



ESPE

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA
Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA**

*DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN
EL CANTÓN RUMIÑAHUI, MEDIANTE EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA POLICÍA NACIONAL*

REALIZADO POR:

MARÍA GABRIELA ANDRADE E.

CAROLINA EUGENIA SANCHEZ T.

Sangolquí - Ecuador

Septiembre 2011

RESUMEN

La Subjefatura del Cantón Rumiñahui no cuenta con una Base de Datos alfanumérica de accidentes de tránsito ni con una automatización del Parte Policial, por ello se decidió llevar a cabo este proyecto en el Cantón Rumiñahui, partiendo desde el diseño y estructuración de la misma, hasta la impresión final del Parte Policial.

La automatización del Parte Policial fue desarrollada con paquetes de software no comerciales y con un servidor local, consta de dos aplicaciones, de la Base de Datos que permitirá al usuario final el ingreso de accidentes de tránsito por medio de pantallas, y del reporte que imprimirá el Parte Policial. En la aplicación del reporte del Parte Policial se generó un menú, que facilitará consultar los accidentes de tránsito registrados.

Conjuntamente con la automatización del Parte Policial se desarrolló una base gráfica, donde se espacializaron los accidentes de tránsito y mediante un análisis espacial, con el apoyo de un SIG, se pudo realizar el modelado espacial de los datos que permitieron determinar zonas susceptibles a la ocurrencia de accidentes de tránsito.

Las zonas susceptibles se determinaron en intersecciones y tramos de la vía, a partir de variables relacionadas con la vía y al entorno físico. Las variables físicas analizadas permitieron explicar la relación de éstas con el fenómeno de la Accidentabilidad (frecuencia de accidentes de tránsito).

Mediante técnicas de Evaluación Multicriterio se pudo dar tratamiento a las variables y a sus factores, y mediante técnicas de análisis espacial se obtuvo un modelo de estimación de accidentes de tránsito para intersecciones y tramos, en los cuales se pudo observar que la zona con mayor probabilidad a accidentes de tránsito, es la urbana. El SIG desarrollado servirá como propuesta para la toma de decisiones en los sitios que demuestren ser susceptibles, en base a esto, la entidad encargada establecerá planes o programas que tengan como objetivo, reducir la incidencia de este fenómeno en el Cantón Rumiñahui.

SUMMARY

The sub-headquarters of the Rumiñahui canton does not count with an alphanumerical Database of traffic accidents nor with an automation of the Police Report, because of this we decided to do this project in the Rumiñahui canton, parting from design and construction of such, till the printing of the final Police Report.

The automation of the Police Report was elaborated with a non-commercial software package and a local server, it consists of two applications, one consists of the database that will allow the final user to enter traffic accidents by screens, and the other from a printed out Police Report. In the Police Report application a Menu was designed, that will facilitate the query of registered traffic accidents.

As well as the automation of the Police Report, a graphic base was designed, where the traffic accidents were spaced out and through spatial analysis with the support of a GIS, a spatial molding of the data was made to determine the susceptible zones of traffic accident occurrences.

The susceptible zones were determined in intersections and stretches of the road, parting from variables related to the road and its physical environment. The physical variables analyzed permitted an explanation of the relation of these with the accidentability phenomenon.

Throughout Multicriteria Evaluation Techniques it was able to treat the variables and its factors, and throughout spatial analysis techniques a model of traffic accident estimation was obtained for intersections and roads, in which we were able to observe that the urban zone was most probable for traffic accidents. The GIS developed will serve as a proposal for the decisions taken in the sites that show susceptibility, in base of this, the entity in charge will establish plans or programs that have the objective to reduce the incident of this phenomenon in the Rumiñahui canton.

CERTIFICACIÓN

ING. FRANCISCO LEÓN

CRNL. RODOLFO SALAZAR

CERTIFICAN:

Que el proyecto de grado titulado “DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI, MEDIANTE EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA POLICÍA NACIONAL”, realizado por las Srtas. María Gabriela Andrade Espinoza y Carolina Eugenia Sánchez Tapia, ha sido guiado y revisado prolijamente y cumple con los requerimientos: teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la ESPE, por lo que nos permitimos acreditarlo y autorizar su entrega al Sr. Ing. Francisco León L., en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. El trabajo en mención consta de dos empastados y dos discos compactos el cual contiene el documento en formato portátil de Acrobat (pdf).

Sangolquí, 14 de Septiembre de 2011

ING. FRANCISCO LEÓN
DIRECTOR

CRNL. RODOLFO SALAZAR
CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

MARÍA GABRIELA ANDRADE ESPINOZA
CAROLINA EUGENIA SÁNCHEZ TAPIA

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado “DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI, MEDIANTE EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA POLICÍA NACIONAL”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 14 de Septiembre de 2011

MARIA GABRIELA ANDRADE

CAROLINA EUGENIA SÁNCHEZ

AUTORIZACIÓN

Nosotras, MARÍA GABRIELA ANDRADE ESPINOZA Y CAROLINA EUGENIA
SÁNCHEZ TAPIA

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado “DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI, MEDIANTE EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA POLICÍA NACIONAL” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, 14 de Septiembre de 2011

MARIA GABRIELA ANDRADE

CAROLINA EUGENIA SÁNCHEZ

DEDICATORIA

Son pocas pero especiales las personas y seres por quienes concluí este proyecto. Personas sin las cuales el trayecto se habría vuelto cansado pero sus palabras y acciones fortalecieron mi espíritu y robustecieron mis sueños cada día.

Hoy que cumpla uno de ellos, sin lugar a equivocarme, puedo decir que este proyecto está inspirado en ellos, mis papis y hermanas.

Al mismo tiempo, y de manera especial, al Alfa y Omega de mi vida, puesto que él puso en mi camino, toda la tenacidad, el amor y sobre todo sembró en mí la vocación por esta carrera. Gracias Señor.

A ti Alejandro, por ser mi compañero y mi mano amiga en momentos difíciles, por conocerme, aceptarme y perdonarme, gracias.

Y finalmente a mis niñas.

Gaby A.

DEDICATORIA

A mi Divino Niño Jesús, quien me dio la fé, fortaleza y salud para culminar este proyecto.

A mis padres, quienes son lo más importante que tengo en mi vida, gracias por todo su esfuerzo, cariño y preocupación de siempre, todo esto es para ustedes Mi gordita bella y Daddy, LOS AMO.

A mis hermanos, Joe y Fred que siempre han estado a mi lado apoyándome y brindándome su amor incondicional, en especial a lo largo de todo este proyecto, Thank you guys for been there for me always, I LOVE YOU BROS!

A mi sobrino, Isaac Rafael, quien alegra más mis días y es por quien digo que: “las mejores cosas de la vida son gratis”. Gracias mi corazoncito de melón!

A mis abuelitos, que aunque no todos estén presentes, se que estuvieron de alguna forma a mi lado dándome fuerzas.

A mis compañeros y amigos que han estado a mi lado durante todo este tiempo, y de manera muy especial a una persona que es y será siempre mi amiga de toda la vida, gracias por el apoyo en los buenos y malos momentos brujita.

Finalmente, pero no menos importante, a quienes forman parte también de mi familia, Mateo, Mike, Nico y Coco.

Krito.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser nuestra fortaleza

A nuestras familias, Sánchez – Tapia y Andrade - Espinoza, por ser el motor de nuestras vidas

A los profesionales que guiaron el proyecto:

Ingeniero Francisco León, Director de Tesis

Coronel Rodolfo Salazar, Codirector de Tesis

Ingeniero Marco Luna

Y de manera especial al Ingeniero Oswaldo Padilla, por ser la luz que encaminó nuestras ideas.

A las instituciones que colaboraron en la realización de este trabajo:

Policía Nacional

Sub-jefatura del Cantón Rumiñahui

Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui

A nuestras amigas que fueron un pilar fundamental en nuestro paso por la universidad para llegar hasta aquí, gracias por cada momento compartido, por siempre estarán en nuestros corazones.

Y a cada una de las personas que Dios puso en nuestro camino para lograr concluir esta meta profesional

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR:

María Gabriela Andrade Espinoza

Carolina Eugenia Sánchez Tapia

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

INGENIERO FRANCISCO LEÓN

DELEGADO DE LA UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO

DOCTOR MARCELO RAMIRO MEJÍA

Lugar y fecha: Sangolquí, 14 de septiembre de 2011

NOMENCLATURA UTILIZADA

<i>Acc.T</i>	Accidente de Tránsito
<i>B.D</i>	Base de Datos
<i>DBA</i>	<i>Data Base Administrator</i>
<i>D.B.M.S o S.G.B.D</i>	Sistema de Gestión de Base de Datos
<i>DDL</i>	Lenguaje de Definición de Datos
<i>DML</i>	Lenguaje de Manipulación de Datos
<i>D.N.C.T.S.V.</i>	Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial
<i>DVL</i>	Lenguaje de Definiciones de Vistas
<i>EMC</i>	Evaluación Multi-Criterio
<i>fk</i>	<i>Foreign Key</i> o Clave Secundaria
<i>Gispol</i>	Sistema de Información Geográfica para la Policía Nacional
<i>GLM</i>	Modelos Lineales Generalizados
<i>IDE</i>	Entornos de desarrollo integrados
<i>IDW</i>	<i>Inverse Distance Weighted</i>
<i>I.M.C.R.</i>	Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui
<i>INEC</i>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
<i>IPGH</i>	Instituto Panamericano de Geografía e Historia
<i>JDBC</i>	<i>Java Database Connection</i>
M.A.R.S.	Multivariate Adaptive Regression Splines
<i>Modelo (E/R)</i>	Modelo Entidad-Relación (E/R)
<i>MySQL</i>	Structured Query Language
<i>MLI</i>	Modelo de Regresión Lineal Múltiple para Intersecciones
<i>MMI</i>	Modelo MARS para Intersecciones

<i>MPI</i>	Modelo de Regresión de Poisson para Intersecciones
<i>MBNI</i>	Modelo de Regresión Binomial Negativa para Intersecciones
<i>MLT</i>	Modelo de Regresión Lineal Múltiple para Tramos
<i>MMT</i>	Modelo MARS para Tramos
<i>MPT</i>	Modelo de Regresión de Poisson para Tramos
<i>MBNT</i>	Modelo de Regresión Binomial Negativa para Tramos
<i>O.D.B.C.</i>	<i>Object Database Connection</i>
<i>OMS</i>	Organización Mundial de la Salud
<i>pk</i>	<i>Primary Key</i> o Clave Primaria
<i>P.P.</i>	Parte Policial
<i>r</i>	Coefficiente de correlación
<i>r²</i>	Coefficiente de Determinación Múltiple
<i>SIG</i>	Sistema de Información Geográfica
<i>SIGATCR</i>	Sistema de Información Geográfica de Accidentes de tránsito en el Cantón Rumiñahui
<i>S.J.C.R.</i>	Subjefatura del Cantón Rumiñahui
<i>Sxy</i>	Error estándar en la estimación de la regresión múltiple
<i>TM</i>	Sistema de Coordenadas Transversa de Mercator.
<i>WGS 84</i>	Sistema Geodésico Mundial 1984

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
MARCO GENERAL DEL PROYECTO	1
1.1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA	2
1.3.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4.OBJETIVO GENERAL	4
1.5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.6.LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA ...	5
1.7.DELIMITACIÓN DEL ÁREA	9
CAPÍTULO II	11
ANTECEDENTES.....	11
2.1. DIRECCIÓN NACIONAL DE CONTROL DEL TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL.....	11
2.2.PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL.....	11
2.3.ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL PAIS	12
2.3.1.Tipos de Accidentes de Tránsito	14
2.3.2.Causas de los Accidentes de Tránsito.....	15
CAPÍTULO III.....	22
MARCO TEÓRICO	22
3.1.INTRODUCCIÓN.....	22
3.2.BASE DE DATOS	22
3.2.1.Definición de Base de Datos	23
3.2.2.Sistema de Base de Datos	24
3.3.ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	26

3.4.DISEÑO LÓGICO DE LA BASE DE DATOS	26
3.4.1.Modelo de Datos	26
3.5.ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	31
3.5.1.Sistema Gestor de Base de Datos o Data Base Management System.....	31
3.5.2.Consultas en MySQL.....	33
3.6.APLICACIÓN DE LA BASE DE DATOS	34
3.7.PRESENTACIÓN DEL PARTE POLICIAL	35
3.8.USUARIOS	36
3.8.1.Administradores de la B.D.....	36
3.8.2.Desarrolladores o Programadores de Aplicaciones.....	36
3.8.3.Usuarios finales	36
3.9.TEORIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO	37
3.9.1.Principales factores de los Accidentes de Tránsito	37
3.10.SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	38
3.10.1.Generalidades	38
3.11.ANÁLISIS ESPACIAL	42
3.11.1.Herramientas técnicas del análisis espacial.....	43
3.11.2.El análisis espacial de Accidentes de Tránsito y los SIG	48
3.12.MODELAMIENTO	50
3.12.1.Características e importancia de los SIG en el modelado.....	50
3.12.2.Concepto	50
3.12.3.Tipos de Modelos	52
3.13.MODELADO ESPACIAL	53
3.13.1.Concepto	53
3.13.2.Operaciones de Análisis y Modelado Espacial.....	54
3.13.3.Integración de Modelado Espacial y SIG	55
3.13.4.Etapas para la Generación de Modelos en un SIG.....	56

3.14.DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRITICOS	58
3.14.1.Georeferenciación de los Accidentes de Tránsito.....	58
3.14.2.Medición de los Accidentes de Tránsito.....	59
3.14.3.Medición de la tasa de los Accidentes de Tránsito	59
3.15.ESTADÍSTICA.....	60
3.15.1Estadística Descriptiva	60
3.15.2.Estadística Inferencial o Inductiva	61
3.16.MODELOS ESTADÍSTICOS	63
3.16.1.Análisis de Regresión.....	64
3.16.2.Tipos de Regresión.....	64
3.16.3.Análisis de Regresión Lineal Simple.....	64
3.16.4.Análisis de Regresión Lineal Múltiple	65
3.16.5.MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines)	68
3.16.6.Regresión de Poisson	69
3.16.7.Regresión Binomila Negativa	71
CAPÍTULO IV	72
BASE DE DATOS ALFANÚMERICA Y AUTOMATIZACIÓN DEL PARTE POLICIAL.....	72
4.1.INTRODUCCIÓN.....	72
4.2.ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....	74
4.3.RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN TABULAR.....	76
4.3.1.Recopilación de la información en el proceso de levantamiento de un accidente de tránsito	77
4.4.DISEÑO LÓGICO DE LA BASE DE DATOS	77
4.4.1.Modelo Conceptual	78
4.4.2.Modelo Lógico	81
4.4.3.Modelo Físico	83
4.4.4.Diccionario de Datos	86

4.5. ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	86
4.5.1. Generación del Script del modelo físico	86
4.5.2. Creación y Configuración de la Base de Datos.....	86
4.5.3. Registro de la Base de Datos	91
4.5.4. Importación de los Datos a la Base de Datos.....	93
4.5.5. Depuración de los datos en la B.D.	98
4.6. FUNCIONALIDAD DE LA BASE DE DATOS MEDIANTE CONSULTAS SQL	99
4.6.1. Consultas en la B.D. MySQL.....	99
4.7. DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	103
4.7.1. Desarrollo de la Aplicación de la B.D.....	103
4.7.2. Desarrollo de la Aplicación del Reporte del Parte Policial	103
4.8. PRESENTACIÓN	127
4.8.1. Presentación de la Aplicación de la B.D.	128
4.8.2. Presentación de la Aplicación del Reporte del P.P. y Menú de Consultas.....	128
4.9. TIPOS DE USUARIO Y FUNCIONES PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PARTE POLICIAL.....	129
CAPÍTULO V	131
DESARROLLO, ANÁLISIS Y MODELAMIENTO ESPACIAL.....	131
5.1. INTRODUCCIÓN.....	131
5.2. RECOPIACIÓN, ACTUALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	132
5.2.1. Recopilación de Insumos Cartográficos	132
5.2.2. Actualización de Información Cartográfica	133
5.2.3. Corrección de la Información Cartográfica.....	136
5.3. CONVERSIÓN DE FORMATOS	136
5.4. ESPACIALIZACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO.....	137
5.4.1. Criterios adoptados en la Espacialización de los Accidentes de Tránsito	141

