datos cuantitativos objeto de estudio que parte del principio de la esperanza matemática o valor esperado, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos [12].

La media es la unidad fundamental de dato que nos indica la hora promedio de servicio de una calle. Sobre dicho dato, se calcula la frecuencia con la que se da este hecho y además su probabilidad de ocurrencia.

La media toma importancia, cuando hay poca dispersión en los datos vale decir que hay poca diferencia en el valor mínimo (hora promedio mínima para un día) y el valor máximo.

En nuestro caso la media se calcula con la hora promedio por día, por ejemplo se calcula para un día martes, obteniendo todos los puntos (posiciones de los camiones), que están contenidos en una calle en particular, luego se suman las horas que se obtiene por el GPS, y se dividen la por la cantidad de puntos que están contenidos en la calle a analizar. También se toma en cuenta que dichos puntos, correspondan a camiones que estén sirviendo la zona, pues en caso contrario no se consideran para el cálculo

7.1.3 Histograma

En estadística, un histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados, ya sea en forma diferencial o acumulada. Sirven para obtener una "primera vista" general, o panorama, de la distribución de la población, o la muestra, respecto a una característica, cuantitativa y continua, de la misma y que es de interés para el observador (como la longitud o la masa) [13].

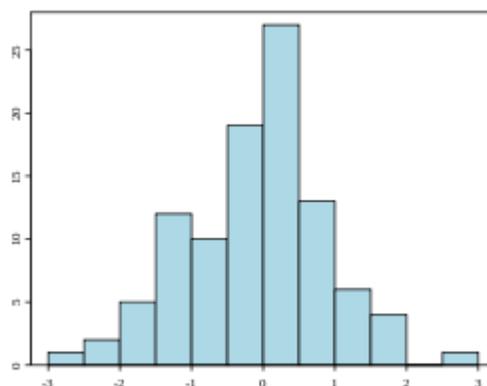


Ilustración 20: Histograma

Ofrece una visión general de la hora de pasa por cada calle, durante la semana. Sirve para identificar las distintas tendencias, dispersiones de los datos.

En el proyecto el histograma muestra principalmente la frecuencia con la que se da un cierto rango de hora (en el eje vertical), con respecto al horario promedio de servicio de una calle, es decir, representa la frecuencia del horario de pasa del camión por una cierta calle, como también la probabilidad de ocurrencia de ese evento.

Las frecuencias se agrupan en intervalos de clases (continuos) que son los distintos horarios, en los que se da el servicio a una calle determinada un día de la semana (lunes, martes, miércoles etc.)

7.1.4 Frecuencia

Frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Para calcular la frecuencia de un suceso, se contabilizan un número de ocurrencias de este teniendo en cuenta un intervalo temporal, luego estas repeticiones se dividen por el tiempo transcurrido [14].

En el problema a analizar, la frecuencia representa al número de días (las distintas fechas registradas) que se sirvió una cuadra, en un rango de hora y un día (Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sábado, Domingo) determinados. Sirve para determinar cuántas vez ocurrió un evento que está definido por su dimensión temporal (hora, y día) y espacial (la calle).

7.1.5 Probabilidad

La probabilidad es un método por el cual se obtiene la frecuencia de un acontecimiento determinado mediante la realización de un experimento aleatorio, del que se conocen todos los resultados posibles, bajo condiciones suficientemente estables [15].

El campo de aplicación de la probabilidad es fundamentalmente, en áreas que se requiera predecir algún comportamiento, por ejemplo en la estadística, a partir de una evidencia histórica se puede calcular la probabilidad de algún hecho.

Se define como la cantidad de casos favorables dividido entre la cantidad de casos posibles. En nuestro problema los casos favorables son la frecuencia que tiene un determinado rango de hora, día para una cuadra.

Los casos posibles vendrían siendo la cantidad total de frecuencia que se pueden dar en las distintas marcas de clase (rangos de hora) durante un día para una cuadra determinada.

7.1.6 Probabilidad condicionada

Probabilidad condicional es la probabilidad de que ocurra un evento A, sabiendo que también sucede otro evento B. La probabilidad condicional se escribe $P(A|B)$, y se lee «la probabilidad de A dado B» [16].

En nuestro problema se planteó de la siguiente forma.

Se definen los siguientes eventos:

Sea A: cuando el camión pasa por el punto p1 en T_1

B: Cuando el camión pasa por el punto p2 en T_2

Entonces se tiene

$P(A)$: como la probabilidad de pasar por p1.

$P(B)$: como la probabilidad de pasar por p2.

$P(A/B)$: probabilidad de pasar por p1 dado que pasa por p2.

Se puede apreciar en la probabilidad condicional, no tiene por qué existir una relación causal o temporal, ya que esto se puede definir en el mismo evento, es decir, es independiente de la causa o tiempo.

7.1.7 Teorema de Bayes

En términos más generales y menos matemáticos, el teorema de Bayes expresa la probabilidad condicional de un evento aleatorio A dado B en términos de la distribución de probabilidad condicional del evento B dado A y la distribución de probabilidad marginal de sólo A y su definición es la siguiente:

Sea $\{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$ un conjunto de sucesos mutuamente excluyentes y exhaustivos, y tales que la probabilidad de cada uno de ellos es distinta de cero

(0). Sea B un suceso cualquiera del que se conocen las probabilidades condicionales $P(B|A_i)$. Entonces, la probabilidad $P(A_i|B)$ viene dada por la expresión:

$$P(A_i|B) = \frac{P(B|A_i)P(A_i)}{P(B)}$$

Ilustración 21: Teorema de Bayes [18]

Donde:

$P(A_i)$: son las probabilidades a priori.

$P(B|A_i)$: es la probabilidad de B en la hipótesis A_i .

$P(A_i|B)$: son las probabilidades a posteriori.

En nuestro problema, se utiliza teorema de Bayes, pues se cuentan con datos estadísticos, de los cuales podemos calcular la probabilidad de los eventos a analizar, a partir de información obtenida empíricamente, se puede estimar el horario de pasa de un camión a futuro. Pues se cuenta con las distribuciones de probabilidades, tanto para el evento A Y B , así como la probabilidad de A dado B que corresponde a otro dato histórico.

7.2 Descripción del Problema

El análisis de cumplimiento de contrato consiste, básicamente, en facultar a los fiscalizadores de la flota de recolección de residuos domiciliarios de información que les permitan corroborar fehacientemente, que existe cumplimiento del contrato que rige la prestación de servicios entre la municipalidad y la empresa proveedora de éste.

Actualmente la municipalidad de Concepción cuenta con escasa formas de realizar un control sobre el cumplimiento de horarios que deben ser servidos en las diferentes zonas de servicios que recorre la flota de recolección de residuos domiciliarios, es por ello que dentro de las múltiples aristas que pueden surgir al

realizar un análisis del contrato, se ha optado para éste proyecto, enfocarse en el cumplimiento de horario de la flota basándose en un estudio probabilístico que permita predecir, en función de un comportamiento histórico, cuál será la probabilidad de llegada de un camión perteneciente a la flota de recolección a una hora determinada a consultar. Para comprender mejor la problemática observar el siguiente ejemplo ilustrado:

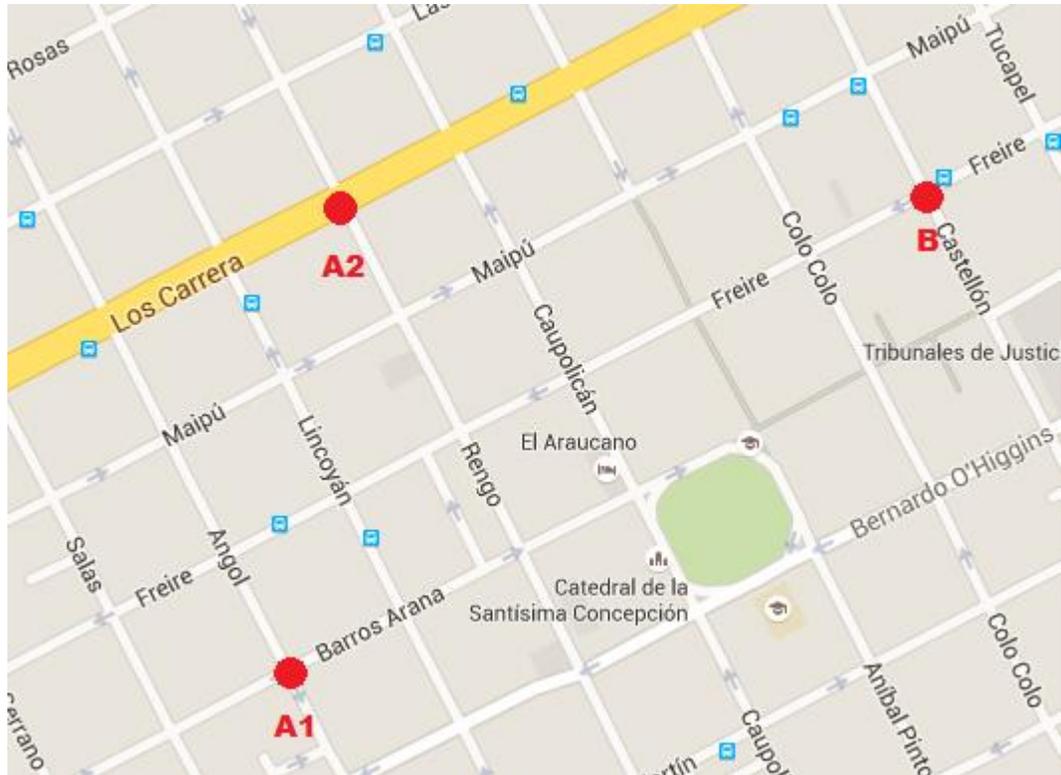


Ilustración 22: Problemática análisis de contrato

En la ilustración anterior observamos dos puntos A1, A2 que representan la posición de 2 camiones distintos en un tiempo determinado X , y un tercer punto B que representa la posición eventual de llegada en un tiempo determinado Y , la pregunta a resolver en éste ejemplo sería, cuál de los dos camiones tiene la mayor probabilidad de llegada al punto B en el tiempo Y .

La problemática planteada anteriormente mediante el ejemplo, es la base del desarrollo de éste capítulo introducido con los conceptos estadísticos necesarios para la correcta comprensión de su resolución.