5.4.2.Limitantes en la Espacialización de los Accidentes de Tránsito	142
5.5.INTEGRACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO ESPACIALIZADOS CON LA BASE DE DATOS (GISPOL)	143
5.5.1.Estadísticas Generales de los Accidentes de Tránsito Espacializados del año 2009	145
5.6.DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO	149
5.6.1.Información y datos de las Variables	150
5.6.2.Relaciones de las variables con el fenómeno de Accidentes de Tránsito	152
5.7.ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE.....	158
5.7.1.Frecuencia de Accidentes de Tránsito en Intersecciones y Tramos (año 2009).....	159
5.7.2.Puntos Críticos en las Intersecciones y Estadísticas generales (año 2009)	165
5.7.3.Puntos Críticos en los Tramos y Estadísticas generales año 2009	168
5.8.ANÁLISIS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES.....	171
5.8.1.Análisis de los Factores de las Variables Independientes	173
5.9.DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA EN INTERSECCIONES.....	176
5.9.1.Número de Carriles (Num_carr_Inters_1)	176
5.9.2.Velocidad (Veloc_Inters_1)	179
5.9.3.Tipo de Rodadura (Tip_rod_Inters_1).....	182
5.9.4.Estado de la Vía (Est_via_Inters_1)	187
5.9.5.Clase de Vía (Clas_via_Inters_1).....	191
5.9.6.Tipo de Intersección (Tip_via_Inters_20m_1).....	196
5.9.7.Cantidad de Intersecciones (Cant_Inters_1)	200
5.9.8.Ocupación del Suelo (Ocup_suelo_Inters_1)	202
5.10.DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA EN TRAMOS.....	206
5.10.1.Número de Carriles (Num_carr_Tram_1).....	206
5.10.2.Velocidad (Veloc_Tram_1)	210
5.10.3.Tipo de Rodadura (Tip_rod_Tram_1)	213
5.10.4.Estado de la Vía (Est_via_Tram_1).....	218

5.10.5. Clase de Vía (<i>Clas_via_Tram_1</i>).....	221
5.10.6. Ocupación del Suelo (<i>Ocup_suelo</i>).....	226
5.11. MODELOS CARTOGRÁFICOS GENERALES PARA EL MODELAMIENTO ESPACIAL	231
5.12. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL MODELO DE INTERSECCIONES Y TRAMOS	236
5.12.1. Variables que intervienen en el análisis de regresión lineal múltiple para Intersecciones y Tramos	236
5.12.2. Muestreo (<i>Sample</i>) para el modelo de Intersecciones y Tramos	238
5.12.3. Elaboración de Diagramas de Dispersión para el modelo de Intersecciones y Tramos	238
5.12.4. Planteamiento de las ecuaciones de Regresión Lineal Múltiple para el modelo de Intersecciones y Tramos	241
5.13. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE EN INTERSECCIONES	243
5.14. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines) PARA INTERSECCIONES.....	253
5.15. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN DE POISSON PARA INTERSECCIONES.....	257
5.16. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN BINOMIAL NEGATIVA PARA INTERSECCIONES.....	261
5.17. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS MODELOS PLANTEADOS PARA INTERSECCIONES	264
5.17.1. Análisis de los modelos de Regresión Lineal Múltiple y MARS para intersecciones	264
5.17.2. Análisis de los modelos de Regresión de Poisson y Binomial Negativa para intersecciones	265
5.18. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE (MLT) EN TRAMOS.....	266
5.18.1. Análisis del Diagrama de Dispersión	266
5.18.2. Resultados del Modelo de Regresión Lineal Múltiple en Tramos	266
5.18.3. Prueba de Validación del Modelo	272

5.18.4. Ecuación de Regresión Lineal Múltiple	272
5.18.5. Zonas Susceptibles a Acc.T. en el Modelo de Regresión Lineal Múltiple	273
5.19. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN MULTIVARIADA ADAPTATIVA SPLINES (M.A.R.S.) EN TRAMOS.....	274
6.18.5. Resultados del Modelo de Regresión Multivariada Adaptativa Splines (M.A.R.S) en Tramos	274
7.18.5. Zonas Susceptibles a Acc.T. en el Modelo M.A.R.S.	277
5.20. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN DE POISSON EN TRAMOS (MPT)	277
5.20.1. Análisis de los Resultados de la Regresión de Poisson	277
5.20.2. Ecuación de la Distribución de Poisson	280
5.20.3. Zonas Susceptibles a Acc.T. en el Modelo de Distribución de Poisson.....	281
5.21. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN BINOMIAL NEGATIVA EN TRAMOS (MBNT).....	282
5.21.1. Análisis de los Resultados de la Regresión Binomial Negativa.....	282
5.21.2. Ecuación de la Distribución Binomial Negativa	284
5.21.3. Zonas Susceptibles a Acc.T. en el Modelo de Distribución Binomial Negativa	285
5.22. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS MODELOS CARTOGRAFICOS PLANTEADOS	285
5.22.1. Validación Estadística entre los Modelos de Regresión Lineal Múltiple y el Multivariada Adaptativa Splines M.A.R.S.	285
5.22.2. Validación Estadística entre los Modelos de Regresión de Poisson y Binomial Negativa	287
5.23. IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS OBTENIDOS.....	288
CAPÍTULO VI.....	289
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	289
4.1. CONCLUSIONES	289
6.2. RECOMENDACIONES	291
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	294

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I.....	1
Tabla. 1.1. Datos Generales del Cantón Rumiñahui.....	6
Tabla. 1.2. Población por Géneros del Cantón Rumiñahui.....	8
CAPÍTULO II	11
Tabla. 2.1. Anuario Estadísticas de Transporte – Serie Histórica de Acc.T. y Víctimas ocurridos en el País 2000-2009.....	13
Tabla. 2.2. Registro histórico de los Acc.T. (2002-2008) a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.....	14
Tabla. 2.3. Registro histórico de fallecidos a causa de los Acc.T. (2002-2008) a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.....	14
Tabla. 2.4. Tipos de Acc.T.....	14
Tabla. 2.5. Causas de Acc.T.	15
Tabla. 2.6. Anuario Estadísticas de Transporte – Acc.T. a Nivel Nacional (Años 2008-2009).	15
Tabla. 2.7. Cuantificación de los factores incidentes en la accidentalidad a nivel nacional (Años 2000-2008), excepto la Provincia del Guayas.....	18
Tabla. 2.8. Índices de accidentalidad a nivel nacional (Años 2000-2008), excepto la Provincia del Guayas.....	19
Tabla. 2.9. Accidentalidad en función de 100.000 habitantes a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.....	20
Tabla. 2.10. Accidentalidad en función de 10.000 vehículos a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.....	20
Tabla. 2.11. Tasa de Acc.T. por cada 10.000 vehículos en el Cantón Rumiñahui.....	21
CAPÍTULO III.....	22
Tabla. 3.1. Principales operaciones que realizan los SIG dentro del análisis integrado de datos espaciales y temáticos.....	41
CAPÍTULO IV	72
Tabla. 4.1. Análisis de requerimientos para la Automatización del P.P.	74
Tabla. 4.2. Campos añadidos en el P.P.	78

Tabla. 4.3. Acc.T. año 2005.....	94
Tabla. 4.4. Acc.T. año 2006.....	94
Tabla. 4.5. Acc.T. año 2007.....	95
Tabla. 4.6. Acc.T. año 2008.....	95
Tabla. 4.7. Acc.T. año 2009.....	96
Tabla. 4.8. Depuración de datos en la B.D. MySQL.	98
Tabla. 4.9. Sub-Reportes Creados.....	104
CAPÍTULO V	131
Tabla. 5.1. Accidentes de Tránsito Registrados y Espacializados de los años 2005 – 2009 en el Cantón Rumiñahui.	137
Tabla. 5.2. Tipos de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.	146
Tabla. 5.3. Causas de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.	147
Tabla. 5.4. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.	148
Tabla. 5.5. Horas de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.	149
Tabla. 5.6. Variables en estudio para el análisis y modelamiento espacial.....	151
Tabla. 5.7. Número de Carriles existentes en las vías del C.R. año 2009.....	152
Tabla. 5.8. Velocidad permitida en las vías de todo tipo (Av., Calle, Pasaje, Puente, Redondel e Isleta) del C.R.	154
Tabla. 5.9. Tipo de rodadura de las vías del C.R. año 2009.	155
Tabla. 5.10. Tipo de estado de las vías.	156
Tabla. 5.11. Jerarquización Vial.	157
Tabla. 5.12. Tipo de Intersecciones	157
Tabla. 5.13. Ocupación del Suelo en el Cantón Rumiñahui.	158
Tabla. 5.14. Total de Accidentes de Tránsito en las Intersecciones del Cantón Rumiñahui.	161
Tabla. 5.15. Total de Accidentes de Tránsito en los Tramos del Cantón Rumiñahui.....	163
Tabla. 5.16. Tipos de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.	166
Tabla. 5.17. Causas de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.	167

Tabla. 5.18. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.	168
Tabla. 5.19. Tipos de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.	169
Tabla. 5.20. Causas de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.	170
Tabla. 5.21. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.	171
Tabla. 5.22. Variables Cualitativas año 2009.	173
Tabla. 5.23. Variables Cuantitativas año 2009.	175
Tabla. 5.24. Normalización de los factores de la variable Velocidad en Intersecciones.	181
Tabla. 5.25. Código de los Factores de la Variable Tipo de Rodadura en Intersecciones. ...	184
Tabla. 5.26. Combinaciones de los factores de la variable Tipo de rodadura en Intersecciones (<i>Tip_rod_Inters_Punt_1</i>).	185
Tabla. 5.27. Normalización de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Intersecciones.....	186
Tabla. 5.28. Código de los Factores de la Variable Estado de la Vía en Intersecciones.....	189
Tabla. 5.29. Código de los Factores de la Variable Clase de Vía en Intersecciones.	193
Tabla. 5.30. Combinaciones de los factores de la variable Clase de Vía en Intersecciones (<i>Clas_via_Inters_Punt_1</i>).	194
Tabla. 5.31. Normalización de los factores de la variable Clase de Vía en Intersecciones.	195
Tabla. 5.32. Factores de la variable Tipo de Intersección.....	196
Tabla. 5.33. Descripción de los factores de la variable Tipo de Intersección.	198
Tabla. 5.34. Código de los Factores de la Variable Tipo de Intersección.....	198
Tabla. 5.35. Factores de la variable Tipo de Intersección.....	200
Tabla. 5.36. Código de los Factores de la Variable Ocupación del Suelo en Intersecciones.	204
Tabla. 5.37. Ejemplo de la Matriz de las Variables Independientes para Intersecciones	206
Tabla. 5.38. Factores de la variable Número de Carriles en Tramos.	207
Tabla. 5.39. Factores y Frecuencia de Acc.T. de la variable Número de Carriles en Tramos	209
Tabla. 5.40. Factores de la variable Velocidad en Tramos.	210
Tabla. 5.41. Factores y Frecuencia de la variable Velocidad en Tramos.....	212
Tabla. 5.42. Normalización de los factores de la variable Velocidad en Tramos.	213

Tabla. 5.43. Factores de la variable Tipo de Rodadura en Tramos.....	214
Tabla. 5.44. Factores y Frecuencia de la variable Tipo de Rodadura en Tramos.	216
Tabla. 5.45. Puntuación de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Tramos.	216
Tabla. 5.46. Normalización de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Tramos ...	217
Tabla. 5.47. Factores de la variable Estado de la vía en Tramos.	218
Tabla. 5.48. Factores y Frecuencia de Acc.T. de la variable Estado de la vía en Tramos. ..	220
Tabla. 5.49. Puntuación de los factores de la variable Estado de la vía en Tramos.....	220
Tabla. 5.50. Factores de la variable Clase de Vía en Tramos.	222
Tabla. 5.51. Factores y Frecuencia de la variable Clase de Vía.....	224
Tabla. 5.52. Puntuación de los factores de la variable Clase de Vía.....	225
Tabla. 5.53. Valoración de los factores de la variable Clase de Vía en Tramos.....	226
Tabla. 5.54. Factores de la variable Ocupación del Suelo en Tramos.	226
Tabla. 5.55. Código de los Factores de la Variable Ocupación del Suelo en Tramos.	228
Tabla. 5.56. Normalización de los factores de la variable Ocupación del Suelo en Tramos.	230
Tabla. 5.57. Ejemplo de la Matriz de las Variables Independientes para Tramos	231
Tabla. 5.58. Variables independientes en formato raster para el modelamiento en Intersecciones y Tramos.	237
Tabla. 5.59. Resultado de los coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (1era interacción).	244
Tabla. 5.60. Resultado de los coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (2da interacción).	246
Tabla. 5.61. Coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (3era interacción).....	247
Tabla. 5.62. Variables resultantes de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (3era interacción)	248
Tabla. 5.63. Resultado general de la regresión lineal múltiple para el modelo de intersecciones (3era interacción).....	248
Tabla. 5.64. Resultado ANOVA de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (3era interacción).	250
Tabla. 5.65. Variables resultantes de MARS para el modelo de Intersecciones.....	255

Tabla. 5.66. Información general de los valores de las variables en la regresión de Poisson para el modelo de Intersecciones (2da interacción).	258
Tabla. 5.67. Ajustes de bondad de la regresión de Poisson para el modelo de Intersecciones (2da interacción).	258
Tabla. 5.68. Coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión de Poisson para el modelo de Intersecciones (2da interacción).	259
Tabla. 5.69. Variables resultantes de la regresión de Poisson para el modelo de Intersecciones (2da interacción).	260
Tabla. 5.70. Ajustes de bondad de la regresión Binomial Negativa para el modelo de Intersecciones (2da interacción).	262
Tabla. 5.71. Coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión Binomial Negativa para el modelo de Intersecciones (2da interacción).	262
Tabla. 5.72. Variables resultantes de la regresión Binomial Negativa para el modelo de Intersecciones (2da interacción).	263
Tabla. 5.73. Valores estadísticos del modelo de regresión lineal múltiple y MARS para intersecciones.	265
Tabla. 5.74. Valores estadísticos del modelo de Poisson y Binomial Negativa para intersecciones.	265
Tabla. 5.75. Resumen del Modelo del Regresión Lineal Primera Interacción.	267
Tabla. 5.76. Coeficientes del Modelo de Regresión Lineal de la Primera Interacción.	267
Tabla. 5.77. Estadísticos Descriptivos del Modelo de Regresión Lineal.	269
Tabla. 5.78. Matriz de Correlaciones del Modelo de Regresión Lineal.	270
Tabla. 5.79. Resumen del Modelo del Regresión Lineal Segunda Interacción.	270
Tabla. 5.80. Anova del Modelo de Regresión Lineal.	271
Tabla. 5.81. Coeficientes del Modelo de Regresión Lineal, Segunda Interacción.	271
Tabla. 5.82. Resumen del Modelo de Mars.	275
Tabla. 5.83. Variable Importante del Modelo de Mars.	275
Tabla. 5.84. Coeficientes del Modelo de Mars.	276
Tabla. 5.85. Coeficientes de la Primera Interacción del Modelo de Distribución de Poisson.	278
Tabla. 5.86. Información de las Variables del Modelo de de Distribución de Poisson.	279

Tabla. 5.87. Estadísticos Descriptivos de la Segunda Interacción de la Distribución de Poisson.	279
Tabla. 5.88. Coeficientes de la Segunda Interacción del Modelo de Distribución de Poisson.	280
Tabla. 5.89. Coeficientes de la Primera Interacción del Modelo de Regresión de Binomial Negativa.	282
Tabla. 5.90.- Estadísticos Descriptivos de la Segunda Interacción de la Distribución de Binomial Negativa.	283
Tabla. 5.91. Coeficientes de la Segunda Interacción del Modelo de Distribución de Binomial Negativa.	283
Tabla. 5.92. Valores del Coeficiente de Determinación Múltiple de cada Modelo.	286
Tabla. 5.93. Valores de la Suma Cuadrática de los Errores de cada Modelo.	286
Tabla. 5.94. Valores del Error Estándar de Estimación de cada Modelo.	287
Tabla. 5.95. Validación de los Modelos Lineales Generalizables.	288

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I.....	1
Figura. 1.1. Localización Geográfica Cantón Rumiñahui.....	6
Figura. 1.2. Orografía del Cantón Rumiñahui.	7
Figura. 1.3. Relieve del Cantón Rumiñahui.....	8
Figura. 1.4. Pirámide de Población del Cantón Rumiñahui.....	9
Figura. 1.5. Delimitación del Área y ejes viales del Cantón Rumiñahui.	10
CAPÍTULO II	11
Figura. 2.1. Tendencia de las Causas Principales de los Acc.T. del 2005 al 2008 a nivel Nacional.....	13
Figura. 2.2. Acc.T. según la Clase/Tipo de Acc.T. a nivel nacional en el año 2008 y 2009. 16	16
Figura. 2.3. Acc.T. según el área donde ocurren a nivel nacional (2002-2008), excepto la Provincia del Guayas.	16
Figura. 2.4. Tendencia de los Acc.T. a nivel nacional (2000 - 2008), excepto la Provincia del Guayas.	17
Figura. 2.5. Tendencia de mortalidad causada por los Acc.T. a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.	17
Figura. 2.6. Relaciones y probabilidades de los Acc.T. a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.....	18
Figura. 2.7. Relaciones y probabilidades de la mortalidad causada por los Acc.T. a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.....	18
Figura. 2.8. Tendencia de crecimiento del parque automotor a nivel nacional (Años 2000-2008), excepto la Provincia del Guayas.....	19
Figura. 2.9. Mapa de Frecuencias de Acc.T. (2009) en Ecuador, excepto la provincia del Guayas.	21
CAPÍTULO III.....	22
Figura. 3.1. Proceso Teórico a seguir para realizar la aplicación de la B.D.	25
Figura. 3.2. Elementos de Cardinalidad.....	28
Figura. 3.3. Ejemplos Modelos Entidad-Relación.	29

Figura. 3.4. Conexión Modelos Relacional.....	30
Figura. 3.5. Sistema Gestor de Base de Datos.	31
Figura. 3.6. Ejemplos de Sistema gestor de Base de Datos.	32
Figura. 3.7. Operaciones de los SIG.	40
Figura. 3.9. Herramientas técnicas para el análisis espacial.	45
Figura. 3.10. Ejemplo de Análisis Espacial de la relación entre Puentes Peatonales y atropellamientos.....	49
Figura. 3.11. Ejemplo de un Mapa de Distribución Espacial de los Acc.T. en la ciudad de Cartagena.	50
Figura. 3.12. Propiedades Emergentes deducibles del modelo.....	51
Figura. 3.13. Clasificación de los Tipos de Modelo.	52
Figura. 3.14. Sistema de ayuda a la planificación integrando modelos y SIG.....	56
Figura. 3.15. Etapas para la generación de un modelo en un SIG.	57
Figura. 3.16. Estadística Descriptiva. Fuente: Elaboración propia.....	60
Figura. 3.17. Tipos de Variables.....	62
Figura. 3.18. Signos de la Pendiente en una Recta.	65
Figura. 3.19. Knot, puntos en los que cambia la pendiente de las regresiones.	68
CAPÍTULO IV.....	72
Figura. 4.1. Diagrama del proceso general de la Automatización del P.P.	73
Figura. 4.2. Modelo Conceptual (modelo entidad-relación E/R).....	80
Figura. 4.3. Atributos redundantes de las entidades del Modelo Conceptual.	81
Figura. 4.4. Tipos de Tablas del Modelo Lógico Relacional.	81
Figura. 4.5. Ejemplo de asignación de nombres a los atributos.....	82
Figura. 4.6. Claves primarias y cardinalidad de las tablas.	83
Figura. 4.7. Modelo Lógico (modelo relacional).	84
Figura. 4.8. Modelo Físico.....	85
Figura. 4.9. Administrador de MySQL (PhpMyAdmin) ubicado en Xampp.	87
Figura. 4.10. Creación de la B.D. (PhpMyAdmin).	87
Figura. 4.11. Ejecución del Script del modelo físico (PhpMyAdmin).....	88

Figura. 4.12. Tablas ejecutadas en la B.D. (PhpMyAdmin).	89
Figura. 4.13. Configuración de la B.D. (PhpMyAdmin).	90
Figura. 4.14. Privilegios de la B.D. (PhpMyAdmin).	91
Figura. 4.15. Registro de la B.D. Paso 1 (MySQL Manager).	92
Figura. 4.16. Registro de la B.D. Paso 2 (MySQL Manager)	92
Figura. 4.17. Tablas registradas en la B.D MySQL.	93
Figura. 4.18. Importación de datos a la B.D. MySQL.	97
Figura. 4.20. Acciones de consultas en el Query Builder (MySQL)	100
Figura. 4.21. Acciones de consultas SELECT en el Query Builder (MySQL).....	100
Figura. 4.22. Estructura SQL para la generación de consultas en el Query Builder (MySQL)	101
Figura. 4.23. Insertar condiciones para las consultas (MySQL)	101
Figura. 4.24. Estructura Select, From, Where para la generación de consultas SQL (MySQL)	102
Figura. 4.25. Generación de consultas SQL (MySQL).	102
Figura. 4.26. Diseño de los Sub-reportes del P.P. (Pentaho Report Designer)	104
Figura. 4.27. Diseño del P.P. Parte I (Pentaho Report Designer)	105
Figura. 4.28. Diseño del P.P. Parte II (Pentaho Report Designer).	105
Figura. 4.29. Diseño del P.P. Parte III (Pentaho Report Designer).....	106
Figura. 4.30. Diseño del P.P. Parte IV (Pentaho Report Designer)	106
Figura. 4.31. Java Database Connection_JDBC (Pentaho Report Designer).....	107
Figura. 4.32. Conexión del P.P. con la B.D. a través del JDBC (Pentaho Report Designer)	108
Figura. 4.33. Relación entre tablas para la información principal del Accidente (MySQL).	109
Figura. 4.34. Relación entre tablas para el sub-reporte Calzadas (MySQL).....	109
Figura. 4.35. Relación entre tablas para el sub-reporte Conductores (MySQL).	110
Figura. 4.36. Relación entre tablas para el sub-reporte Vehículos (MySQL).	110
Figura. 4.37. Relación entre tablas para el sub-reporte Víctimas (MySQL).....	111
Figura. 4.38. Relación entre tablas para el sub-reporte Testigos (MySQL).....	111

Figura. 4.39. Relación entre tablas para el sub-reporte Croquis, Observaciones y Anexos (MySQL).....	112
Figura. 4.40. Relación entre tablas para el sub-reporte Agentes (MySQL).....	112
Figura. 4.41. Ejemplo de implementación de consultas o queries en cada sub-reporte del P.P. (Para Información de Accidente) (Pentaho Report Designer)	113
Figura. 4.42. Creación del Parámetro COD_ACC para los sub-reportes del P.P. (Pentaho Report Designer).....	115
Figura. 4.43. Ejemplo de enlace de los datos para cada sub-reporte del P.P. (Pentaho Report Designer).....	116
Figura. 4.44. Área de previsualización del Acc.T. en el P.P. (Pentaho Report Designer)...	117
Figura. 4.45. Diseño del Menú de Consultas o Búsquedas de Acc.T. (Pentaho Report Designer).....	118
Figura. 4.46. Parámetros para el Menú de Consultas o Búsquedas de Acc.T.....	118
Figura. 4.47. Creación de Usuarios. (Consola de Administración de Pentaho Report Designer).....	120
Figura. 4.48. Creación de Roles. (Consola de Administración de Pentaho Report Designer)	121
Figura. 4.49. Acceso Creación a Usuarios. (Consola de Administración de Pentaho Report Designer).....	122
Figura. 4.50. Asignación de Reportes al Usuario joe. (Pentaho Report Designer).....	123
Figura. 4.51. Asignación de Reportes al Usuario joe. (Pentaho Report Designer).....	124
Figura. 4.52. Asignación de Reportes al Usuario joe. (Pentaho Report Designer).....	125
Figura. 4.53. Acciones a Ejecutar el Usuario Final. (Pentaho User Console).	126
Figura. 4.54. Asignación de Reportes al Usuario joe. (Pentaho Report Designer).....	127
Figura. 4.55. Reporte Final del P.P. (Pentaho User Console).....	128
Figura. 4.56. Tipos de Usuario y Funciones para la Automatización del Parte Policial.....	130
CAPÍTULO V	131
Figura. 5.1. Modificación de Información Cartográfica, Av. Gral. Rumiñahui y Boulevard Santa Clara.....	135
Figura. 5.2. Accidentes de Tránsito Registrados y Especializados de los años 2005 - 2009.	138
Figura. 5.3. Accidentes de Tránsito Especializados año 2005.....	139

Figura. 5.4. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2006.....	139
Figura. 5.5. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2007.....	140
Figura. 5.6. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2008.....	140
Figura. 5.7. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2009.....	141
Figura. 5.8. Esquema general de la integración del SIG de Acc.T. “SIGATCR” con la Base de Datos “GISPOL”.....	144
Figura. 5.9. Accidentabilidad en las Parroquias del Cantón Rumiñahui año 2009.....	145
Figura. 5.10. Tipos de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.....	146
Figura. 5.11. Causas de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.....	147
Figura. 5.12. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.	148
Figura. 5.13. Horas de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.	149
Figura. 5.14. Modelo_Cartográfico_1: Generación de la variable Dependiente (Frecuencia de Acc.T. en Intersecciones y en Tramos).....	164
Figura. 5.15. Porcentaje de Accidentes de Tránsito en Intersecciones y Tramos del Cantón Rumiñahui año 2009.....	165
Figura. 5.16. Tipos de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.	166
Figura. 5.17. Causas de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.....	167
Figura. 5.18. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.	168
Figura. 5.19. Tipos de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.....	169
Figura. 5.20. Causas de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.....	170
Figura. 5.21. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.	170
Figura. 5.22. Modelo_Cartográfico_2: Variables Independientes para el Análisis de Zonas Susceptibles a Accidentes de Tránsito.	172
Figura. 5.23. Ejemplo de Obtención de los Factores de Número de carriles en Intersecciones.	176
Figura. 5.24. Modelo_Cartográfico_3: Análisis del Número de Carriles en Intersecciones.....	177
Figura. 5.25. Ejemplo de Obtención de los Factores de la Velocidad en Intersecciones.....	179
Figura. 5.26. Modelo_Cartográfico_4: Análisis de la Velocidad en Intersecciones.....	180

Figura. 5.27. Modelo_Cartográfico_5: Análisis del Tipo de Rodadura en Intersecciones. .	183
Figura. 5.28. Modelo_Cartográfico_6: Análisis del Estado de Vía en Intersecciones.....	188
Figura. 5.29. Modelo_Cartográfico_7: Análisis de la Clase de Vía en Intersecciones.	192
Figura. 5.30. Modelo_Cartográfico_8: Análisis del Tipo de Intersección.....	197
Figura. 5.31. Modelo_Cartográfico_9: Análisis de la Cantidad de Intersecciones.....	201
Figura. 5.32. Modelo_Cartográfico_10: Análisis de la Ocupación del Suelo en Intersecciones.....	203
Figura. 5.33. Modelo_Cartográfico_11: Análisis del Número de Carriles en Tramos	208
Figura. 5.34. Modelo_Cartográfico_12: Análisis de la Velocidad en Tramos	211
Figura. 5.35. Modelo_Cartográfico_13: Análisis del Tipo de Rodadura en Tramos.....	215
Figura. 5.36. Modelo_Cartográfico_14: Análisis del Estado de la Vía en Tramos.	219
Figura. 5.37. Modelo_Cartográfico_15: Análisis de la Clase de Vía en Tramos.	223
Figura. 5.38. Modelo_Cartográfico_16: Análisis de la Ocupación del Suelo en Tramos....	227
Figura. 5.39. Modelo_Cartográfico _17: Susceptibilidad de Acc.T. en Intersecciones.....	233
Figura. 5.40. Modelo_Cartográfico _18: Susceptibilidad de Acc.T. en Tramos.	235
Figura. 5.41. Diagrama de Dispersión Frecuencia Acc.T. vs Número de carriles en intersecciones.....	239
Figura. 5.42. Diagrama de Dispersión de Frecuencia de Acc.T. vs Número de carriles en tramos.....	239
Figura. 5.43. Resultados Generales obtenidos de MARS para el modelo de Intersecciones	253

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	¡Error! Marcador no definido.
PARTE POLICIAL	¡Error! Marcador no definido.
1.1.INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.1. Parte Policial Original.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 2	¡Error! Marcador no definido.
DICCIONARIO DE DATOS.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.CONTENIDO ALFANUMÉRICO DE LAS TABLAS DE LA BASE DE DATOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 3	¡Error! Marcador no definido.
DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS	¡Error! Marcador no definido.
3.1.SCRIPT MODELO FÍSICO	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 4	¡Error! Marcador no definido.
DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA B.D. EN EL ENTORNO DE DESARROLLO INTEGRADO (IDE) ECLIPSE.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.PROGRAMACION DE LAS PANTALLAS DE INGRESO DE DATOS EN EL ENTORNO DE DESARROLLO INTEGRADO (IDE) <i>FLEX BUILDER</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.3.QUERIES OBTENIDOS DE LAS RELACIONES ENTRE TABLAS DE LA B.D. Y SU EJECUCIÓN EN LOS SUB-REPORTES DEL P.P.	¡Error! Marcador no definido.
4.4.DISEÑO DEL MENÚ DE CONSULTAS O BÚSQUEDAS DE ACC. T.	¡Error! Marcador no definido.
4.4.1. <i>Queries generados para el Menú de Acc. T.</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.4.2. <i>Creación de Parámetros para el Menú de Acc. T.</i>	¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 5	¡Error! Marcador no definido.
MANUAL DE USUARIO	¡Error! Marcador no definido.
5.1.INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
5.2.APLICACIÓN DE LA BASE DE DATOS	¡Error! Marcador no definido.
5.2.1. <i>Registrar el Accidente de Tránsito</i>	¡Error! Marcador no definido.
5.2.2. <i>Registrar las Calzadas del Accidente de Tránsito</i>	¡Error! Marcador no definido.
5.2.3. <i>Registrar las Personas</i>	¡Error! Marcador no definido.
5.3.APLICACIÓN DEL REPORTE DEL PARTE POLICIAL	¡Error! Marcador no definido.
5.3.1. <i>Reporte del Parte Policial</i>	¡Error! Marcador no definido.
5.4.BASE DE DATOS MYSQL	¡Error! Marcador no definido.
5.4.1. <i>Consultas SQL de los Datos en la Base de Datos MYSQL</i>	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 6	¡Error! Marcador no definido.
MAPA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI (2009) (Mapa Nro. 1)	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 7	¡Error! Marcador no definido.
FRECUENCIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LAS INTERSECCIONES DEL CANTÓN RUMIÑAHUI (2009)	¡Error! Marcador no definido.
7.1.FRECUENCIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN INTERSECCIONES	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 8	¡Error! Marcador no definido.
MAPA DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y PUNTOS CRÍTICOS EN LAS INTERSECCIONES DEL CANTÓN RUMIÑAHUI (2009) (Mapa Nro. 2)	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 9	¡Error! Marcador no definido.
FRECUENCIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LOS TRAMOS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI (2009)	¡Error! Marcador no definido.
9.1.FRECUENCIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN TRAMOS	¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 10 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y PUNTOS CRÍTICOS EN LOS TRAMOS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI (2009) (Mapa Nro. 3)

..... ¡Error!
or! Marcador no definido.

ANEXO 11 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE LOS TIPOS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO OCURRIDOS EN LAS INTERSECCIONES DEL CANTÓN RUMIÑAHUI (2009) (Mapa Nro. 4)

¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 12 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE LOS TIPOS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO OCURRIDOS EN TRAMOS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI (2009) (Mapa Nro. 5). ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 13 ¡Error! Marcador no definido.

DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN ¡Error! Marcador no definido.

13.1...DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS DE LAS VARIABLES DEL MODELO DE INTERSECCIONES ¡Error! Marcador no definido.