7.3 Solución Propuesta

Para dar solución a la problemática planteada se propone un análisis estadístico de los recorridos históricos de los camiones por las distintas zonas de servicio, para éste propósito se estudió y calculo los histogramas que se generaban de las distintas zonas. Dichos histogramas contienen los distintos rangos de horarios de pasada por cada calle, la frecuencia que se da en cada caso y su probabilidad de ocurrencia. Para finalmente relacionar la información histórica de los histogramas con la situación actual, para así predecir si ocurrirá el evento y con qué probabilidad.

La lógica está en que a partir del comportamiento de servicio que se tiene de una zona, poder predecir lo que ocurrirá en el futuro cercano, entonces es necesario primeramente generar el histograma de las rutas recorridas y a partir de esto, mediante el uso del teorema de Bayes, obtener la probabilidad de ocurrencia de éste evento, con el fin de plasmar esto en información como una herramienta de apoyo a la fiscalización del cumplimiento de contrato dentro del sistema SIGECO.

7.4 Estructura de Desarrollo

La base para el desarrollo de la solución sobre la problemática del módulo de consumo de combustible, está dada en función de la definición del teorema de Bayes expuesta previamente en éste capítulo. Esto quiere decir que los algoritmos a desarrollar en esta problemática se centran en la obtención y recopilación de datos que entreguen la información necesaria para poder implementar el teorema, en base a la problemática descrita anteriormente.

Considerando lo anterior es que seguidamente, se definen las secciones más relevantes para la obtención de la probabilidad basada en el Teorema de Bayes:

- **Generación de Histogramas:** Los Histogramas son una parte fundamental para concebir la implementación del Teorema de Bayes, puesto que son los que proporcionan la información del comportamiento histórico de la flota de recolección de residuos, en función de la frecuencia de pasada por las distintas calles que componen su ruta de servicio. Es por ello que es de especial importancia realizar una correcta implementación de estos datos, puesto que son la base para realizar los demás cálculos que conforman la estimación probabilística que se espera obtener para éste módulo.
- **Cálculo de Probabilidad:** Para el cálculo de probabilidad elemental, es decir, la representación de un evento puntual, se considera la información generada por los histogramas y la siguiente definición:

$$P(A) = \frac{f}{n}$$

Ilustración 23: Ecuación de Probabilidad

Donde,

f : Es la frecuencia del evento A

n : Es número de ocurrencia del evento A

- **Cálculo de Probabilidad Condicional:** Para la obtención de la probabilidad condicionada es necesario generar un algoritmo en base a la siguiente definición:

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

Ilustración 24: Ecuación Probabilidad Condicional

8 ANÁLISIS

8.1 Diagrama de Flujo de Datos

DFD de contexto

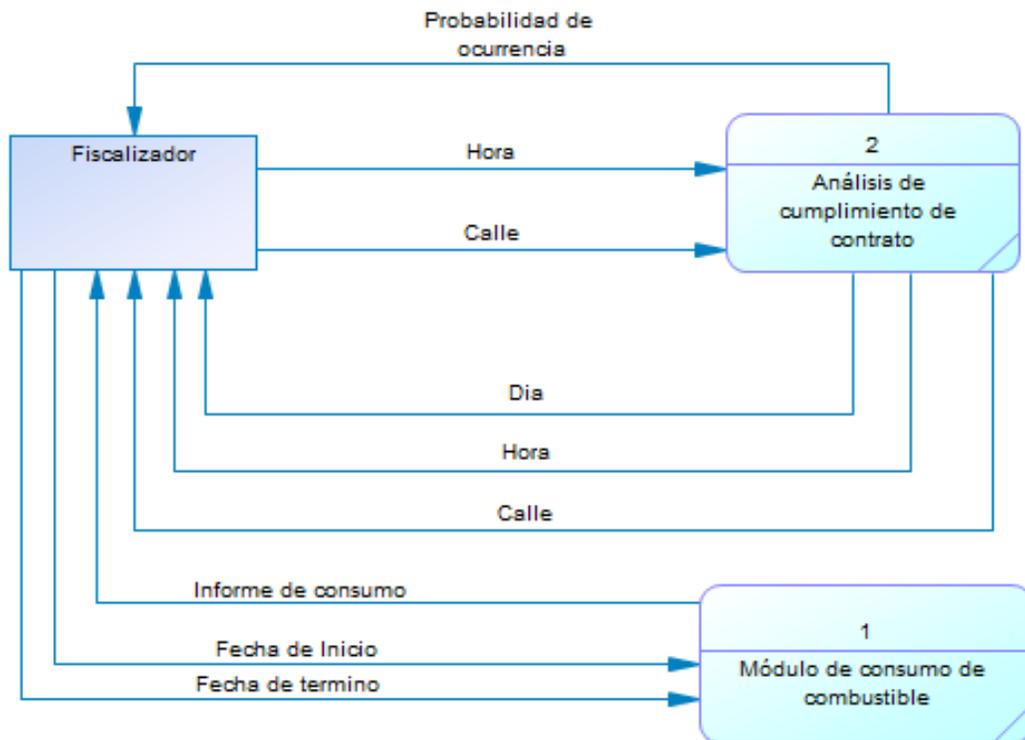


Ilustración 25: DFD de contexto

DFD de nivel superior

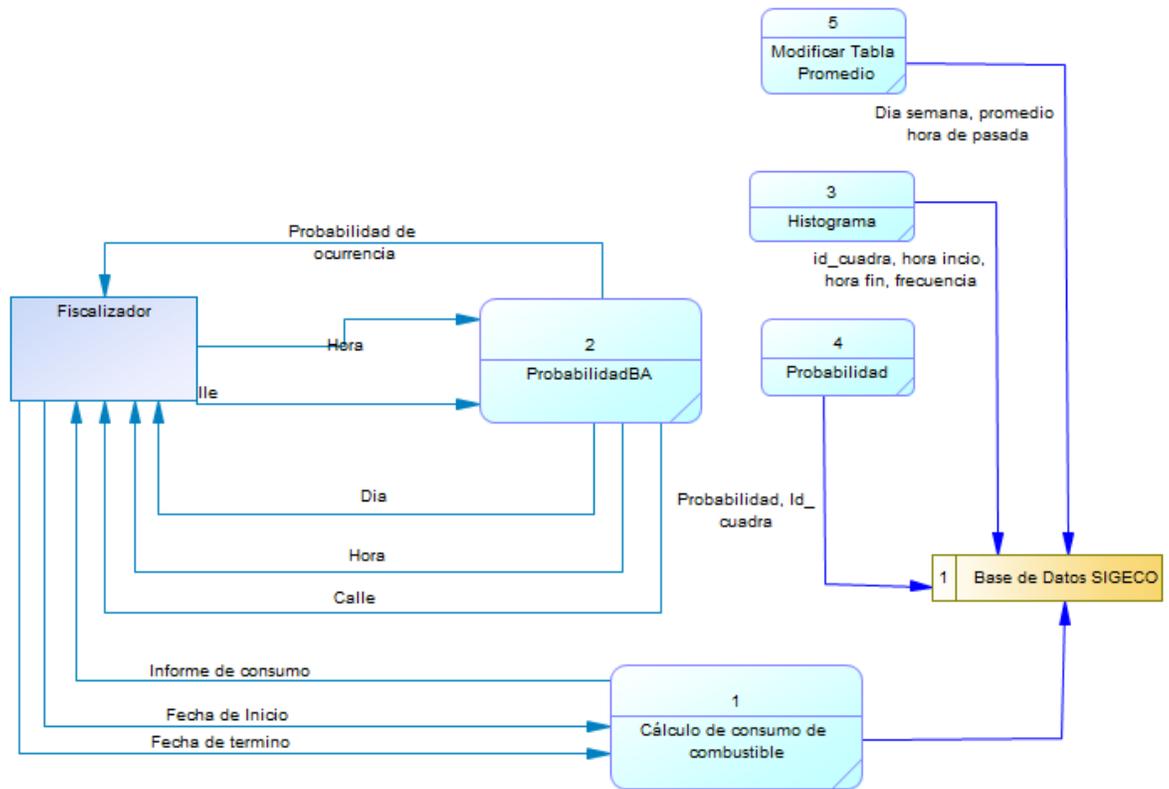


Ilustración 26: DFD de nivel Superior

DFD de detalle (Modulo de Consumo)

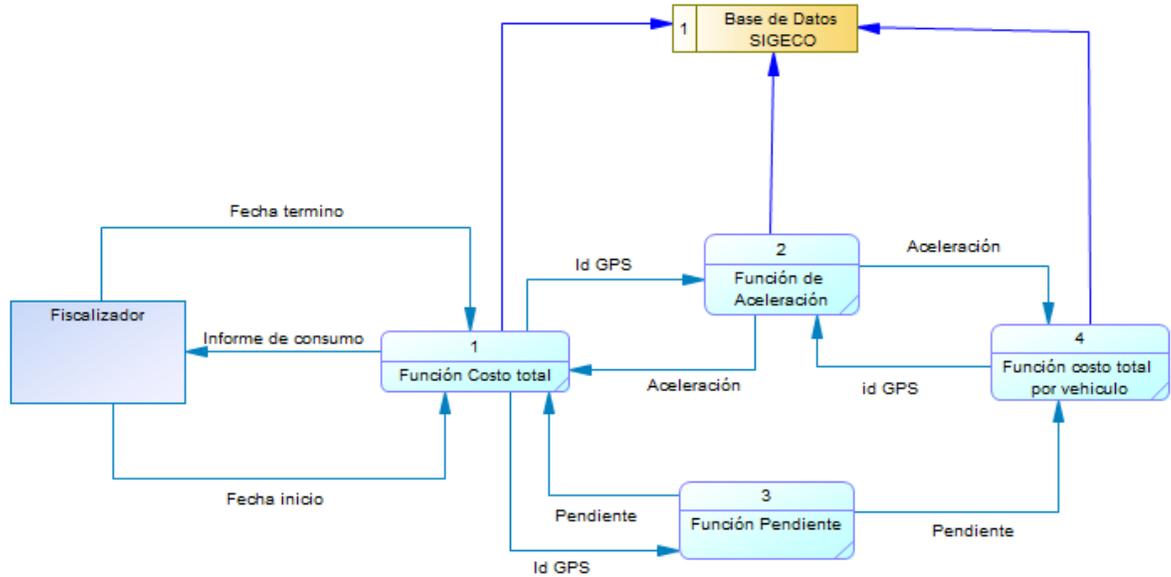


Ilustración 27: DFD de detalle

Datos elementales

- Fecha de inicio: fecha de inicio sobre la cual se realiza el cálculo; tipo de dato: TimeStamp.
- Fecha de término: fecha de término sobre la cual se realiza el cálculo; tipo de dato: TimeStamp.
- Calle a consultar: Corresponde a la calle a consultar, sus coordenadas espaciales; tipo de dato: Text.
- Hora a consultar: Hora en la que pasa el camión recolector de residuos, por la calle a consultar, siempre debe ser superior a la hora actual; tipo de dato: Time.
- Día: Día actual en el que se realiza la consulta; tipo de dato: date.
- Hora: es la hora consultada; tipo de dato: Time.