13.2...DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN DE LOS DATOS DE LAS VARIABLES DEL MODELO DE TRAMOS ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 14 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN INTERSECCIONES MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE (MLI) – Mapa Nro. 6 ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 15 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN INTERSECCIONES MEDIANTE MARS (MMI) – Mapa Nro. 7 ... ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 16 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN INTERSECCIONES MEDIANTE REGRESIÓN DE POISSON (MPI) – Mapa Nro. 8

.....¡Error!
or! Marcador no definido.

ANEXO 17 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN INTERSECCIONES MEDIANTE REGRESIÓN BINOMIAL NEGATIVA (MBNI) – Mapa Nro. 9 ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 18 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN TRAMOS MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE (MLT) – Mapa Nro. 10 ..¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 19 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN TRAMOS MEDIANTE MARS (MMT) – Mapa Nro. 11 ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 20 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN TRAMOS MEDIANTE REGRESIÓN DE POISSON (MPT) – Mapa Nro. 12 .¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 21 ¡Error! Marcador no definido.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN TRAMOS MEDIANTE REGRESIÓN BINOMIAL NEGATIVA (MBNT) – Mapa Nro. 13
¡Error! Marcador no definido.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

- **ACCIDENTE.-** Según el Diccionario de la Real Academia Española (D.R.A.E. 2001) un accidente es un "suceso eventual que altera el orden regular de las cosas".

- **ACCIDENTABILIDAD.-** Se aplica a la frecuencia o índice de accidentes, por ejemplo, asciende la tasa de Accidentabilidad. (D.R.A.E. 2001).

- **ACCIDENTALIDAD.-** Es la cualidad de accidental y alude a una situación “casual o imprevista”, de menor importancia o falta de fundamento, por ejemplo: la empresa ha tratado de demostrar la accidentalidad del vertido tóxico. (D.R.A.E. 2001).

- **AUTOMATIZACIÓN.-** El principio básico de automatizar es que el hombre no intervenga en un proceso sistemático real, y si lo hace deberá ser lo menos posible, a medida de que esto se lleve a cabo, el proceso o actividad logrará su automatización, cabe señalar que el proceso de automatizar depende de ciertas actividades metódicas previamente programadas ordenadamente y que pueden ser repetitivas mediante ciclos.

B

- **BUFFER.-** (*Área de influencia*).- Es un polígono que resulta de la extensión de un área ya sea horizontal o verticalmente. Se mide en unidades de longitud.

D

- **DENSIDAD DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO.-** Es equivalente al número de accidentes de tránsito ocurridos dividido para el área, sitio o tramo de la vía donde ocurren. Indica el número de accidentes que ocurren en cualquiera de las unidades mencionadas.

E

- **ESPACIALIZAR.-** Se espacializa información que no es cartográfica, por ejemplo, accidentes de tránsito, agencias bancarias, etc., a diferencia de georeferenciar, donde se georeferencian productos cartográficos, como por ejemplo: imágenes satelitales. (MSC. Ing. Geógrafo Mena, Santiago, CLIRSEN, Marzo 2010).

H

- **HOST.-** El término Host es usado en informática para referirse a los computadores conectados a la red, que proveen o utilizan servicios de ella. Los usuarios deben utilizar hosts para tener acceso a la red. En general, los hosts son computadores mono o multiusuario que ofrecen servicios de transferencia de archivos, conexión remota, servidores de base de datos, servidores WWW, etc. Los usuarios que hacen uso de los hosts pueden a su vez pedir los mismos servicios a otras máquinas conectadas a la red. De forma general un host es todo equipo informático que posee un IP y que se encuentra interconectado con uno o más equipos.

I

- **INTERPOLACIÓN.-** (*Interpolation*).- Es el procedimiento de predecir el valor de una variable en un punto no muestral a partir de valores.
- **INTERSECCIÓN.-** Se define intersección como la zona común de dos o varias vías que se encuentran o se cortan al mismo nivel, y en la que se incluyen los ramales que puedan utilizar los vehículos para el paso de una a otra vía.

J

- **JDBC.-** (*Java Database Connectivity*) es un API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) que brinda un conjunto de interfaces y clases para acceder a cualquier motor de base de datos que lo implemente.

L

- **LOCALHOST.-** Es un nombre reservado que tienen todas las computadoras, router o dispositivo. El nombre localhost es traducido como la dirección IP.

M

- **MATRIZ.-** Estructura de datos formada por elementos (celdas) dispuestos regularmente en filas y columnas.

P

- **PUNTO NEGRO.-** También conocido como Blackspot, se denomina así a los sitios, tramos o zonas de la vía, caracterizados por la ocurrencia de un número de accidentes de tránsito (habitualmente de 3 a 5), en un período de tiempo dado (generalmente por año); estos siniestros son anormalmente altos con relación a otros lugares de la misma red vial o a la totalidad de la misma.

Q

- **QUERY.-** En base de datos, *query* significa consulta. Es decir, un *query* en base de datos es una búsqueda o pedido de datos almacenados en una base de datos.

R

- **RASTER.-** Modelo de datos en el que la realidad se representa mediante celdas que forman un mosaico regular cada celda del mosaico es una unidad de superficie que recoge el valor medio de la variable representada (altitud, reflectancia, etc.); las celdas pueden ser cuadradas (celdas) o no (triangulares, hexagonales...) un modelo de datos raster está basado en localizaciones.

S

- **SERVIDOR.-** En informática, un servidor es una computadora que, formando parte de una red, provee servicios a otras computadoras denominadas clientes o usuarios. También se suele denominar con la palabra servidor a: una aplicación informática o programa que realiza algunas tareas en beneficio de otras aplicaciones llamadas

clientes. Algunos servicios habituales son los servicios de archivos, que permiten a los usuarios almacenar y acceder a los archivos de una computadora y los servicios de aplicaciones, que realizan tareas en beneficio directo del usuario final. Este es el significado original del término. Es posible que un ordenador cumpla simultáneamente las funciones de cliente y de servidor.

- **SERVIDOR WEB.-** Almacena documentos HTML, imágenes, archivos de texto, escrituras, y demás material Web compuesto por datos (conocidos colectivamente como contenido), y distribuye este contenido a clientes que la piden en la red. Entre los servidores web más importantes se tiene: Apache, Tomcat, IIS, Cherokee.

- **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).-** “Los Sistemas de Información Geográfica se pueden definir como una tecnología integradora que une varias disciplinas con el objetivo común del análisis, creación, adquisición, almacenamiento, edición, transformación, visualización, distribución, etc. de la información geográfica”. (Goodchild, 2000).

- **SUSCEPTIBILIDAD:** “Está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico”. Soldano, Álvaro, *Conceptos sobre Riesgo*, 2009.

- **SCRIPT.-** Un *script* (cuya traducción literal es 'guion') o archivo de órdenes o archivo de procesamiento por lotes es un programa usualmente simple, que por lo regular se almacena en un archivo de texto plano. El uso habitual de los scripts es realizar diversas tareas como combinar componentes, interactuar con el sistema operativo o con el usuario.

- **TRAMO.-** es un segmento de la vía que posee características físicas y operativas iguales en toda su longitud. La definición de la longitud de un “tramo” en una red vial, varía de acuerdo al tipo de análisis que se pretenda realizar.

V

- **VARIABLE.-** Se refiere a las propiedades de la realidad que varían, es decir, su idea contraria son las propiedades constantes de cierto fenómeno.

CAPÍTULO I

MARCO GENERAL DEL PROYECTO

1.1. INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo socio-económico genera un importante volumen de movimiento en la población, ya sea por necesidades laborales o por simple desplazamiento. Ligado a esto, los transportes en general han aumentado en número cubriendo y facilitando a la población el desplazamiento a sus destinos, en principio, con el fin de disminuir el factor tiempo.

Actualmente la ciudad de Quito está siendo amenazada por la constante ocurrencia de accidentes de tránsito; a raíz de esto la Policía Nacional está buscando implementar un Proyecto de Seguridad Ciudadana a nivel Nacional el cual a través del análisis de un sinnúmero de factores, buscará reducir este tipo de amenazas para preservar la seguridad de la población.

Hoy en día, debido al creciente flujo de transportes, se genera una constante concentración de éstos en horas pico, lo que provoca congestión y un importante grado de: incomodidad, inseguridad y desorden vial, que afecta al desplazamiento habitual de vehículos (públicos y particulares) y peatones, trayendo con ello riesgos como son los accidentes de tránsito.

Las grandes urbes son espejos que reflejan de manera fiel la estructura de nuestras sociedades. En ellas la cotidianeidad de los individuos está marcada por procesos complejos, situaciones individuales y socio-económicas, que reproducen experiencias colectivas que dejan entrever un desarrollo poco equitativo, así como la falta de

oportunidades, trayendo como consecuencia la inseguridad urbana la cual pone en cuestión la condición y la calidad de la ciudadanía.

A causa de estos riesgos, la Policía Nacional a través de La Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial (D.N.C.T.S.V.), es quien debe velar por la tranquilidad y seguridad de la población, enfocándose en el control de accidentes.

Es así que las estadísticas de accidentes de tránsito impulsan y constituyen en un motivo relevante para continuar con la ejecución de planes y programas de seguridad vial e implementar nuevas metodologías de análisis y tratamiento de focos de accidentes **(Proyecto de mapeo de los accidentes de tránsito)** que le den un sustento y continuidad a los proyectos planteados por la D.N.C.T.S.V., a través de sus distintas dependencias y unidades desconcentradas a nivel Nacional con el fin de reducir estos índices.

En este caso los Sistemas de Información Geográficas SIG ofrecen alternativas muy interesantes para entidades que brindan servicios de seguridad y contingencia, ya que pueden manejar información tabular, gráfica georeferenciada y realizar aplicaciones puntuales según las necesidades.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA

En los últimos años, los índices de accidentes de tránsito se han incrementado significativamente en todo el país, siendo la provincia de Pichincha una de las más afectadas; por esta razón la Policía Nacional como entidad encargada de velar por la seguridad y bienestar de la ciudadanía, precisa avanzar al ritmo de la modernidad y la tecnología que exige un mundo globalizado; obligando a instituciones como esta a ser más competitivas y eficientes.

Basados en información actualizada, específica, completa y sistematizada esta Entidad podrá contribuir a la creación de una gestión transparente, responsable y eficaz que brinde un mejor apoyo técnico para la toma de decisiones.

Con lo anteriormente expuesto, surge la necesidad, de implementar una herramienta tecnológica, en este caso un Sistema de Información Geográfica, el cual permitirá establecer una relación entre una base de datos alfanumérica y una base gráfica georeferenciada; que mediante un análisis espacial, permitirá determinar zonas de mayor susceptibilidad¹ a accidentes de tránsito, mejorando de esta manera, la capacidad de respuesta², control y toma de decisiones de la institución, ante estos eventuales sucesos.

En materia de seguridad ciudadana los SIG aparecen como un elemento clave de apoyo a la gestión de la Policía Nacional, en la visualización de la distribución geográfica de los accidentes de tránsito, especialmente los que revisten una mayor gravedad.

De esta forma, cuando ocurre un hecho de esta magnitud, los móviles se pueden coordinar en base a su ubicación y a los puntos que posee cada uno a su alrededor. De igual manera permite hacer un seguimiento de la evolución de los accidentes o determinar las horas en que ocurre una mayor cantidad de estos, resultando mucho más fácil y rápido actuar en los sectores donde la sensación de seguridad es menor.

Además podría considerarse también a esta como una herramienta útil para la gestión de los gobiernos locales en el ámbito de la prevención, la planificación y el desarrollo urbano, en particular en el diseño y construcción de zonas residenciales adecuadas, recuperación de espacios públicos y el desarrollo de infraestructura comunitaria.

El presente proyecto se pretende llevar a cabo en el cantón Rumiñahui (área urbana) perteneciente a la Provincia de Pichincha, para una futura implementación en el Distrito Metropolitano de Quito, previo a la comprobación de la funcionalidad de este por parte de la administración competente.

¹ Susceptibilidad: "Está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico". Soldano, Álvaro, *Conceptos sobre Riesgo*, 2009.

² Capacidad de respuesta: Se entiende como capacidad de respuesta a las acciones a ejecutarse en un tiempo determinado para prevenir o reducir un evento. D.N.C.T.S.V., 2008

1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Subjefatura del Cantón Rumiñahui no cuenta con una base de datos de los accidentes de tránsito y sus involucrados, como lo son las personas y vehículos, por lo tanto, la información que llega en los Partes Policiales, es almacenada en diferentes formatos y sin una plataforma definida, es decir, no cuenta con una información sistematizada.

Al manejar la información sin organizarla, puede disminuir la confiabilidad en la estadística de los accidentes de tránsito provocando que esta no refleje la realidad del Cantón y la toma de decisiones erróneas por parte de las autoridades responsables de vigilar por la seguridad de sus habitantes.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Sistema de Información Geográfica para la Policía Nacional, en el “Plan Nacional de Seguridad Vial 2009-2011”, como herramienta de Gestión, para el Control y Monitoreo de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Automatizar los Partes Policiales de accidentes de tránsito del Cantón Rumiñahui, desde el año 2005 al 2009, a partir de las necesidades del usuario.
- ✓ Recopilar, estructurar la información cartográfica de la zona de estudio.
- ✓ Desarrollar un SIG para los Accidentes de tránsito en el Cantón.
- ✓ Determinar la frecuencia de accidentes de tránsito en el Cantón Rumiñahui.
- ✓ Realizar un Análisis Multivariable de los datos.
- ✓ Generar un modelo de estimación de accidentes de tránsito y realizar simulaciones sobre las variables que influyen en la ocurrencia de dicho evento.

1.6. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA

El Cantón Rumiñahui está ubicado al sureste de la provincia de Pichincha, a veinte minutos de la capital ecuatoriana, Quito; tiene un clima agradable todo el año y su temperatura es de 17° grados centígrados, ofrece una variedad de atractivos turísticos, como su entorno natural, destacándose las riveras del Río Pita y sus 18 cascadas, así como casas de hacienda llenas de historia y leyendas de antaño.

La Capital del cantón es la ciudad de San Juan Bautista de Sangolquí, una ciudad de encanto y tradición andina (Figura. 1.1.).

❖ **Superficie.-** La superficie total del Cantón Rumiñahui es de 137.2 km². Al comparar esta superficie con la de los demás cantones se puede afirmar que se trata del cantón más pequeño de la provincia de Pichincha y uno de los más pequeños del Ecuador.

❖ Límites

NORTE: Cantón Quito, urbanización la Armenia.

SUR: Monte Pasochoa y Cantón Mejía

ESTE: Cantón Quito

OESTE: Cantón Quito, Río San Pedro de Cuendina

NOR OESTE: San Pedro del Tingo.

❖ **División Política.-** El cantón está dividido en tres parroquias urbanas:

✓ Sangolquí - *Parroquia Matriz*.

✓ San Pedro de Taboada.

✓ San Rafael.

Y en dos parroquias rurales:

✓ Cotogchoa.

✓ Rumipamba.

El Cantón Rumiñahui presenta como datos generales los siguientes: (Tabla. 1.1.).

Tabla. 1.1. Datos Generales del Cantón Rumiñahui.

Fuente: <http://www.ruminahui.gov.ec>, Enero 2009.

CANTON RUMIÑAHUI	AREA (km ²)	%	ALTURA (m.s.n.m)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL °C
CIUDAD DE SANGOLQUÍ	49.61	36.98%	2519.01	16°C
SAN RAFAEL	2.2409	1.67%	2509	20°C
SAN PEDRO DE TABOADA	5.1906	3.87%	2515	17°C
TOTAL PARROQUIA SANGOLQUÍ	57.04	42.52%	-	-

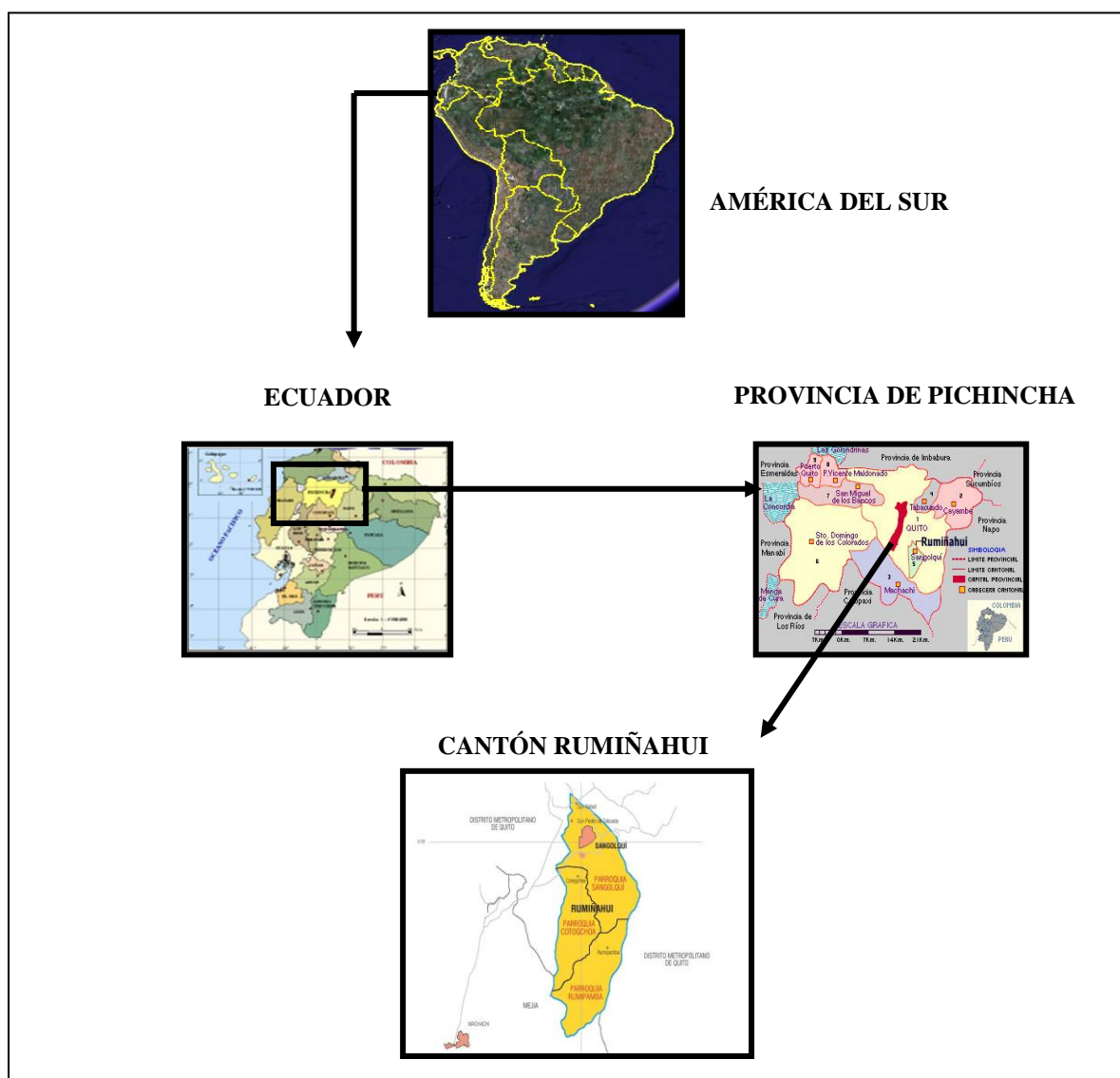


Figura. 1.1. Localización Geográfica Cantón Rumiñahui.

Fuentes: Google Earth, <http://www.edufuturo.com/educacion.php?c=2322>, Enero 2009.

- ❖ **Orografía.-** El cantón está emplazado en el Valle de los Chillos rodeado por las siguientes elevaciones; el cerro Ilaló al norte, la cordillera oriental de los Andes con el hermoso Antisana. Al este; la cordillera central en la que destaca el Pichincha; al oeste al sur-oeste esta el Atacazo, Corazón y Viudita; el Pasochoa, el Cotopaxi y Sincholagua, al sur. El terreno del Cantón Rumiñahui es relativamente plano con ligeras ondulaciones, está a una altura promedio de 2.500 mts. sobre el nivel del mar. (Figura. 1.2.).



Figura. 1.2. Orografía del Cantón Rumiñahui.

Fuente: <http://www.ruminahui.gov.ec>, Enero 2009.

- ❖ **Clima.-** El clima del Cantón Rumiñahui es muy agradable, oscila desde los 16 grados en promedio y a veces es caluroso en días soleados, llegando a marcar los 23 grados de temperatura, así como en las noches baja hasta los 8 grados, que es muy frío. El clima del Cantón Rumiñahui es uno de los principales recursos naturales de esta zona. El clima del Cantón Rumiñahui es temperado y muy agradable, toda esta zona esta sujeta a dos estaciones, verano e invierno principalmente se presenta en junio a septiembre y se caracteriza por una sequía algo prolongada y por fuertes vientos; los meses de mayor lluvia son de torrenciales y continuas. La estación seca aumenta la temperatura y la lluvia aumenta la humedad.
- ❖ **Relieve.-** El Cantón ocupa gran parte del Valle de los Chillos, está rodeado de regiones naturales como el cerro Ilaló, al norte; las laderas y estribaciones del Pasochoa y Sincholagua, al sur; los declives exteriores de la cordillera oriental, al

este (Figura. 1.3.); y los declives exteriores de la cordillera occidental, además de la cadena montañosa de Puengasi que separa a Quito del Valle de los Chillos, al oeste.



Figura. 1.3. Relieve del Cantón Rumiñahui.

Fuente: <http://www.ruminahui.gov.ec>, Enero 2009.

❖ **Población.-** “El Cantón Rumiñahui es el mas pequeño de la provincia de Pichincha, está ubicado al sur este de la misma, su tasa de crecimiento poblacional es de **4.09 %**. El numero de mujeres es ligeramente mayor a la de los hombres en el área urbana”. (Fuente: Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui). A continuación se muestra la Tabla. 1.2. extraída de la página Web del INEC.

Tabla. 1.2. Población por Géneros del Cantón Rumiñahui. Fuente: INEC censo 2001.

PARROQUIAS	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
SAINGOLQUÍ (URBANO)	56,794	27,743	29,051
ÁREA RURAL	9,088	4,532	4,556
PERIFERIA	5,768	2,868	2,900
COTOGCHOA	2,843	1,422	1,421
RUMIPAMBA	477	242	235
TOTAL	65,882	32,275	33,607

“La población del cantón es mayoritariamente joven en edad productiva como lo demuestra la pirámide de edades (Figura. 1.4.). La población de la tercera edad representa alrededor del 5 % del total de la población, pero lejos de ser carga en este cantón, se mantiene económicamente activa y participativa dentro de la sociedad” (Fuente: INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos).

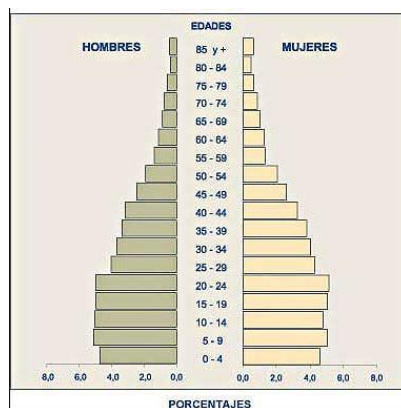


Figura. 1.4. Pirámide de Población del Cantón Rumiñahui.

Fuente: INEC censo 2001.

1.7. DELIMITACIÓN DEL ÁREA

El área de estudio y recopilación de información comprende las parroquias urbanas y rurales del Cantón Rumiñahui.

Los insumos recopilados para realizar el presente estudio comprendieron el área de todo el Cantón Rumiñahui, como por ejemplo los Partes Policiales de Accidentes de Tránsito de los años 2005 al 2009 registrados en todo el Cantón, base cartográfica y demás insumos cartográficos del Cantón, cabe recalcar que un insumo cartográfico importante para realizar el presente estudio fueron los ejes viales del Cantón Rumiñahui realizado en la tesis “*Modelización de flujos viales y cálculo de índices de accesibilidad en la zona de Sangolquí y San Rafael y su aplicación a modelos para simulación de evacuación*” por el Ing. Hurtado Jorge en el año 2008. (Figura. 1.5.).

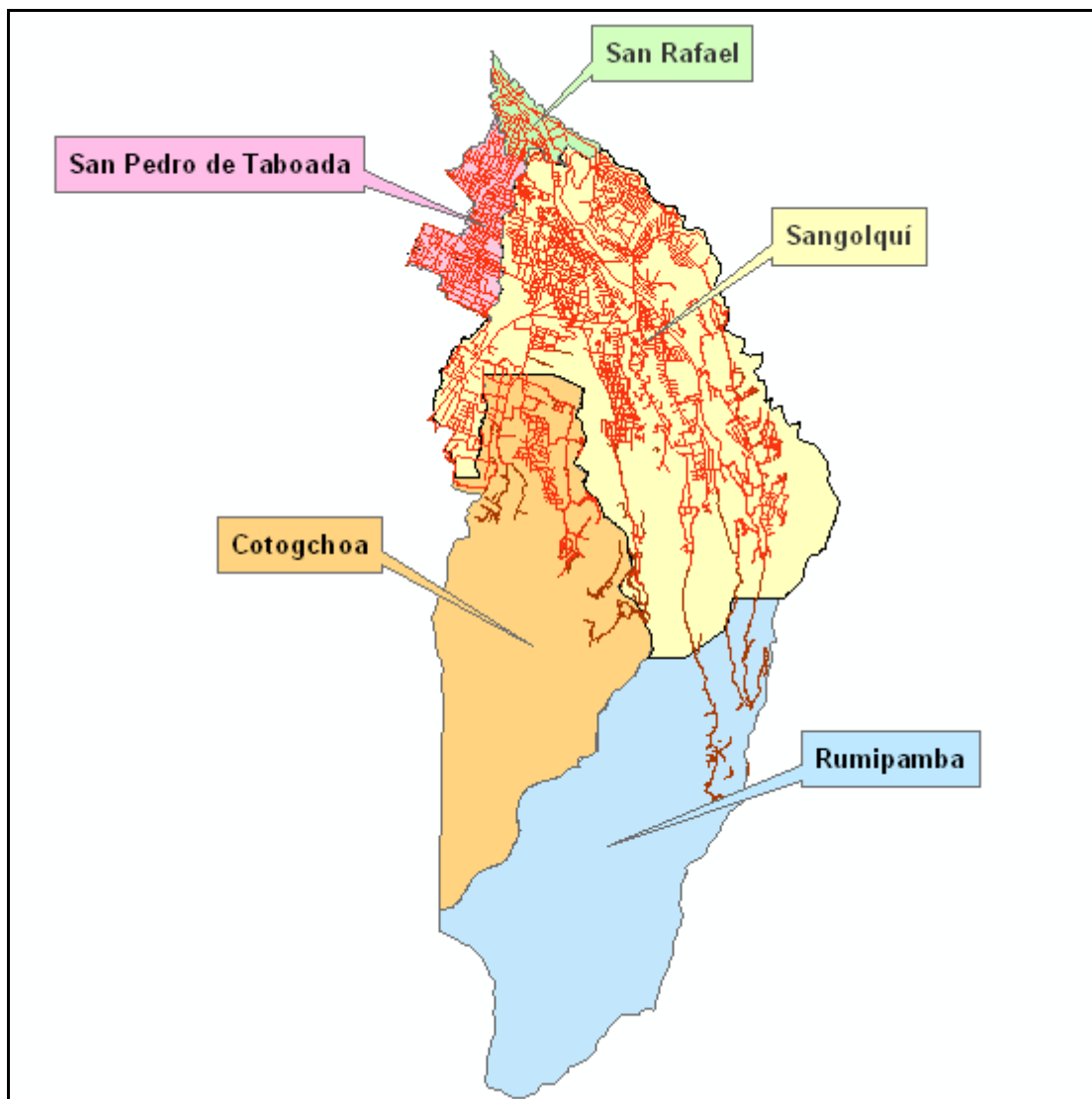


Figura. 1.5. Delimitación del Área y ejes viales del Cantón Rumiñahui.

Fuente: Hurtado, Jorge.³

³ Hurtado, Jorge, *Modelización de flujos viales y cálculo de índices de accesibilidad en la zona de Sangolquí y San Rafael y su aplicación a modelos para simulación de evacuación*, Sangolquí, Abril 2008.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES

2.1. DIRECCIÓN NACIONAL DE CONTROL DEL TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL

La Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial (D.N.C.T.S.V.), es un organismo especializado de la Policía Nacional, encargado de la planificación y ejecución de las actividades de control del tránsito y seguridad vial a nivel nacional; de este organismo nace el Departamento de Ingeniería de Tránsito siendo la entidad responsable en la planificación y ejecución de proyectos.

Es así que el Departamento de Ingeniería de Tránsito implementó dentro del "*Plan Nacional de Seguridad Vial 2009-2011*" el proyecto "Determinación de Zonas Susceptibles a Accidentes de Tránsito (abreviatura de ahora en adelante son las siglas Acc.T.) en el Cantón Rumiñahui, mediante el Desarrollo e Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la Policía Nacional", como plan piloto para una futura implementación en los demás cantones y ciudades del país.

2.2. PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL

Ecuador solo cuenta con el 2% del parque automotor mundial, pero esa cifra, que parece menor, no impide que sea el cuarto país con más Acc.T. en Latinoamérica, según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

De los estudios efectuados por el Dpto. de Ingeniería de Tránsito de la D.N.C.T.S.V. se desprende la siguiente información:

“En promedio ocurren 12302 Acc.T. a nivel nacional excepto la Provincia del Guayas. El número de muertos por año por esta causa es de aproximadamente 1201 personas.

Con estos antecedentes es importante mencionar que los índices de morbi-mortalidad a causa de los siniestros de tránsito son elevados, constituyendo una de las principales causas de muerte en personas jóvenes en un rango de edades que fluctúa entre los 16 y 30 años, tornándose en un problema de salud pública.

Para lograr la reducción de estas cifras es primordial hablar sobre “Seguridad Vial” conocida como la reducción del riesgo de Acc.T. y la morbi-mortalidad en las vías, lograda a través de enfoques multidisciplinarios que abarcan ingeniería de tránsito, diseño de los vehículos, gestión del tránsito, educación, formación y capacitación de los usuarios de las vías; y la investigación del Acc.T., definición que implícitamente conlleva a la necesidad vital de trabajo sobre la base de líneas estratégicas las que se encuentran plasmadas en el “PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL 2009-2011”, además de las obligaciones que le asigna la Ley de Tránsito” (D.N.C.T.S.V.).

2.3. ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL PAIS

Es importante tomar en cuenta cómo evolucionan los Acc.T. en nuestro país a través del tiempo y cuál es su característica principal, con el fin de tomar cursos de acción y emprender una estrategia efectiva y sustentable para erradicar este problema de salud pública.

La Figura. 2.1. muestra (en cifras globales) la tendencia de las causas principales de los Acc.T. desde el año 2005 hasta el primer trimestre del 2008, siendo la principal causa la imprudencia, seguido del exceso de velocidad, a continuación la embriaguez y la imprudencia de los peatones.

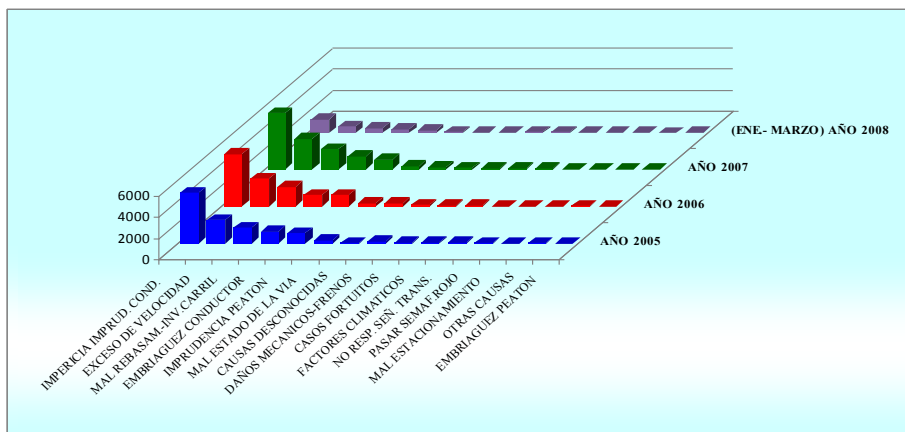


Figura. 2.1. Tendencia de las Causas Principales de los Acc.T. del 2005 al 2008 a nivel Nacional.