- Calle: es la calle a consultar (nombre); tipo de dato: Text.
- Probabilidad de ocurrencia: es la probabilidad de que el camión pase por la calle a la hora a consultar; Tipo de dato: Float.
- Dia_semana: corresponde a un nombre de cualquier día de la semana; Tipo de dato: character varying.
- promedio_hora_pasada: Corresponde a la hora promedio de pasa de un camión por una calle durante un día; Tipo de dato: Time.
- Id_cuadra: corresponde al identificador único de las calles en la base de datos; Tipo de dato: Serial.
- Hora_inicio: Corresponde límite inferior en el intervalo de hora que se establece en la tabla histograma; Tipo de dato: Time.
- Hora_fin: Corresponde límite superior en el intervalo de hora que se establece en la tabla histograma; Tipo de dato: Time.
- Frecuencia: Es la frecuencia que está presente en cada intervalo de hora, presentes en la tabla histograma; Tipo de dato: Integer.
- Probabilidad: es la probabilidad que está presente en cada intervalo de hora, presentes en la tabla histograma; Tipo de dato: Integer.
- Info_zona_servicio: contiene toda la información de la zona de servicio, que corresponde con la calle a consultar; Tipo de dato: Text.
- Info_posicion: Contiene toda la información de las posiciones de los vehículos, que están sirviendo en la zona al momento de realizar la consulta; Tipo de dato: Text.
- Info_cuadras: Contiene toda la información de las cuadras que, corresponde a la zona de servicio a analizar; Tipo de dato: Text

Flujos de datos

Nombre	Alias	Abreviatura o id	Descripción	Origen	Destino
Fecha de inicio	Fecha de inicio	01	Fecha de inicio contemplada para efectos de calculo	Fiscalizador	Función consumo total, función de consumo total por vehículo
Fecha de termino	Fecha de termino	02	Fecha de término contemplada para efectos de calculo	Fiscalizador	Función consumo total, función de consumo total por vehículo
Informe de consumo	Informe de consumo	03	Informe que contiene información del consumo por vehículo, n un rango de fechas determinado	Función consumo total, función de consumo total por vehículo	Fiscalizador
Id_gps	Id_gps	04	Es un identificador que representa la posición espacial temporal de un vehículo.	Función consumo total, función de consumo total por vehículo	Función aceleración, Función pendiente final
Calle a consultar	Calle a consultar	05	Corresponde a la calle a consultar, sus coordenadas espaciales (latitud y longitud)	Fiscalizador	ProbabilidadBA
Hora a consultar	Hora a consultar	06	Hora en la que pasa el	Fiscalizador	ProbabilidadBA

			camión recolector de residuos, por la calle a consultar, siempre debe ser superior a la hora actual, ya que se trata de una hora futura.		
Día, Hora, Calle, Probabilidad de ocurrencia	Día, Hora, Calle, Probabilidad de ocurrencia	07	Contiene la información a mostrar al usuario, cuando se realiza, la consulta sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento.	ProbabilidadBA	Fiscalizador
Dia_semana, Promedio_hora_pasada	Dia_semana, Promedio_hora_pasada	08	Contiene información, para actualizar la tabla promedio diario	ModificarTablaPromedio	Base de Datos SIGECO
Id_cuadra, Hora_inicio, Hora_fin, frecuencia	Id_cuadra, Hora_inicio, Hora_fin, frecuencia	09	Información de un tupla en la tabla histograma	Histograma	Base de Datos SIGECO
Info_zona_servicio, Info_posicion, Info_cuadras	Info_zona_servicio, Info_posicion, Info_cuadras	10	Información consultada a la base de datos, para realizar los cálculos de la probabilidad del evento	ProbabilidadBA	Base de Datos SIGECO

Tabla 6: Flujo de Datos

Procesos

Nombre del proceso o etiqueta	Propósito	Número del proceso	Flujo de datos de entrada	Flujo de datos de salida	Descripción del proceso
Función aceleración	Calcular aceleración para un punto determinado o en el GPS	01	Id_gps	aceleración	Se calcula la aceleración media de un vehículo en un punto cualquiera, en un momento determinado.
Función pendiente final	Asociar a un punto del GPS, una pendiente.	02	Id_gps	pendiente	A partir de una posición de un vehículo se le asocia un pendiente.
Función consumo total	Calcular para un rango determinado o de fecha el consumo de toda la flota	03	Fecha de inicio, fecha de termino	Informe de consumo	A partir de un rango de fecha determinado se calcula el consumo de combustible de la flota completa.
función de consumo total por vehículo	Calcular para un rango determinado o de fecha el consumo de un vehículo en particular	04	Fecha de inicio, fecha de termino		A partir de un rango de fecha determinado se calcula el consumo de combustible de un vehículo.
ModificarTablaPromedio	Modificar estructura de la tabla promedio	05	Id_gps	aceleración	Se agregan las columnas promedio_h

					ora_pasada y Día
Histograma	Generar distintos histogramas para cada calle de las distintas zonas de servicio	06	Id_gps	pendiente	Se Establecen rango de 30 minutos que van desde las 7:00 AM A 23:30, el día y la calle, la fecha y su frecuencia
Probabilidad	Calcular la probabilidad de ocurrencia para los distintos rangos de la tabla Histograma.	07	Fecha de inicio, fecha de termino	Informe de consumo	A partir de las frecuencias de cada tupla en la tabla Histograma se calcula los casos posibles, luego de esto se calcula la probabilidad de ocurrencia para cada rango de hora de la tabla histograma
Probabilidad BA	Calcular la probabilidad de ocurrencia, para un evento determinado	08	Fecha de inicio, fecha de termino	Probabilidad de ocurrencia, día, hora, calle	A partir de los datos contenidos en la tabla histograma, se calcula la probabilidad de que una calle se sirva a cierta hora. Utilizando el teorema de bayes.

Tabla 7: Procesos

8.2 Diagrama de Casos de Uso

8.2.1 Actores

Actor:	Fiscalizador
Caso de uso:	Calculo de consumo de combustible
Tipo:	Primario
Descripción:	Este actor está encargado de proveer al sistema de información acerca de las fechas a consultar, además fiscaliza el cumplimiento del contrato por medio de las funcionalidades implementadas, y datos históricos que muestra el programa.

8.2.2 Casos de Uso y Descripción

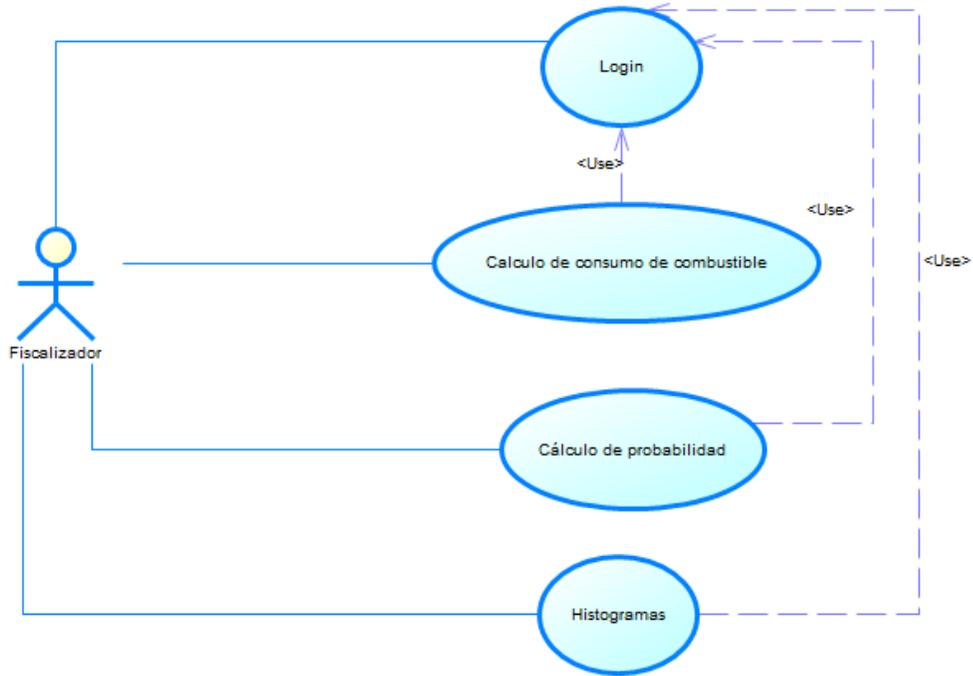


Ilustración 28: Caso de Uso Modelo de consumo

El fiscalizador una vez autenticado en el sistema podrá acceder a las opciones 'Cálculo de probabilidad' y 'histograma', para realizar las consultas que ayuden a una mejor fiscalización de las distintas zonas de servicio, además de poder conocer cuál es el consumo de combustible de la flota en un periodo de tiempo determinado.

Con la opción histograma, se genera la información histórica de todas las calles, mientras que con la opción cálculo de probabilidad, se accede al formulario y mapa de las zonas de servicio, para poder seleccionar la calle y la hora de la consulta.

8.2.3 Especificación de casos de uso

Caso de uso:	Login 1
Actores:	Fiscalizador
Tipo:	Tipo de flujo básico.
Propósito:	Autenticar al usuario del sistema.
Resumen:	El usuario debe autenticarse, para poder acceder a las respectivas funcionalidades, dependiendo del tipo de usuario, aparecerán sus respectivas funciones.
Precondiciones:	Contar con conexión a internet y tener instalado en el terminal un navegador web, el usuario debe estar registrado en el sistema.
Flujo principal:	<p>1- El sistema solicitará al usuario el usuario y contraseña, para ingresar.</p> <p>2- el usuario ingresa los datos solicitados.</p> <p>3- el sistema valida los datos ingresados por el usuario.</p> <p>4. así los datos son correctos, el sistema muestra el perfil de funcionalidades correspondiente con el tipo de usuario (fin del caso de uso).</p>
Subflujos:	<p>4. b si los datos ingresados por el usuario son incorrectos, el sistema solicitará re ingresar los datos al usuario.</p> <p>4. c si los datos son correctos, el sistema muestra el perfil de funcionalidades correspondientes con el tipo de usuario (fin del caso de uso).</p>
Excepciones:	1- si el usuario no está registrado, no podrá acceder al sistema.

Caso de uso:	Calculo de consumo de combustible
Actores:	Fiscalizador
Tipo:	Tipo de flujo inclusión.
Propósito:	Generar un informe a partir de las fechas ingresadas por el usuario

Resumen:	El fiscalizador previamente autenticado, podrá generar un informe de consumo
Precondiciones:	Haber ejecutado exitosamente el caso de uso 'Login 1'.
Flujo principal:	<p>1- Si el fiscalizador quiere realizar el cálculo seleccionar la opción cálculo consumo combustible.</p> <p>1. a- El sistema desplegará el formulario de que solicitara la fecha de inicio y de término.</p> <p>1. b- el fiscalizador ingresa los datos solicitados.</p> <p>1. c- El sistema valida los datos ingresados.</p> <p>1. d- Si los datos ingresados son válidos, el sistema genera exitosamente el informe.</p>
Subflujos:	<p>1. d. Si los datos ingresados no son válidos.</p> <p>1. d.1 El sistema muestra los errores en los campos y solicita re ingresar a los datos. Si los datos son correctos se sigue con el flujo normal del sistema (1.d).</p>
Excepciones:	

Caso de uso:	Histograma
Actores:	Fiscalizador
Tipo:	Tipo de flujo inclusión.
Propósito:	Generar toda la información que contiene la tabla histograma.
Resumen:	El fiscalizador previamente autenticado, podrá generar información en la tabla histograma, obteniendo el histograma para todas las calles de las distintas zonas de servicio.
Precondiciones:	Haber ejecutado exitosamente el caso de uso 'Login '.
Flujo principal:	<p>1- Si el fiscalizador quiere realizar el poblamiento de la tabla histograma seleccionar la opción Histograma.</p> <p>1. a- el sistema generar la información de las distintas calles, ya</p>

	registradas en la tabla calle.
Subflujos:	
Excepciones:	

Caso de uso:	Calculo de probabilidad
Actores:	Fiscalizador
Tipo:	Tipo de flujo inclusión.
Propósito:	Calcular la probabilidad de que una calle se ha servida a una cierta hora.
Resumen:	El fiscalizador previamente autenticado, consultar por una calle para saber si será servida a cierta hora del día.
Precondiciones:	Haber ejecutado exitosamente el caso de uso 'Login 1'.
Flujo principal:	<p>1- Si el fiscalizador quiere realizar el cálculo seleccionar la opción Cálculo de probabilidad.</p> <p>1. a- El sistema desplegará un mapa que mostrara las distintas zona de servicio, y las calles, además un campo para especificar la hora a consultar.</p> <p>1. b- el fiscalizador selecciona la calle a consultar y la hora.</p> <p>1. c- El sistema valida los datos ingresados.</p> <p>1. d- Si los datos ingresados son válidos, el sistema redirección a la vista del resultado.</p>
Subflujos:	<p>1. d. Si los datos ingresados no son válidos.</p> <p>1. d.1 El sistema muestra los errores en los campos y solicita re ingresar a los datos. Si los datos son correctos se sigue con el flujo normal del sistema (1.d).</p>

Excepciones:	
--------------	--

8.3 Modelamiento de Datos

El modelo entidad-relación, muestra la interacción entre las tablas que componen la base de datos del módulo de modelo de consumo de combustible, se tiene en cuenta que hay una relación directa entre las posiciones de los vehículos y los vehículos. La mayor cantidad de datos está alojada en la tabla de posiciones la cual almacena las coordenadas espaciales de cada uno de los vehículos durante intervalos de tiempo regulares que es proporcionado por el sistema de GPS que cada camión posee. Más abajo en el modelo se observan las tablas interactuantes en el módulo de Análisis de cumplimiento de contrato, cabe señalar que no existe relación directa entre ambos módulos del sistema.

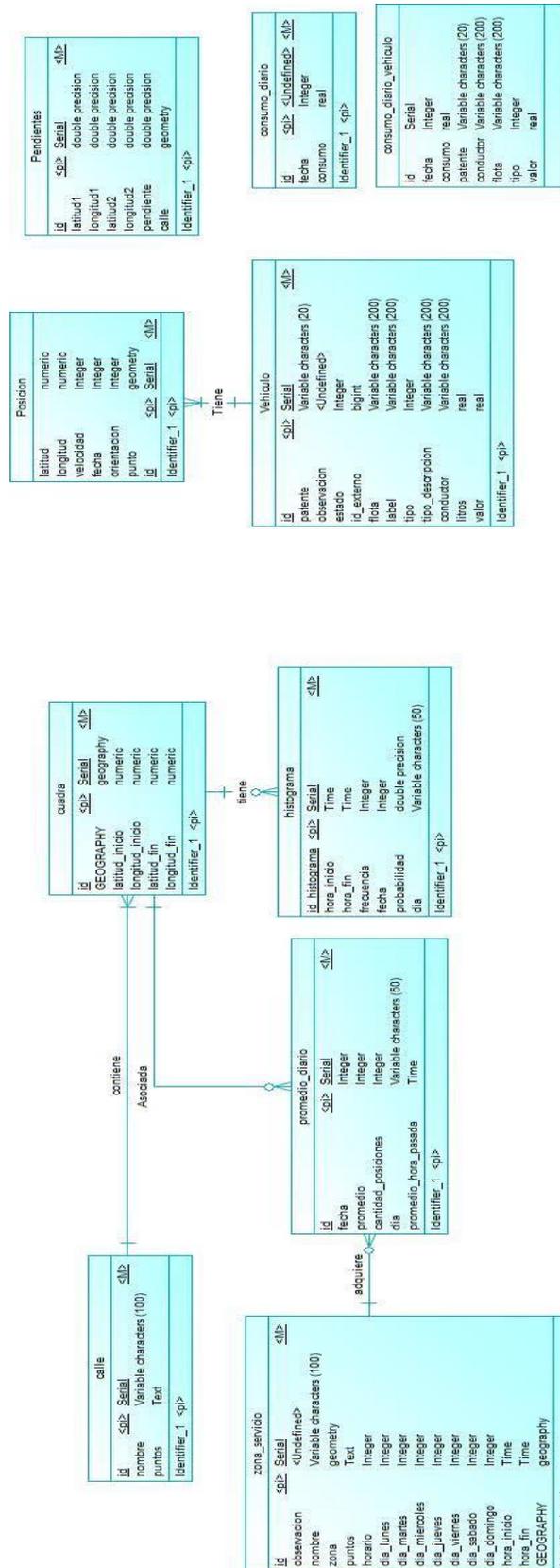


Ilustración 29: MER

9 DISEÑO

9.1 Diseño Físico de la Base de Datos

Para éste modelo relacional se presentan las tablas que actúan en el desarrollo del módulo de consumo de combustible, en donde la mayor parte de la información está contenida en la tabla Posición que proporciona los datos más relevantes para realizar el cálculo de consumo de combustible de la flota.

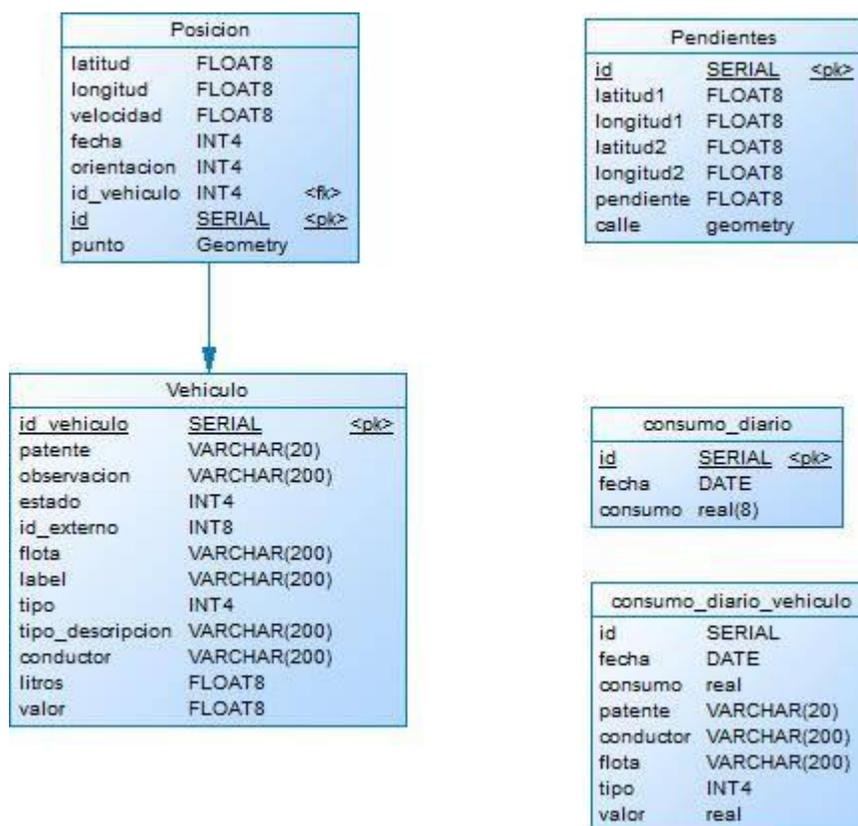


Ilustración 30: Modelo relacional para el módulo consumo de combustible

El siguiente modelo relacional muestra las tablas interactuantes en el Análisis de contrato en donde se almacena la información necesaria para la

generación se los histogramas que permiten un análisis probabilístico de la información sobre las rutas de la flota de recolección de residuos domiciliarios.