Fuente: Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial.

Según información recolectada de Acc.T. de la Comisión de Tránsito y Transporte Terrestre, Dirección General de Tránsito y Comisión de Tránsito del Guayas, el INEC en su página oficial de Encuestas de Transporte, presenta la Tabla. 2.1, que nos indica el incremento de Acc.T. y víctimas en el país en los últimos años.

Tabla. 2.1. Anuario Estadísticas de Transporte – Serie Histórica de Acc.T. y Víctimas ocurridos en el País 2000-2009. Fuente: INEC⁴

ANUARIO ESTADÍSTICAS DE TRANSPORTE SERIE HISTÓRICA ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y VÍCTIMAS OCURRIDOS EN EL PAÍS (2.000-2.009)		
ANOS	ACCIDENTES	VÍCTIMAS
1.999	17.111	8.250
2.000	15.987	7.710
*2001	11.008	4.986
*2002	12.215	6.357
*2003	10.369	6.841
2.004	16.323	10.128
2.005	16.578	10.697
2.006	18.572	11.312
2.007	19.598	13.882
2.008	19.664	12.627
2.009	21.528	17.032

* NO INCLUYE LA PROVINCIA DEL GUAYAS

De los estudios efectuados por el Dpto. de Ingeniería de Tránsito de la D.N.C.T.S.V. se desprende la siguiente información (Tabla. 2.2.) y (Tabla. 2.3.):

⁴ INEC, Encuesta de Transportes, http://www.inec.gov.ec/web/guest/ecu_est/est_eco/enc_eco/enc_tra, 2009, Julio 2010.

Tabla. 2.2. Registro histórico de los Acc.T. (2002-2008) a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas. Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito⁵.

AÑOS	No. ACCIDENTES
2002	12215
2003	10368
2004	11124
2005	11629
2006	12893
2007	13732
2008	14152
PROMEDIO ANUAL	12302

Tabla. 2.3. Registro histórico de fallecidos a causa de los Acc.T. (2002-2008) a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.

FALLECIDOS A CAUSA DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO	
AÑO	FRECUENCIA
2002	1038
2003	1139
2004	1069
2005	1145
2006	1365
2007	1299
2008	1353
PROMEDIO	1201

2.3.1. Tipos de Accidentes de Tránsito

La Policía Nacional clasifica a los tipos de Acc.T. de la siguiente manera: (Tabla. 2.4.)

Tabla. 2.4. Tipos de Acc.T.

Fuente: Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial.

Tipos de Accidentes de Tránsito			
Accidente de tránsito	Choque frontal excéntrico	Choque por alcance	Roce
Atropello	Choque lateral angular	Colisión	Volcamiento lateral 1/4, 2/4, 3/4, 4/4
Arrollamiento	Choque frontal longitudinal	Estrellamiento	Volcamiento longitudinal 2/4
Caída de pasajero	Choque lateral perpendicular	Rozamiento	Pérdida de la pista de circulación

⁵ D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito, *Estudio Estadístico y Probabilístico de Accidentabilidad 2002 – 2008*, Quito 2008.

2.3.2. Causas de los Accidentes de Tránsito

La Policía Nacional clasifica las causas de los Acc.T. de la siguiente manera (Tabla. 2.5.):

- ✓ **Impericia Imprudencia del conductor:** mal rebasamiento, invasión vial, mal estacionamiento, encandilamiento, dormirse manejando, exceso de velocidad, invadir carril.
- ✓ **Casos Fortuitos:** factor clima (lluvia, neblina).
- ✓ **Mal estado de la vía:** calzada resbaladiza, mal trazo de las vías.

Tabla. 2.5. Causas de Acc.T.

Fuente: Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial.

Causas de los Accidentes de Tránsito		
Embriaguez del conductor	Mal estacionamiento	Mal estado de la vía
Embriaguez del peatón	Pasar semáforo rojo	No respetar señales de tránsito
Impericia imprudencia del conductor	Imprudencia del peatón	Daños mecánicos-frenos
Exceso de velocidad	Causas desconocidas	Caso fortuito
Mal rebasamiento – invasión de carril	Factores climáticos	Otras causas

La Tabla. 2.6 y Figura. 2.2 muestran la tendencia de las clases o tipos de Acc.T. a nivel nacional en el año 2008 y 2009.

Tabla. 2.6. Anuario Estadísticas de Transporte – Acc.T. a Nivel Nacional (Años 2008-2009).

Fuente: INEC, *Encuesta de Transportes*, 2009, Julio 2010

ANUARIO DE ESTADÍSTICAS DE TRANSPORTE ACCIDENTES DE TRÁNSITO A NIVEL NACIONAL (AÑOS:2.008-2.009)						
AÑOS	TOTAL	CLASE DE ACCIDENTES				
		CHOQUES	ATROPELLOS	ESTRELLAM.	ROZAMIENT.	OTROS
2.008	19.664	8.398	3.475	3.161	1.408	3.222
2.009	21.528	9.397	4.171	3.516	1.425	3.019

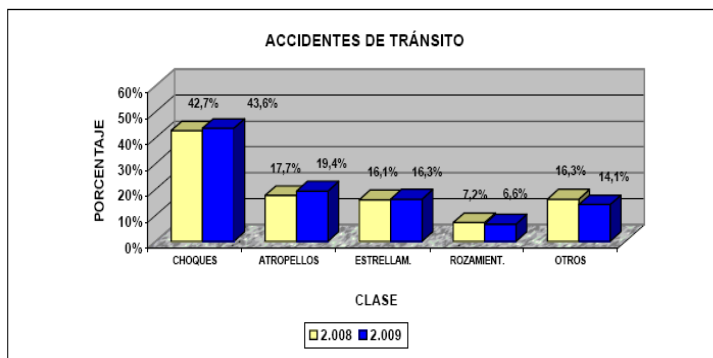


Figura. 2.2. Acc.T. según la Clase/Tipo de Acc.T. a nivel nacional en el año 2008 y 2009. Fuente: INEC, Encuesta de Transportes, 2009, Julio 2010

Según la Clase o Tipo de Acc.T., los choques con el 43.6 por ciento, fue la principal causa que provocó el mayor número de eventos; le sigue en importancia los atropellos con el 19.4%, los estrellamientos con el 16.3%; y por último los rozamientos con el 6.6%. Un año atrás, en el 2008 la distribución por clase, fue en su orden: 42.7, 17.7, 16.1 y 7.2 por ciento respectivamente.

La Figura. 2.3 muestra que los Acc.T. a nivel nacional ocurren mayoritariamente en el área urbana con un 67.9% y un 32.1% en el área rural.

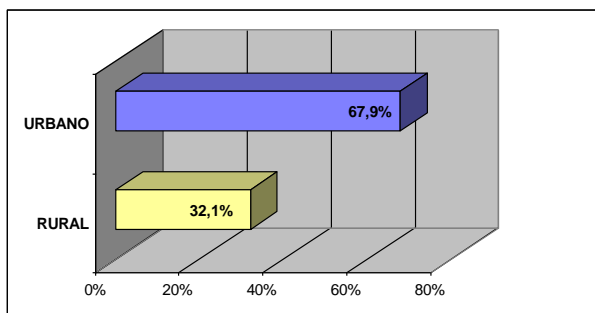


Figura. 2.3. Acc.T. según el área donde ocurren a nivel nacional (2002-2008), excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.

De acuerdo a los estudios y análisis efectuados por el Dpto. de Ingeniería de Tránsito se ha determinado un porcentaje de crecimiento anual de los Acc.T. del 3.39%, con los

datos históricos de 8 periodos (2000-2008) (Figura. 2.4.), y un porcentaje anual proyectado de víctimas fatales a causa de los Acc.T. del 3.8% (Figura. 2.5.).

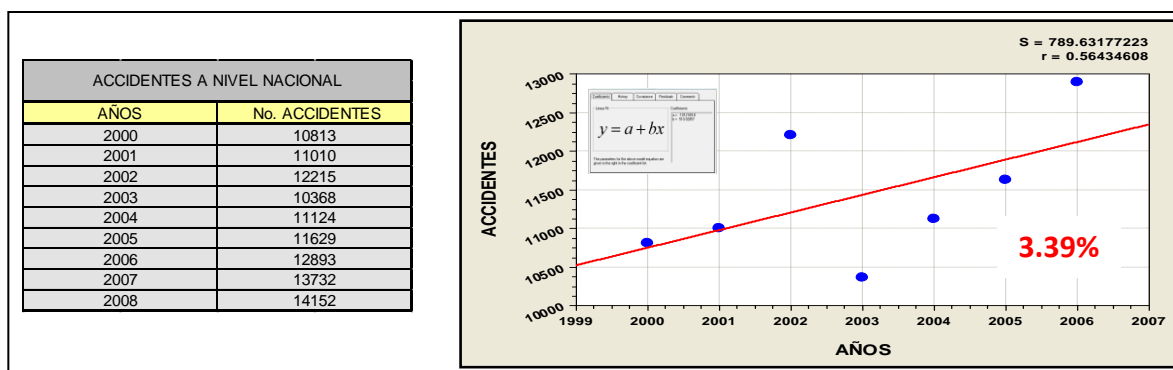


Figura. 2.4. Tendencia de los Acc.T. a nivel nacional (2000 - 2008), excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.

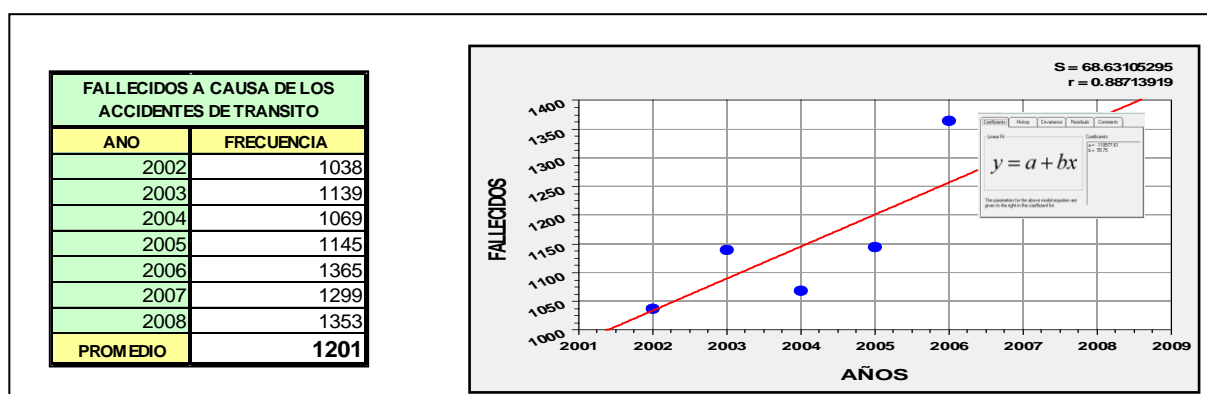


Figura. 2.5. Tendencia de mortalidad causada por los Acc.T. a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.

De estos análisis la D.N.C.T.S.V. ha determinado la probabilidad de que ocurran 40 Acc.T. por día, 1180 accidentes por mes y 1 accidente por hora (Figura. 2.6.), y que por cada 10 Acc.T. resulta una persona fallecida, así como también 3 personas fallecidas por día, 112 por mes y 1 cada ocho horas (Figura. 2.7.).

Los indicadores internacionales indican que, la D.N.C.T.S.V. también determina la tasa de accidentalidad en función de la población y de los vehículos, es decir, la

accidentalidad por cada 100.000 habitantes y por cada 10.000 vehículos, de esta manera, en la Tabla. 2.5 y Tabla. 2.6 se muestra la cuantificación de los factores (Población y Parque vehicular) que inciden en la accidentalidad del país y los índices de accidentalidad (fallecidos y lesionados) respectivamente.

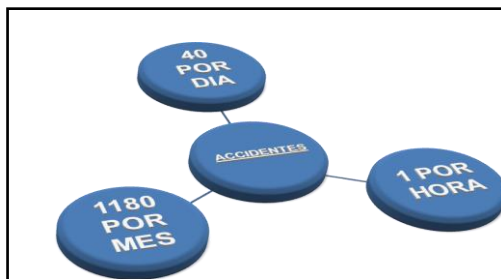


Figura. 2.6. Relaciones y probabilidades de los Acc.T. a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.



Figura. 2.7. Relaciones y probabilidades de la mortalidad causada por los Acc.T. a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.

Tabla. 2.7. Cuantificación de los factores incidentes en la accidentalidad a nivel nacional (Años 2000-2008), excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.

	ACCIDENTES	POBLACIÓN	PARQUE VEH
2000	10.813	8.847.574	458.437
2001	11.010	9.033.373	473.149
2002	12.215	9.223.074	512.615
2003	10.368	9.416.758	536.928
2004	11.124	9.614.510	579.577
2005	11.629	9.816.415	646.391
2006	12.893	11.022.560	723.008
2007	13.732	11.254.033	780.126
2008	14.152	11.490.367	841.755

Tabla. 2.8. Índices de accidentalidad a nivel nacional (Años 2000-2008), excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito

	ACCIDENTES	FALLECIDOS	LESIONADOS
2000	10.813	1.041	4.892
2001	11.010	979	5.052
2002	12.215	1.038	5.236
2003	10.368	1.139	5.615
2004	11.124	1.069	6.535
2005	11.629	1.145	7.366
2006	12.893	1.265	8.022
2007	13.732	1.299	9.190
2008	14.152	1.353	10.118

De estos datos determinaron el 7.94% como porcentaje de crecimiento anual del parque automotor a nivel nacional (Figura. 2.8.).

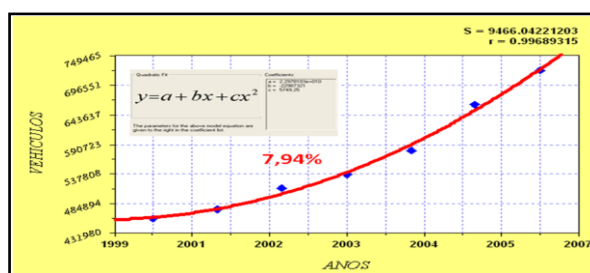


Figura. 2.8. Tendencia de crecimiento del parque automotor a nivel nacional (Años 2000-2008), excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.

Representativamente se desprende una tasa de 119.6 Acc.T. por cada 100 mil habitantes, mientras que se registra una tasa representativa de 11.5 fallecidos a causa de estos por cada 100 mil habitantes, basados en los datos que muestra la Tabla 2.9.

Tabla. 2.9. Accidentalidad en función de 100.000 habitantes a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito

ACCIDENTALIDAD EN FUNCIÓN DE 100.000 HABITANTES			
AÑOS	ACC./HAB.	FALL./HAB.	LES./HAB.
2000	122,2	11,8	55,3
2001	121,9	10,8	55,9
2002	132,4	11,3	56,8
2003	110,1	12,1	59,6
2004	115,7	11,1	68,0
2005	118,5	11,7	75,0
2006	128,6	11,5	72,8
2007	112,5	11,6	81,7
2008	114,9	11,8	88,1

De igual manera la accidentalidad en función del parque vehicular se desprende una tasa de 199.4 Acc.T. por cada 10 mil vehículos, mientras que se registra una tasa de 19 fallecidos por cada 10 mil vehículos, basados en los datos de la Tabla. 2.10.

Tabla. 2.10. Accidentalidad en función de 10.000 vehículos a nivel nacional, excepto la Provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito

ACCIDENTALIDAD EN FUNCIÓN DE 10.000 VEHICULOS			
AÑOS	ACC./VEH.	FALL./VEH.	LES./VEH.
2000	235,9	22,7	106,7
2001	232,7	20,7	106,8
2002	238,3	20,2	102,1
2003	193,1	21,2	104,6
2004	191,9	18,4	112,8
2005	179,9	17,7	114,0
2006	178,3	17,5	111,0
2007	176,1	16,6	117,8
2008	168,5	16,1	120,2

El hecho de tener cifras globales a nivel país explica o representa cantidades parciales de cada Provincia (Figura. 2.9.), convirtiéndose en indicadores valiosos y mientras más pormenorizado sea el análisis y diagnóstico de la situación, se podrá focalizar de mejor manera las estrategias para prevenir los Acc.T.” (D.N.C.T.S.V., 2009).