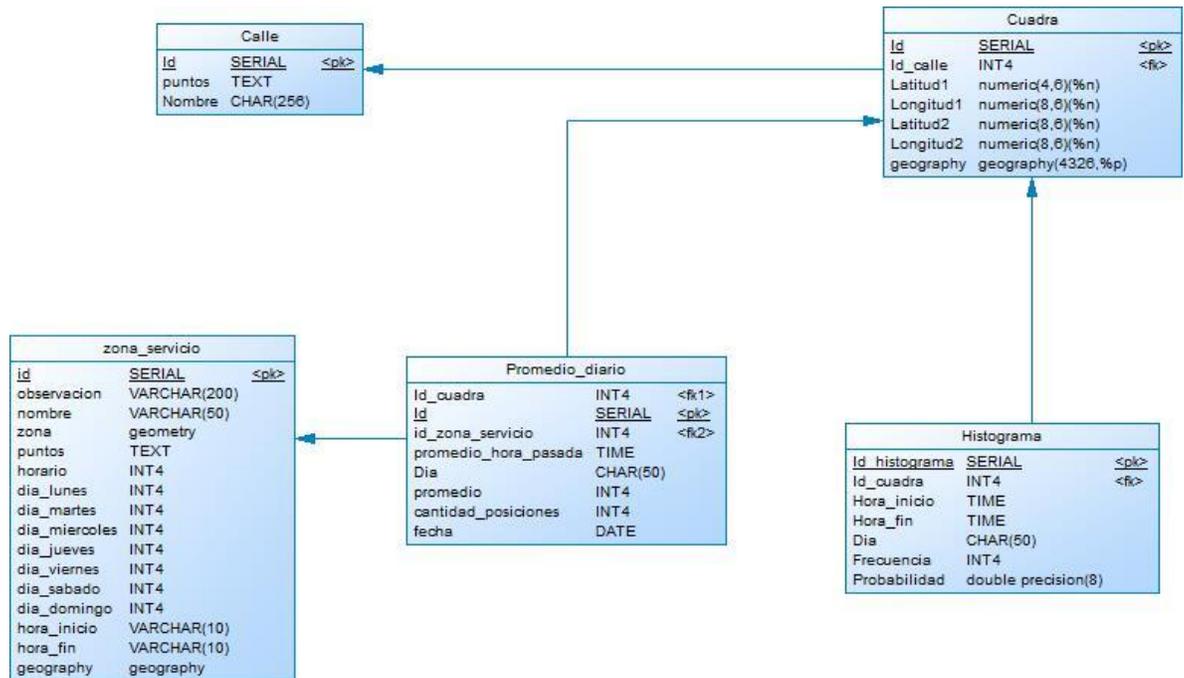


Ilustración 31: Modelo relacional para el módulo de Análisis de cumplimiento de contrato

9.1.1 Especificación procedimientos almacenados

Nombre	Entrada	Salida	Objetivo
Aceleración	Id_posicion	Aceleración para un punto del GPS	Calcular la aceleración media, para un punto cualquiera de la tabla posición, que almacena las posiciones de los vehículos, y sus velocidades.
Get_pendiente	Coordenadas	Valor de la	Obtener la

	espaciales del punto	pendiente	pendiente asociada a un punto cualquiera de la tabla posiciones
Pendiente_final	Id_posicion	Valor de la pendiente, con signo	Obtener la pendiente asociada a un punto cualquiera de la tabla posiciones, además identificar el signo (+,-) de la pendiente.
Funcion_consumo	Parámetros de calibración del modelo matemático (alfa1, alfa2, alfa3) y Id_posicion	Valor del consumo de combustible en mililitros, para una posición de un vehículo.	Calcular el consumo de combustible, para un punto cualquiera de la tabla de posiciones.
Costo_total	Fecha de inicio, fecha final	Valor del consumo de combustible en mililitros, de la flota completa, en un periodo de tiempo determinado	Calcular el consumo de combustible para la flota completa en un periodo de tiempo determinado

Tabla 8: Especificación de Procedimientos Almacenados

9.2 Diseño de Arquitectura Funcional

La arquitectura del sistema se explica con el diagrama de descomposición funcional en el cual se muestran las interrelaciones entre todos los módulos del Software. Tanto para el cálculo del consumo de combustible y el análisis del cumplimiento del contrato.

Seguidamente se adjuntan los diagramas de descomposición funcional diferenciados para cada uno de los módulos desarrollados en el proyecto:

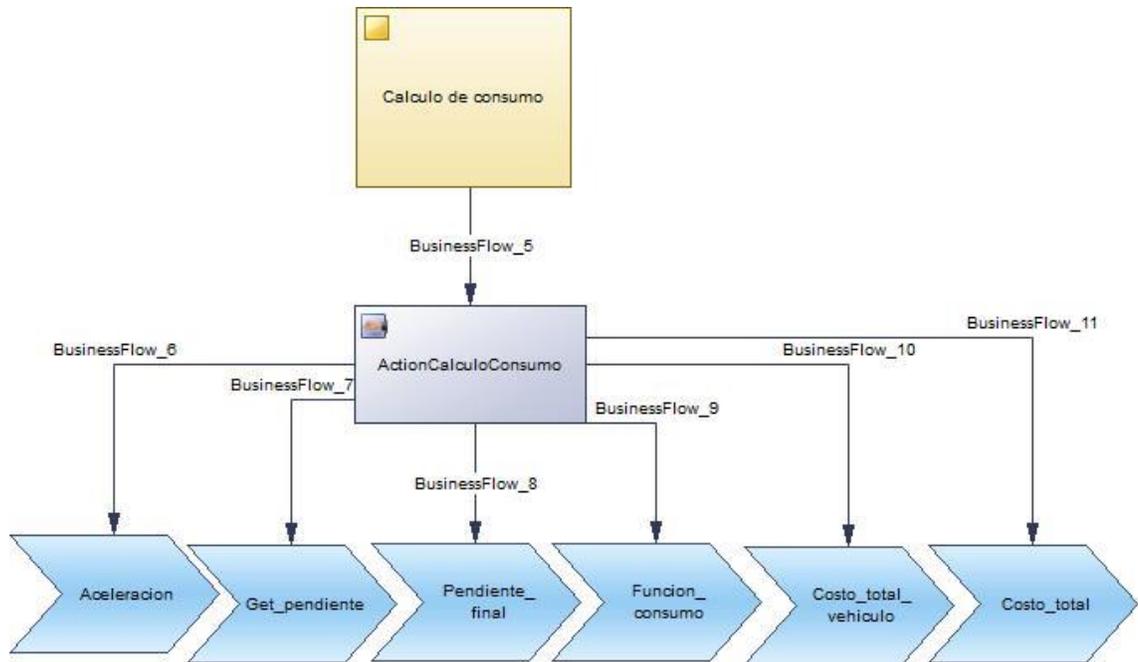


Ilustración 32: Diagrama de descomposición funcional para el cálculo del consumo de combustible

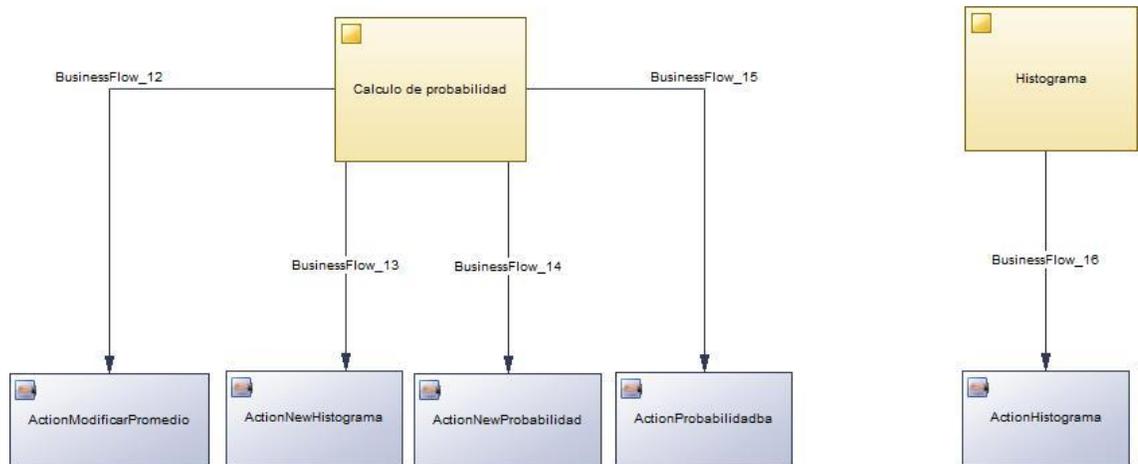


Ilustración 33: Diagrama de descomposición funcional para el análisis del cumplimiento de contrato.

9.3 Especificación de módulos

N° Módulo: 01		Nombre Módulo: Aceleración	
Parámetros de entrada		Parámetros de Salida	
Nombre:	Tipo de dato:	Nombre:	Tipo de dato:
Id_actual	bigINT	aceleracion	real

N° Módulo: 02		Nombre Módulo: Get_Pendiente	
Parámetros de entrada		Parámetros de Salida	
Nombre:	Tipo de dato:	Nombre:	Tipo de dato:
Lon	Real	R	
Lat	Real		

N° Módulo: 03		Nombre Módulo: Pendiente_final	
Parámetros de entrada		Parámetros de Salida	
Nombre:	Tipo de dato:	Nombre:	Tipo de dato:
Id_gps	INT	pendiente_punto	double

N° Módulo: 04		Nombre Módulo: Funcion_consumo	
Parámetros de entrada		Parámetros de Salida	
Nombre:	Tipo de dato:	Nombre:	Tipo de dato:
Alfa0	Real	consumo_combustible	Real

Alfa1	Real		
Alfa2	Real		
Id_gps	INT		

N° Módulo: 05		Nombre Módulo: Costo_total_vehiculo	
Parámetros de entrada		Parámetros de Salida	
Nombre:	Tipo de dato:	Nombre:	Tipo de dato:
F_inicio	timestamp	suma	INT
F_termino	timestamp		
Id_vehiculo	INT		

N° Módulo: 06		Nombre Módulo: Costo_Total	
Parámetros de entrada		Parámetros de Salida	
Nombre:	Tipo de dato:	Nombre:	Tipo de dato:
F_inicio	timestamp	suma	Real
F_termino	timestamp		

Tabla 9: Especificación de módulos

10 PRUEBAS

10.1 Elementos de Prueba

Los elementos a probar serán distintas funciones que componen la estructura de del Módulo de consumo de combustible. Cada una de ellas será abordada de manera individual utilizando el enfoque de Caja Blanca, debido a que éste trabajo presenta pocas funcionalidades implementadas para el proyecto SIGECO y por tanto el enfoque de Caja Negra no presentaría una gran referencia para probar el trabajo realizado.