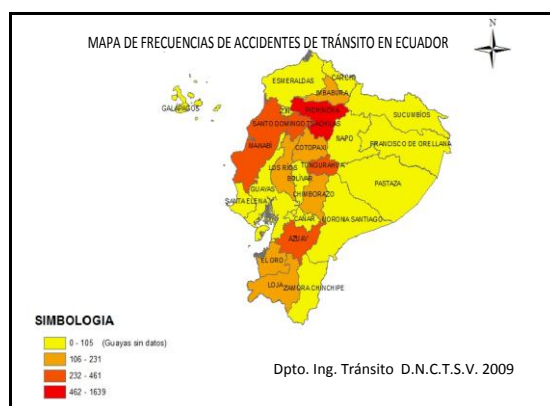


Figura. 2.9. Mapa de Frecuencias de Acc.T. (2009) en Ecuador, excepto la provincia del Guayas.

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito.

La Figura. 2.9., muestra las provincias de mayor frecuencia de Acc.T. según la simbología, constituyendo las provincias de Pichincha, Manabí y Azuay las más afectadas, sin tomar en cuenta los Acc.T. ocurridos en la provincia del Guayas

En este contexto siendo la provincia de Pichincha una de las más afectadas, la D.N.C.T.S.V. ha apoyado el desarrollo del presente proyecto y como ya se mencionó anteriormente el Cantón Rumiñahui será el foco de análisis de Acc.T..

El Cantón Rumiñahui presenta una tasa de 36.5 Acc.T. por cada 10.000 vehículos en el Cantón, 16.8 víctimas y 3 fallecidos por cada 10.000 vehículos como muestra la Tabla. 2.11.

Tabla. 2.11. Tasa de Acc.T. por cada 10.000 vehículos en el Cantón Rumiñahui

Fuente: D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito

TASA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR CADA 10000 VEHICULOS EN EL CANTON RUMIÑAHUI			
	ACC/ 10.000 VEH.	VICTIMAS/ 10.000 VEH.	FALLECIDOS/ 10.000 VEH.
RUMIÑAHUI	36.5	16.8	3.0

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. INTRODUCCIÓN

En la primera sección del presente capítulo describiremos un resumen de los pasos a seguir para obtener una base de datos funcional según las necesidades de los usuarios finales, ver Capítulo IV (Tabla. 4.1.), además una síntesis del Sistema de Gestión de Base de Datos, plataformas, servidores y lenguajes que se utilizaran para conseguir la automatización del Parte Policial.

En la segunda sección, se describirá una síntesis teórica acerca de los SIG y estadística a utilizarse, además, se brindará un enfoque teórico profundo al análisis y modelado espacial de los datos, útil para determinar zonas susceptibles a Acc.T.

3.2. BASE DE DATOS

Todas las empresas requieren almacenar información. Desde siempre lo han hecho. La información puede ser de todo tipo. Cada elemento informativo (nombre, dirección, sueldo, etc.) es lo que se conoce como dato.

Las soluciones utilizadas por las empresas para almacenar los datos son diversas, tras la aparición de la informática estos datos se almacenan en archivos digitales dentro de las unidades de almacenamiento del ordenador (a veces en archivos binarios, o en hojas de cálculo) que ofrecen un amplio rango de soluciones al problema de almacenar datos.

3.2.1. Definición de Base de Datos

Base de Datos (cuya abreviatura de ahora en adelante son las siglas B.D.) es un conjunto exhaustivo no redundante de datos pertenecientes a un mismo contexto y estructurados organizados independientemente de su utilización y su implementación en máquinas accesibles en tiempo real y compatible con usuarios concurrentes con necesidad de información diferente.

Las ventajas que presenta la utilización de las B.D. son múltiples, a continuación se especifican las más relevantes:

- ✓ Independencia de datos y tratamiento.
- ✓ Cambio en datos no implica cambio en programas y viceversa (Menor coste de mantenimiento).
- ✓ Coherencia de resultados.
- ✓ Mejora en la disponibilidad de datos
- ✓ Cumplimiento de normas.
- ✓ Restricciones de seguridad.

De esta forma una base de datos es una serie de datos relacionados que forman una **estructura lógica**, es decir una estructura reconocible desde un programa informático. Esa estructura no sólo contiene los datos en sí, sino la forma en la que se relacionan.

Una base de datos puede ser local, es decir que puede utilizarla sólo un usuario en un equipo, o puede ser distribuida, es decir que la información se almacena en equipos remotos y se puede acceder a ella a través de una red.

La principal ventaja de utilizar bases de datos distribuida es que múltiples usuarios pueden acceder a ellas al mismo tiempo.

3.2.2. Sistema de Base de Datos

Un sistema de bases de datos sirve para integrar los datos. Lo componen los siguientes elementos:

- ✓ **Hardware.-** Máquinas en las que se almacenan las bases de datos. Incorporan unidades de almacenamiento masivo para este fin.
- ✓ **Software.-** Es el sistema gestor de bases de datos. El encargado de administrar las bases de datos.
- ✓ **Datos.-** Incluyen los datos que se necesitan almacenar y los metadatos que son datos que sirven para describir lo que se almacena en la base de datos.
- ✓ **Usuarios.-** Personas que manipulan los datos del sistema.

Sistema de información es el término general utilizado para la estructura global que incluye todos los mecanismos para compartir datos que se han instalado, es por ello que para obtener una base de datos útil se debe seguir un proceso que se lo detalla a continuación (Figura.3.1.):

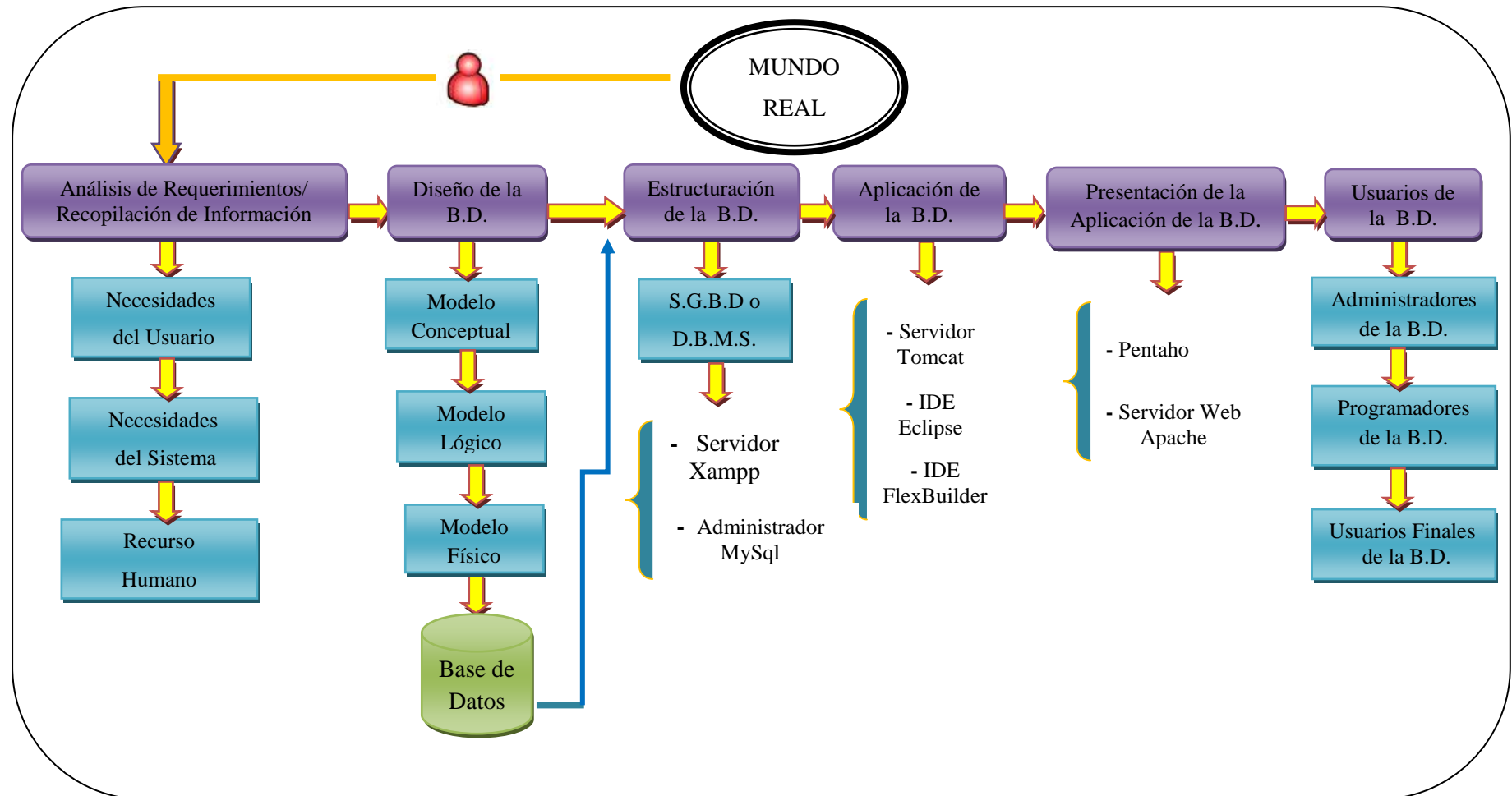


Figura. 3.1. Proceso Teórico a seguir para realizar la aplicación de la B.D.

Fuente: Elaboración propia

3.3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Las empresas requieren utilizar aplicaciones informáticas para realizar tareas propias de la empresa a fin de mecanizarlas. Estas aplicaciones requieren manejar los datos de la empresa.

Es así que la funcionalidad óptima de la B.D. depende en primera instancia de conocer cuál es el objetivo de crearla para poder satisfacer las necesidades requeridas por el o los usuarios finales de una empresa. Los diseñadores entrevistan a los futuros usuarios de la base de datos para recoger y documentar sus necesidades de información. En paralelo, conviene definir el sistema operativo (Tabla. 4.1. *Necesidades del Sistema*), que consiste en determinar el Hardware y Software que se aplicarán para el desarrollo de la base de datos, e incluyen la obtención de datos y la actualización.

Una vez conocidas las necesidades de los usuarios finales se procede a recopilar la información con la que cuenta la empresa para proceder a su actualización y posterior modelado de los datos.

Es muy indispensable tomar en cuenta muchos aspectos, no solo lo que es diseño, sino también las necesidades del usuario.

Para la implementación de la B.D. también es necesario establecer el equipo profesional capacitado para su creación.

3.4. DISEÑO LÓGICO DE LA BASE DE DATOS

La información recopilada es sujeta a un posterior análisis en el que se la ordena, clasifica y relaciona a esto se le denomina: diseño lógico de la base de datos.

3.4.1. Modelo de Datos

Los *modelos* se utilizan en todo tipo de ciencias. Su finalidad es la de simbolizar una parte del mundo real de forma que sea más fácilmente manipulable. En definitiva es un

esquema mental (conceptual) en el que se intentan reproducir las características de una realidad específica.

En el caso de los *modelos de datos*, lo que intentan reproducir es una información real que deseamos almacenar en un sistema informático.

El modelado de datos nos permite reproducir las características de una realidad específica en diagramas o esquemas, a los que se los conoce como modelos de datos, y van a ayudar en el diseño y estructuración de la B.D. alfanumérica. En la Figura. 3.1 se ilustra las fases del modelado de datos, que llevan desde el mundo real hasta la construcción de la B.D.

En la ilustración anterior aparecen los distintos niveles que llevan desde el Mundo Real hasta la Base de Datos, estas fases se las conoce como modelo de datos, y son las siguientes:

- ✓ Modelo Conceptual
- ✓ Modelo Lógico
- ✓ Modelo Físico

❖ **Modelo Conceptual.-** Crear un esquema conceptual para la base de datos mediante un modelo de datos conceptual de alto nivel. El esquema conceptual contiene una descripción detallada de los requerimientos de información de los usuarios y contiene descripciones de los tipos de datos, relaciones entre ellos. El modelo conceptual es independiente del DBMS o S.G.B.D. (conjunto de programas que se encargan de manejar la creación y todos los accesos a las bases de datos que se vaya a utilizar. El más común para el diseño de base de datos, *el modelo E/R*. y es que utilizaremos para el diseño de esquemas conceptuales.

- **Modelo Entidad-Relación (E/R).**- Se trata de un modelo que sirve para crear esquemas conceptuales de bases de datos. De hecho es prácticamente un estándar para crear esta tarea. El modelo entidad-relación utiliza los siguientes elementos:

☑ **Entidad.**- Se trata de cualquier objeto u elemento (real o abstracto) acerca del cual se pueda almacenar información en la base de datos, por ejemplo, un empleado de la empresa inmobiliaria o una oficina.

☑ **Atributo.**- Representa alguna propiedad de interés de una entidad como, por ejemplo, el nombre o el salario del empleado.

☑ **Relación.**- Describe una interacción entre dos o más entidades, por ejemplo, la relación de trabajo entre un empleado y su oficina.

☑ **Cardinalidad.**- Indica el número de ocurrencias que una entidad tiene con otra. Se puede denotar con números o símbolos como se describe en la tabla siguiente (Figura. 3.2.):

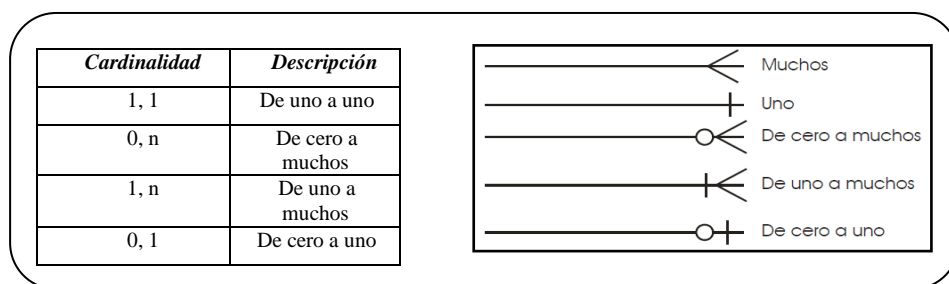


Figura. 3.2. Elementos de Cardinalidad.

Fuente: Laurens, Y. *Modelo Conceptual de Datos*

Aquí algunos ejemplos de modelos entidad-relación (Figura. 3.3.):

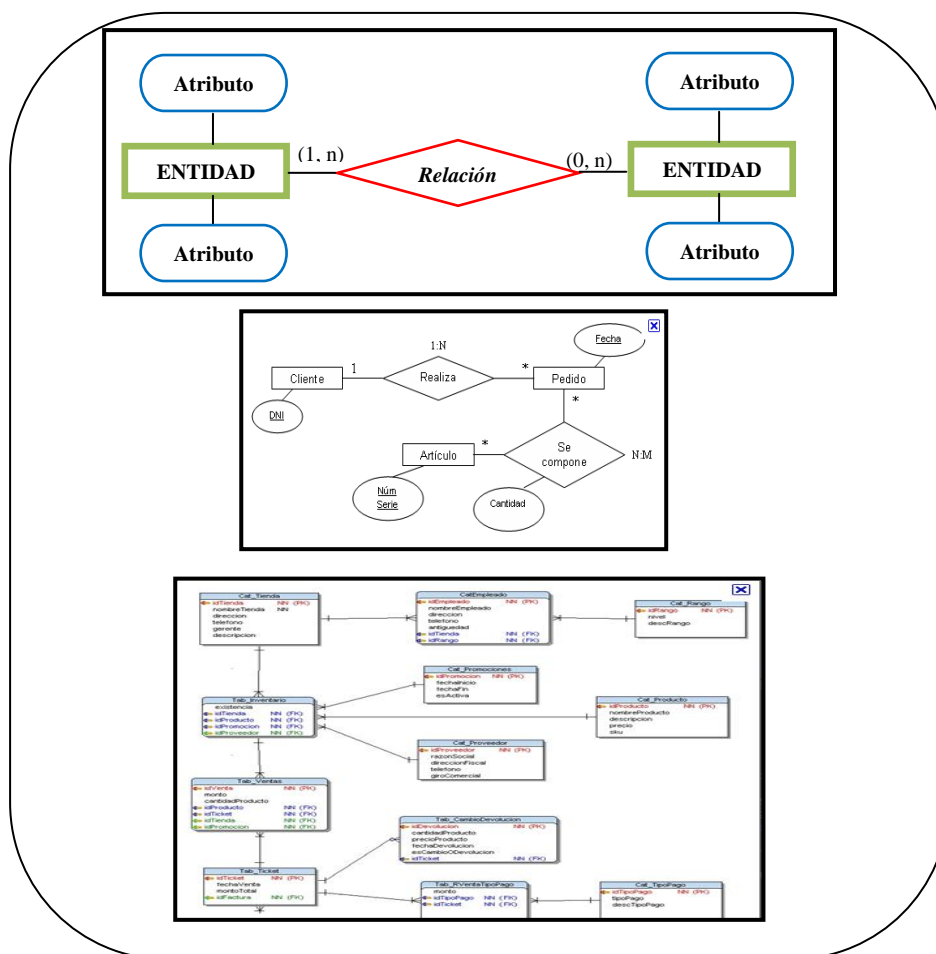


Figura. 3.3. Ejemplos Modelos Entidad-Relación.