Seguidamente se detallan los elementos de pruebas a ser analizados.

10.1.1 Módulo de consumo de combustible

- Función aceleración: entrega el valor de la aceleración media, de un punto cualquiera que está en la tabla de posiciones.
- Función Get_pendiente: Entrega el valor de la pendiente sin identificar la dirección que lleva el punto dado. Entrega solo el valor numérico sin signo
- Función Funcion_consumo: Entrega el valor del consumo de combustible en mililitros de un punto dado de la tabla posición.
- Función Costo_total: Entrega el valor del consumo de combustible de la flota completa, para un rango de fechas determinados.
- Función Costo_total vehículo: Entrega el valor del consumo de combustible de un vehículo en mililitros.

10.2 Especificación de las Pruebas

Características a probar	Nivel de prueba	Objetivo de la Prueba	Enfoque para la definición de casos de prueba	Técnicas para la definición de casos de prueba	Actividades de prueba	Criterios de cumplimiento
Funcionalidad	Unidad	Verificar la correcta funcionalidad de los algoritmos implementados.	Caja Blanca	Cubrimiento de trayectorias Independientes	<p>Para cada uno de los elementos de las pruebas se realizarán las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Repaso de la estructura del código desarrollado. 2.- Verificación de datos elementales en la base de datos para la realización de las pruebas. 3.- Generación de los grafos correspondientes. 4.- Cálculo de la complejidad ciclomática. 5.- Ejecución de pruebas 6.- Documentación de las pruebas. 	Cada prueba deberá entregar el resultado esperado de su ejecución.

Tabla 10: Especificación de pruebas

10.3 Calendario de Pruebas

Elemento a probar	Duración	Inicio	Fin
Funcionalidad	Unidad	Verificar la correcta funcionalidad de los algoritmos implementados.	Caja Blanca
Función aceleración	2 día	20/09/15	21/09/15
Función get_pendiente	2 día	20/09/15	21/09/15
Función funcion_consumo	2 día	23/09/15	24/09/15
Función costo_total	2 día	23/09/15	24/09/15
Función costo_total_vehiculo	1 día	25/09/15	25/09/15

Tabla 11: Calendario de Pruebas

10.4 Detalles de Prueba

Los detalles de las pruebas realizadas serán encontradas en el ANEXO.

10.5 Conclusiones de Pruebas

Las pruebas son herramientas útiles en la detección de falencias, vulnerabilidades y mal funcionamiento en general del software. En el caso de este proyecto, las pruebas de software ayudan a detectar errores en las funciones principales que alimentan la base de datos. Así, los algoritmos implementados respondieron correctamente a los requerimientos de las pruebas realizadas entregando valores esperados según los datos de entrada otorgados.

Finalmente cabe mencionar que los resultados que los algoritmos dependen fuertemente de la calidad de los datos registrados en la base de datos, puesto que la mayoría de ellos se ejecuta de manera automática para ir registrando periódicamente cálculos y así reducir el tiempo de espera al momento de requerir datos.

11 CONCLUSIÓN

Las problemáticas abordadas por éste trabajo tanto para el módulo de cálculo de consumo de combustible como para el análisis probabilístico del cumplimiento de contrato fueron desarrolladas poniendo especial énfasis en la creación de algoritmos individuales que finalmente convergerán en la resolución de cada problemática. Esto debido a que la base de cada módulo es esencialmente teórica, es decir, se basan en la búsqueda de una solución práctica a una, idea o en este caso a un objetivo planteado por el proyecto SIGECO. Lo anterior se traduce en un desarrollo de software que difiere de la formación tradicional brindada en los años de estudio, pero que resulto tanto o más complejo de implementar. Dentro de los alcances que podemos destacar de este trabajo es que los algoritmos implementados para ambos módulos podrían eventualmente replicarse en cualquier sistema que necesite obtener información para la fiscalización de una flota de vehículos.

Como en todo proyecto existen algunas limitaciones que pueden afectar el correcto desarrollo de éste, en este caso una de las más relevantes fue que no se proporcionaron todos los datos requeridos, por ende, no se pudieron concluir de manera empírica (datos reales) los valores otorgados por el módulo de consumo de combustible.

SIGECO estaba compuesto de un grupo no despreciable de personas encargadas de su desarrollo que, sin lugar a dudas, pone a éste proyecto como una experiencia enriquecedora que fortaleció el conocimiento teórico y práctico de quienes formamos parte y que facilitara en cierta medida la futura inmersión en el mundo laboral. Por lo anterior es que agradecemos esta oportunidad, no solo por el hecho de haber formado parte de un proyecto interesante, que se nos presentó como un desafío considerable y diferente, que significo un reto para nuestras habilidades y conocimientos, sino que también destacamos el hecho de haber tenido que trabajar en un grupo multidisciplinario de personas lo cual potencia nuestras habilidades blandas y aspectos sociales que muchas veces no son abordados en las aulas y que la única manera de aprenderlo es experimentándolo en trabajos como éste.

12 BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. S. H. REGINA O. OBE, PostGIS in Action, Greenwich: Manning, 2011.
- [2] Corporation, Microsoft, «Developer Network,» Microsoft Corporation, [En línea]. Available: [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb964711\(v=sql.120\).aspx#objects](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb964711(v=sql.120).aspx#objects). [Último acceso: 15 05 2015].
- [3] Wikipedia, «Sistema de posicionamiento global,» 01 07 2015. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global#Funcionamiento. [Último acceso: 05 07 2015].
- [4] G. gov, «What is GPS?,» 11 02 2014. [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/systems/gps/>. [Último acceso: 28 06 2015].
- [5] G. América, «Presicion y Margen de Error,» [En línea]. Available: http://soluciones.gpsamerica.com.mx/gps/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=390. [Último acceso: 05 07 2015].
- [6] Wikipedia, «PostgreSQL,» 05 04 2015. [En línea]. Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL>. [Último acceso: 01 06 2015].
- [7] rafaelpa, «PostgreSQL-es,» 06 06 2009 . [En línea]. Available: <http://www.postgresql.org.es/node/297>. [Último acceso: 20 05 2015].
- [8] Ministerio del Medio Ambiente.

- [9] V. N. BHAT, «A model for the optimal allocation of trucks for solid waste management,» *Waste Management & Research*, 1996, pp. 87-96.
- [10] L. Gayozo, *Aplicación de un modelo de consumo de combustible en base a registros GPS del transporte público del gran concepción*, Concepción: Departamento de Ingeniería Civil y AmbientalL, Universidad del Bio-Bio, 2015.
- [11] W. A. Edwardes, «Modeling Diesel Bus Fuel Consumption and Dynamically Optimizing Bus,» Blacksburg, 2014.
- [12] Wikipedia, «Estadística,» 05 06 2015. [En línea]. Available: Estadística. [Último acceso: 06 06 2015].
- [13] Wikipedia, «Media aritmética,» 07 06 2015. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Media_aritmética. [Último acceso: 08 06 2015].
- [14] Wikipedia, «Histograma,» 10 06 2015. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Histograma>. [Último acceso: 10 06 2015].
- [15] Wikipedia, «Frecuencia,» 08 06 2015. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia>. [Último acceso: 09 06 2015].
- [16] Wikipedia, «Probabilidad,» 10 06 2015. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Probabilidad>. [Último acceso: 10 06 2015].
- [17] Wikipedia, «Probabilidad condicionada,» 10 06 2015. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Probabilidad_condicionada. [Último acceso: 10 06 2015].
- [18] Wikipedia, «Teorema de Bayes,» 09 06 2015. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_Bayes. [Último acceso: 10 06 2015].
- [19] PostGIS, «PostGIS,» [En línea]. Available: <http://postgis.net>. [Último acceso: 20 04 2015].

13 ANEXO: PLANIFICACIÓN INICIAL DEL PROYECTO

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1					
2		Planeación (busqueda del tema)	15 días	lun 02-03-15	vie 20-03-15
3		Definicion de la institucion y del proyecto	1 día	lun 23-03-15	lun 23-03-15
4		Formulación propuesta de proyecto	4 días	mar 24-03-15	vie 27-03-15
5		Definicion del proyecto	1 día	lun 30-03-15	lun 30-03-15
6		Definición del proyecto	1 día	lun 30-03-15	lun 30-03-15
7		Objetivos del proyecto	1 día	lun 30-03-15	lun 30-03-15
8		Ambiente de la ingeniería de Sw	1 día	lun 30-03-15	lun 30-03-15
9		Siglas y abreviaciones	1 día	lun 30-03-15	lun 30-03-15
10		Entrega a profesor guía: Definicion del proyecto	1 día	mar 31-03-15	mar 31-03-15
11		Modulo: modelo de consumo de combustible	21 días	lun 30-03-15	lun 27-04-15
12		Estudio del modelo de consumo	7 días	lun 30-03-15	mar 07-04-15
13		Diseño y Implementacion de algoritmos	14 días	mié 08-04-15	lun 27-04-15
14		Entrega a profesor guía: Modulo modelo de consumo de combustible	1 día	lun 27-04-15	lun 27-04-15
15		Modulo: Análisis de cumplimiento de contrato	60 días	lun 27-04-15	vie 17-07-15
16		Análisis	3 días	lun 27-04-15	mié 29-04-15
17		Diseño	4 días	vie 01-05-15	mié 06-05-15
18		Implementar bases de datos (GPS, nomina del contrato)	3 días	jue 07-05-15	lun 11-05-15
19		Testing	2 días	mar 12-05-15	mié 13-05-15
20		Diseñar e implementar funciones de analytic	30 días	jue 14-05-15	mié 24-06-15
21		Implementar DashBoar	10 días	jue 25-06-15	mié 08-07-15
22		Testing	2 días	jue 09-07-15	vie 10-07-15
23		Integración (con los sistemas)	5 días	vie 10-07-15	jue 16-07-15
24		Producción	1 día	jue 16-07-15	jue 16-07-15
25		Entrega a profesor guía: Modulo Análisis de cumplimiento de contrato	1 día	jue 16-07-15	jue 16-07-15
26					
27		Reorganizar documentación del proyecto de titulo	7 días	vie 17-07-15	lun 27-07-15
28		Entrega de proyecto	1 día	lun 27-07-15	lun 27-07-15

14 ANEXO: MANUAL DE USO

Si bien el sistema web de SIGECO se encuentra en una fase beta, es posible realizar pruebas y navegar por las funcionalidades implementadas. Para lo anterior es que se describe un pequeño manual de cómo utilizar correctamente las funcionalidades implementadas en éste trabajo.

Una vez ingresado en el sistema podremos apreciar la siguiente pantalla de inicio en la cual se muestra información sobre el consumo semanal de combustible, gráfico generado a partir de los algoritmos diseñados en éste trabajo.

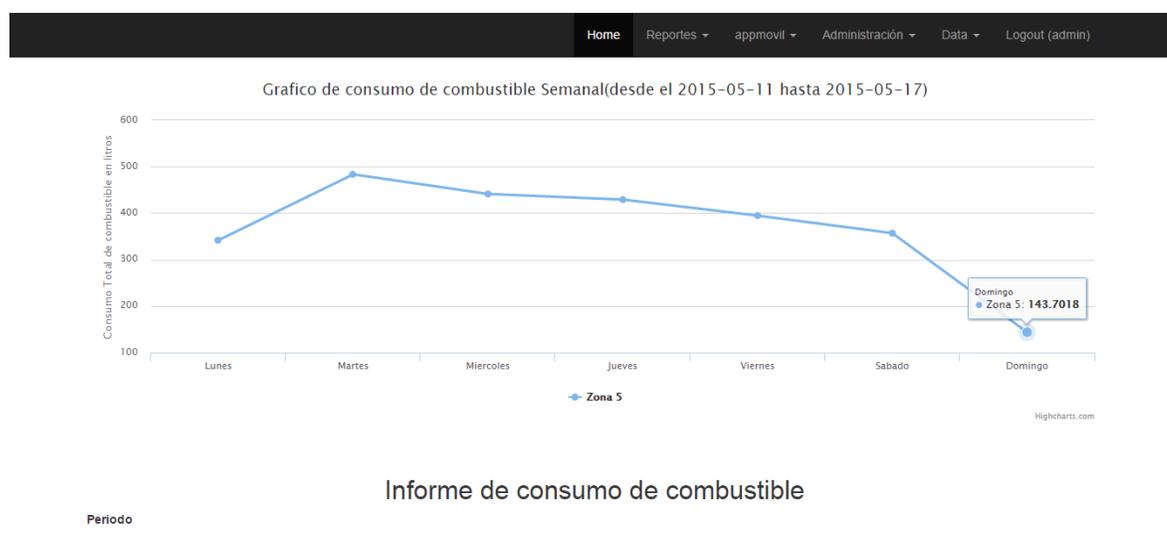


Ilustración 34: Inicio del Sistema

Sobre la parte superior del sistema se observa la barra de menú en la cual se debe seleccionar la sección de Data para desplegar las opciones correspondientes a las funcionalidades implementadas en éste proyecto.

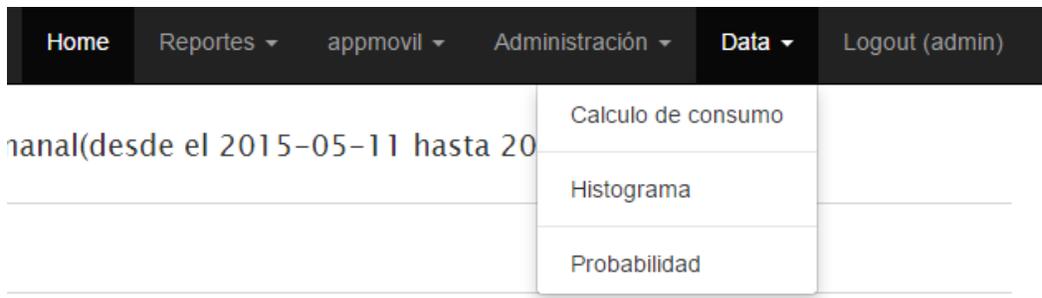


Ilustración 35: Barra de menú del sistema

14.1 Cálculo de Consumo

Cuando Ingresamos a la opción de cálculo de consumo, veremos la siguiente pantalla, en la cual se desplegara un formulario.

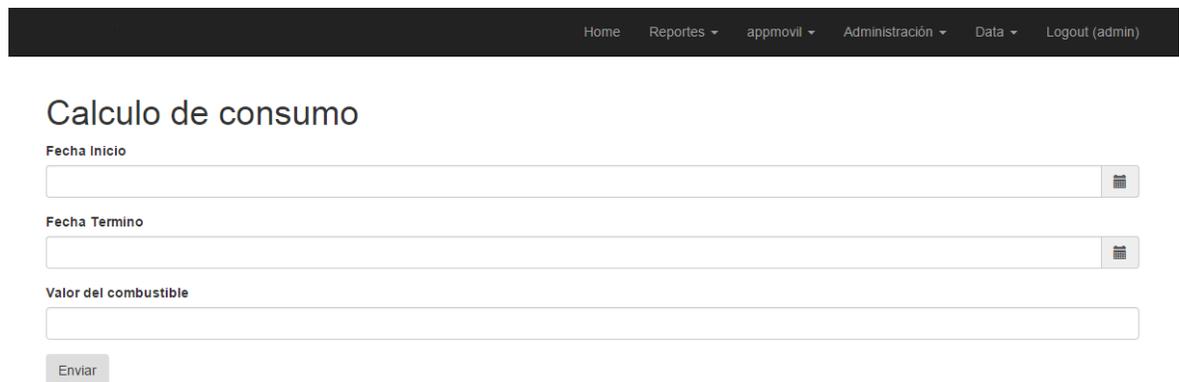


Ilustración 36: Formulario cálculo de consumo

Seguidamente, debemos completar los campos seleccionando las fechas para un periodo determinado en los calendarios que se desplegaran presionando en el botón de la parte izquierda de dichos campos.



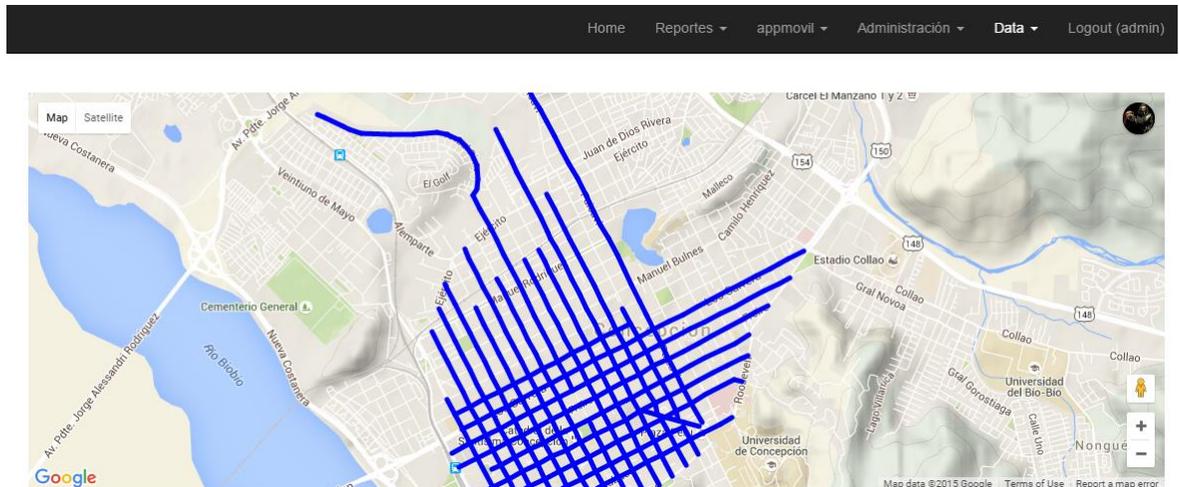


Ilustración 39: Inicio generación de Histogramas

Aquí veremos un mapa en el cual apreciaremos calles coloreadas de azul las que podremos seleccionar haciendo Click en la cuadra de la cual queramos conocer su histograma, la cual se volverá de color rojo como vemos en la siguiente captura:

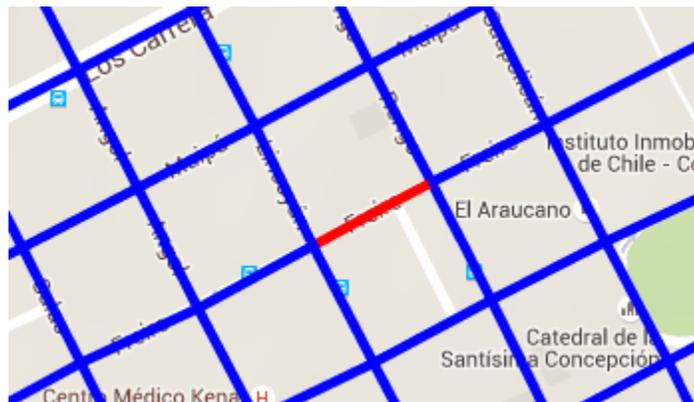


Ilustración 40: Selección de cuadra

Luego de seleccionar la cuadra, se desplegarán los histogramas con la información para cada día de la semana en gráficos independientes como el siguiente:



Ilustración 41: Ejemplo Histograma

14.3 Cálculo de Probabilidad

Para la última funcionalidad implementada en éste trabajo, veremos una pantalla similar a la que encontramos en la opción de Histograma en donde veíamos un mapa con calles coloreadas de azul que podíamos seleccionar, la diferencia es que ahora nos encontramos con un nuevo campo de 'Hora', como vemos a continuación:



Ilustración 42: Pantalla cálculo de Probabilidad

Podremos seleccionar la hora a consultar haciendo Click dentro del campo mismo. Una vez seleccionada la hora y la cuadra de la cual deseamos saber

cuál será la probabilidad de llegada del camión, hacemos Click sobre el botón 'Ver Probabilidad'. Luego de un tiempo de procesamiento se nos desplegara un mensaje en la parte superior de la pantalla que nos dará la probabilidad de llegada, éste mensaje se ve como sigue a continuación:

Resultado: la probabilidad de que pase el camion es 60 por la calle, Los Carrera a la, 10:30:00 con fecha 2015-05-02.

Ilustración 43: Mensaje Cálculo de Probabilidad

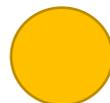
15 ESPECIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS

15.1 Pruebas de Unidad

Cada prueba de Unidad se realizó utilizando la siguiente notación para los diagramas de grafos realizados:

 : Nodo de secuencia lineal.

 : Nodo de Bucle.

 : Nodo de Condición.

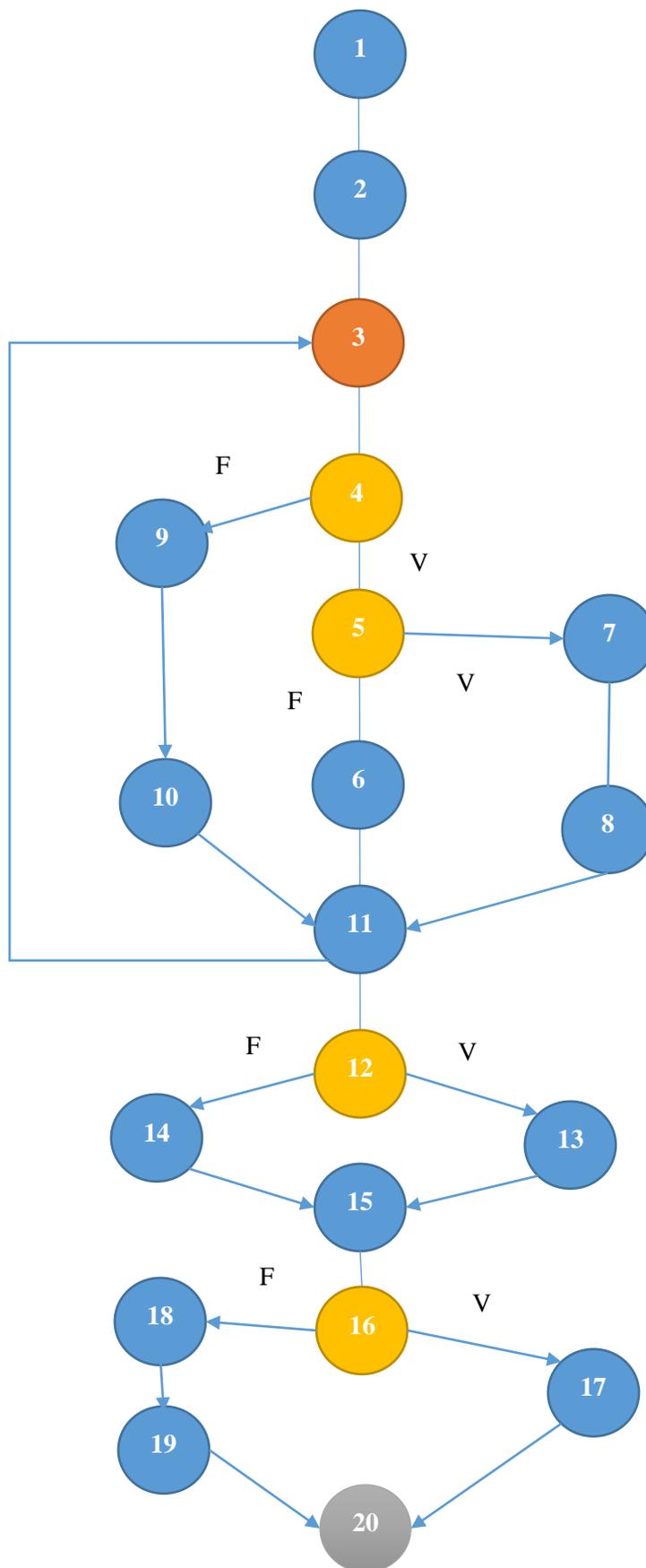
F : Falso

V : Verdadero

El cálculo de la complejidad Ciclomática se realizó usando la siguiente Fórmula

$$CC(G) = \text{Arcos} - \text{Nodos} + 2$$

15.1.1 <Función Aceleración>



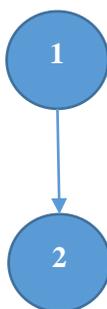
- **Cálculo de complejidad Ciclomática:**

$$CC (G)= 23-20+2=5$$

- **Casos de Prueba:**

Id caso de prueba	Característica a probar	Datos de entrada	Salida Esperada	Salida Obtenida	Éxito/fracaso	Observaciones
01	Funcionalidad	id_actual=63	La función debe retornar un número real, para un id_actual valido es decir que este registrado en la tabla posición	-0,09	Éxito	
02	Funcionalidad	id_actual=0	La función debe entregar Null	Null	Éxito	La función entrega Null pues el id_actual no está presente en la tabla posición
03	Funcionalidad	id_actual=-1	La función debe entregar Null	Null	Éxito	
04	Funcionalidad	id_actual=109	Se espera un número real	-0.0138889	Éxito	
05	Funcionalidad	id_actual=9999	Se espera un número real	Null	Fracaso	El resultado fue distinto al esperado puesto que el id supera el número de registros de la tabla consultada para el cálculo de aceleración.

15.1.2 <Función Get_Pendiente>



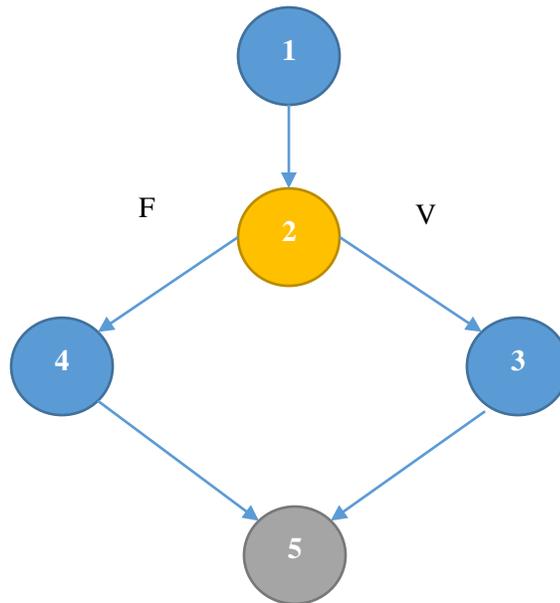
- **Cálculo de complejidad Ciclomática:**

$$CC (G)= 1-2+2=1$$

- **Casos de Prueba:**

Id caso de prueba	Característica a probar	Datos de entrada	Salida Esperada	Salida Obtenida	Éxito/fracaso	Observaciones
06	Funcionalidad	'POINT(-36.831653 - 73.040542)'	Debe entregar un valor real de pendiente esto es, entre 0 y 1	1	Éxito	

15.1.3 <Función Consumo>



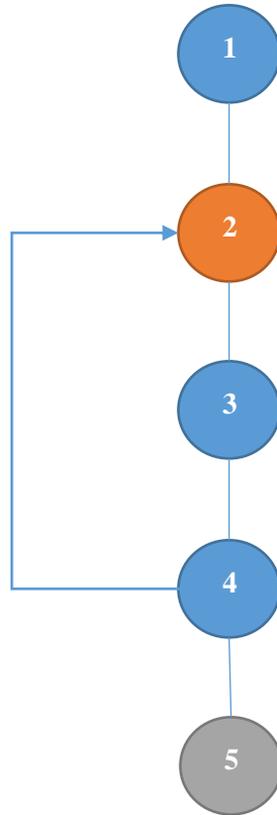
- Cálculo de complejidad Ciclomática:

$$CC (G)= 5-5+2=2$$

- **Casos de Prueba:**

Id caso de prueba	Característica a probar	Datos de entrada	Salida Esperada	Salida Obtenida	Éxito/fracaso	Observaciones
07	Funcionalidad	Alfa0= 0.00104 Alfa1= 0.0000055 Alfa2= 0.00000068 Id_gps = 63	Debe entregar un valor real mayor que cero.	0.00104	Éxito	
08	Funcionalidad	Alfa0= 0.00104 Alfa1= 0.0000055 Alfa2= 0.00000068 Id_gps = 0	Debe entregar Null	Null	Éxito	La función entrega valor nulo, ya que el Id_gps ingreso no se encuentra en la base de datos.

15.1.4 <Costo_total>



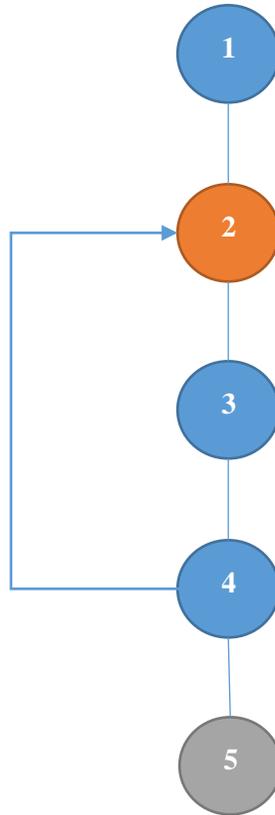
- Cálculo de complejidad Ciclomática:

$$CC (G) = 5 - 5 + 2 = 2$$

- **Casos de Prueba:**

Id caso de prueba	Característica a probar	Datos de entrada	Salida Esperada	Salida Obtenida	Éxito/fracaso	Observaciones
09	Funcionalidad	f_inicio= 2015-05-11 21:01:31 f_termino= 2015-05-11 21:25:07	Debe entregar un valor real mayor que cero	930,28	Éxito	
10	Funcionalidad	f_inicio= 2015-09-30 21:01:31 f_termino= 2015-09-30 21:25:07	Debe entregar cero.	0	Éxito	Entrega cero, debido a que el rango de fechas seleccionado no registra campos para calcular el consumo.

15.1.5 <Costo total Vehículo>



- Cálculo de complejidad Ciclomática:

$$CC (G)= 5-5+2=2$$

- **Casos de Prueba:**

Id caso de prueba	Característica a probar	Datos de entrada	Salida Esperada	Salida Obtenida	Éxito/fracaso	Observaciones
09	Funcionalidad	f_inicio= 2015-06-05 15:01:31 f_termino= 2015-06-05 15:25:07 Id_vehiculo = 15	Debe entregar un valor real mayor que cero	15,34	Éxito	
10	Funcionalidad	f_inicio= 2015-06-05 09:01:31 f_termino= 2015-06-05 10:25:07 Id_vehiculo = 0	Debe entregar cero.	0	Éxito	Entrega cero, debido a que el id_vehículo ingresado no se encuentra registrado en la base de datos.