Fuente: Laurens, Y. Modelo Conceptual de Datos

❖ **Modelo Lógico.-** En el modelo lógico se representa los datos en un formato más cercano al del ordenador, el modelo lógico depende del D.B.M.S. que se vaya a utilizar. El modelo relacional es el más utilizado en la actualidad para implementar bases de datos ya planificadas

- **Modelo Lógico Relacional.-** El modelo relacional representa los datos y sus relaciones mediante tablas bidimensionales (Figura. 3.4.):

Este modelo permite establecer interconexiones (relaciones) entre los datos (que están guardados en tablas), y a través de dichas conexiones relacionar los datos de ambas tablas, de ahí proviene su nombre: "Modelo Relacional" (Figura.3.5.):

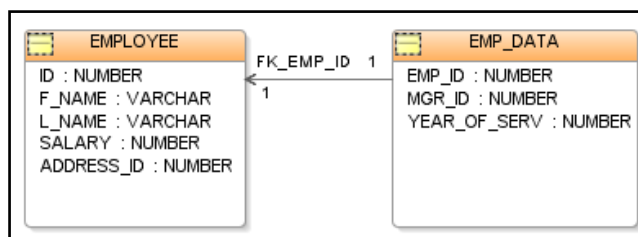


Figura. 3.4. Conexión Modelos Relacional.

Fuente: Laurens, Y. *Modelo Conceptual de Datos*

Para construir un modelo lógico relacional, su base de datos relacional debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Una base de datos relacional se compone de varias tablas o relaciones.
- No pueden existir dos tablas con el mismo nombre.
- Cada tabla es a su vez un conjunto de registros (filas y columnas).
- La relación entre una tabla padre y un hijo se lleva a cabo por medio de las claves primarias y secundarias (o foráneas).
- Las claves primarias son la clave principal de un registro dentro de una tabla y éstas deben cumplir con la integridad de datos.
- Las claves secundarias o foráneas se colocan en la tabla hija, contienen el mismo valor que la clave primaria del registro padre; por medio de éstas se hacen las relaciones.

❖ **Modelo Físico.-** El modelo físico representa los datos según el modelo concreto del DB.M.S. que se vaya a utilizar (por ejemplo Oracle, MySQL, etc.). El modelo físico está dirigido al personal informático, no a los usuarios finales.

Nota: Los dos modelos fundamentales de datos son el *conceptual* y el *lógico*. Ambos son conceptuales en el sentido de que convierten parámetros del mundo real en abstracciones que permiten entender los datos sin tener en cuenta la física de los mismos.

3.5. ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Con los datos modelados se prosigue a la estructuración de la B.D., para ello se debe contar con un sistema de administración para controlar tanto los datos como los usuarios. La administración de B.D. se realiza con un sistema llamado Database Management System (D.B.M.S.) o Sistema Gestor de Bases de Datos (S.G.B.D.) que permitirá la transformación del diseño lógico de la B.D a su implementación.

3.5.1. Sistema Gestor de Base de Datos o Data Base Management System

Los Sistemas de gestión de base de datos (S.G.B.D.) son un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan. Se compone de un lenguaje de definición de datos (*DDL*), de un lenguaje de manipulación de datos (*DML*) y de un lenguaje de consulta. En los textos que tratan este tema, o temas relacionados, se mencionan los términos S.G.B.D y D.B.M.S., siendo ambos equivalentes, y acrónimos, respectivamente, de Sistema Gestor de Bases de Datos y Data Base Management System, su expresión inglesa (Figura. 3.5.).

Un **S.G.B.D.** sirve para definir, construir y manipular una B.D., es decir, administrarlas.

- ✓ Definir una base de datos: consiste en especificar los tipos de datos, estructuras y restricciones para los datos que se almacenarán.
- ✓ Construir una base de datos: es el proceso de almacenar los datos sobre algún medio de almacenamiento.
- ✓ Manipular una base de datos: incluye funciones como consulta, actualización, etc. de bases de datos.

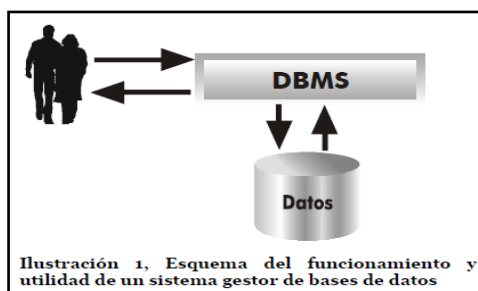


Figura. 3.5. Sistema Gestor de Base de Datos.

Fuente: Sánchez, Jorge, *Diseño Conceptual de Bases de Datos*

El propósito general de los **S.G.B.D.** es el de manejar de manera clara, sencilla y ordenada un conjunto de datos que posteriormente se convertirán en información relevante para una organización.

Existen distintos tipos de S.G.B.D. que están disponibles en el mercado, y que exclusivamente están dedicados a tratar con B.D. relacionales, de red, jerárquicas o con B.D. relacionales orientadas a objetos. Entre los S.G.B.D. disponibles en el mercado tenemos a: *libres y comerciales*. Por citar algunos (Figura. 3.6.):

<i>SGBD LIBRES</i>	<i>SGBD COMERCIALES</i>
PostgreSQL	Microsoft Access
MySQL	Microsoft SQL Server
Firebird	Oracle

Figura. 3.6. Ejemplos de Sistema gestor de Base de Datos.

Fuente: Sánchez, Jorge, *Diseño Conceptual de Bases de Datos*

En este proyecto haremos la implementación con un S.G.B.D. relacional, por ser el que más se ajusta a resolver las necesidades de los usuarios.

Es por ello que para la realización de la estructuración, aplicación y presentación del P.P. se utilizaron los siguientes lenguajes y servidores.

- ❖ **MYSQL.-** MySQL es la base de datos open source más popular y, posiblemente, la mejor del mundo. Su continuo desarrollo y su creciente popularidad están haciendo de MySQL un competidor cada vez más directo de gigantes en la materia de las bases de datos como Oracle.

MySQL es un D.B.M.S. para bases de datos relacionales. Se destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con los lenguajes de programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos. También es muy destacable, su

condición de open source, que hace que su utilización sea gratuita e incluso se pueda modificar con total libertad, pudiendo descargar su código fuente. Esto ha favorecido muy positivamente en su desarrollo y continuas actualizaciones, para hacer de MySQL una de las herramientas más utilizadas por los programadores orientados a Internet.

- ❖ **Servidor Xampp.-** Es un paquete que permite instalar varios tipos de servidores en un sistema. Es un servidor independiente de plataforma, software libre, que consiste principalmente en la base de datos MySQL, el servidor Web Apache y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl. Es utilizado actualmente para servidor de sitios Web.

3.5.2. Consultas en MySQL

Previo a desarrollar las aplicaciones del P.P es posible realizar consultas que es el método para acceder a los datos de la B.D. en MySQL, mediante el lenguaje Structured Query Language (SQL). El lenguaje se utiliza para definir, consultar y actualizar la base de datos.

La estructura básica para consultas en SQL es select-from-where. El bloque de consulta tiene la siguiente forma:

SELECT < lista de atributos >

FROM < lista de tablas >

WHERE < condición >

La lista de atributos, es la lista de nombres de atributos cuyos valores serán recuperados en la consulta. La lista de tablas, es la lista de nombres de las tablas o relaciones necesarias para procesar la consulta.

La condición, es la expresión condicional (booleana) que identifica los datos que serán recuperados por la consulta.

Conceptualmente, SQL es un lenguaje de definición de datos (LDD), un lenguaje de definiciones de vistas (LDV) y un lenguaje de manipulación de datos (LMD), que posee también capacidad para especificar restricciones y evolución de esquemas.

3.6. APLICACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Para realizar la aplicación que es el proceso donde se realiza la programación para que la base de datos cumpla funciones específicas además de permitir que ésta se actualice constantemente, se utiliza lo siguiente:

- ❖ **Tomcat.-** Tomcat es un servidor web y no es un servidor de aplicaciones. El motor de servlets a menudo se presenta en combinación con el servidor web Apache. Puede funcionar como servidor web por sí mismo en entornos con alto nivel de tráfico y alta disponibilidad.

- ❖ **Eclipse.-** Eclipse es un entorno de desarrollo integrado de código abierto, multiplataforma para desarrollar lo que el proyecto llama Aplicaciones de Cliente. Esta plataforma, típicamente ha sido usada para desarrollar entornos de desarrollo integrados (del inglés IDE), como el IDE de Java llamado Java Development Toolkit (JDT) y el compilador (ECJ) que se entrega como parte de Eclipse (y que son usados también para desarrollar el mismo Eclipse).

Un entorno de desarrollo informático (en inglés integrated development environment) es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación.

- ❖ **Lenguaje Java.-** Java es un lenguaje de programación con el que podemos realizar cualquier tipo de programa. En la actualidad es un lenguaje muy

extendido y cada vez cobra más importancia tanto en el ámbito de Internet como en la informática en general.

3.7. PRESENTACIÓN DEL PARTE POLICIAL

En la presentación del P.P. el Servidor Web Apache y la plataforma Pentaho permitirán observar en pantallas el P.P. y su posterior impresión, asimismo los usuarios finales podrán realizar todo tipo de consultas.

- ❖ **Servidor Web Apache.-** El servidor HTTP Apache es un servidor web HTTP de código abierto para plataformas Unix (BSD, GNU/Linux, etc.), Microsoft Windows, Macintosh y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.11 y la noción de sitio virtual.

Apache es usado principalmente para enviar páginas en la World Wide Web. Muchas aplicaciones web están diseñadas asumiendo como ambiente de implantación a Apache, o que utilizarán características propias de este servidor web, es el componente de servidor web en la popular plataforma de aplicaciones LAMP, junto a MySQL y los lenguajes de programación PHP/Perl/Python.

Este servidor web es usado para innumerables tareas donde el contenido necesita ser expuesto a disposición en una forma segura y confiable. Un ejemplo es al momento de compartir archivos desde una computadora personal hacia Internet. Un usuario que tiene Apache instalado en su escritorio puede colocar arbitrariamente archivos en la raíz de documentos de Apache, desde donde pueden ser compartidos.

- ❖ **Open Source Pentaho Business Intelligence.-** La plataforma Open Source Pentaho Business Intelligence cubre muy amplias necesidades de Análisis de los Datos y de los Informes empresariales. Las soluciones de Pentaho están escritas en Java y tienen un ambiente de implementación también basado en Java. Eso hace que Pentaho es una solución muy flexible para cubrir una amplia gama de

necesidades, tanto las típicas como las sofisticadas y específicas al negocio.

3.8. USUARIOS

La gran demanda de información implica diversos perfiles de usuarios con los que habrá que contar si se quiere elaborar una herramienta que les sea útil a la empresa que requiere una B.D.

Hay tres categorías que son las que se presentan en los siguientes literales:

3.8.1. Administradores de la B.D

También llamados DBA (Data Base Administrator), se encargan de gestionar las bases de datos, es decir, es el que se encarga de diseñar y modificar la estructura de la B.D. que está formada por: *Datos Operativos* es toda la información que necesitamos para que funcione la base de datos.

3.8.2. Desarrolladores o Programadores de Aplicaciones

Se encargan de diseñar y programar las aplicaciones para los usuarios finales necesarias para la utilización de la B.D., realizando las peticiones pertinentes al S.G.B.D.

3.8.3. Usuarios finales

Aquellos que utilizan datos de la base de datos para su trabajo cotidiano que no tiene que ver con la informática. Normalmente no utilizan la base de datos directamente, sino que utilizan aplicaciones creadas para ellos a fin de facilitar la manipulación de los datos. Estos usuarios sólo acceden a ciertos datos. Sin embargo hay usuarios finales avanzados que por medio del lenguaje de programación SQL pueden acceder a los datos.

Hay que tener en cuenta que las necesidades de los usuarios son muy diferentes en función del tipo de usuario:

- ✓ A los *usuarios finales* les interesa: la facilidad de uso.

- ✓ A los *desarrolladores* les interesa: la potencia y flexibilidad de los lenguajes incorporados del sistema de bases de datos.
- ✓ A los *administradores* les interesa: las herramientas de gestión avanzada para la base de datos.

3.9. TEORIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Según el Diccionario de la Real Academia Española (2001) un *accidente* es un "suceso eventual que altera el orden regular de las cosas".

También puede conceptualizarse como aquel suceso en el que está involucrado una persona (conductor, pasajero o peatón), un vehículo y/o el entorno físico o ambiental (Arburola, 1992, p. 160).

3.9.1. Principales factores de los Accidentes de Tránsito

De acuerdo a las estadísticas de Acc.T. a nivel mundial y a nivel del país, los estudios de accidentabilidad⁶ vial han cobrado gran significancia, motivando el desarrollo de investigaciones con el propósito de explicar la ocurrencia de los Acc.T., abordando el tema desde diferentes puntos de vista, abarcando áreas relacionadas a la parte legal y jurídica, aspectos técnicos de vehículos e infraestructura, componentes psicológicos, conductuales y socioeconómicos de usuarios del sistema vial, entre otros.

En general, los distintos factores que intentan explicar la ocurrencia de este fenómeno o evento, en la mayoría de estudios, se los ha categorizado de la siguiente manera:

- ✓ Factor Humano (conductores, pasajeros, peatones)
- ✓ Factor Vehicular
- ✓ Factor Físico

⁶ Accidentabilidad: Palabra que está recogida en el *DRAE (Diccionario de la Real Academia Española)* y significa frecuencia o índice de accidentes.

❖ **Factor Humano.-** Es según estudios el principal de todos y muy especialmente, el conductor. El es quien está tomando decisiones permanentemente al conducir. Se dice que el conductor en la vía es un continuo “procesador de información”. Estudios estadísticos sobre factores humanos en Acc.T. indican que éstos son causa probable o definitiva de la mayor cantidad de estos accidentes.

❖ **Factor Vehicular.-** Su incidencia en la accidentalidad es debido principalmente a:

- Fallas por mala mantención mecánica del vehículo.
- Fallas provenientes de la antigüedad del vehículo.
- Incremento del parque vehicular.

❖ **Factor Físico.-** También se lo conoce como factor ambiente y tiene incidencia en la accidentalidad por:

- Malas condiciones de las vías (pavimento, trazado, etc.)
- Señalización ausente o deficiente.
- Congestión vehicular.
- Mal diseño Geométrico de las vías
- Condiciones de clima adversos.

3.10. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

“Los SIG se pueden definir como una tecnología integradora que une varias disciplinas con el objetivo común del análisis, creación, adquisición, almacenamiento, edición, transformación, visualización, distribución, etc. de la información geográfica”. (Goodchild, 2000).

3.10.1. Generalidades

Los SIG pueden entenderse como una “caja de experimentación” (Bosque, 1997), lo que permite al analista o al gestor territorial trabajar o plantearse diferentes escenarios virtuales de una determinada región, por una parte los que se producirían con la ejecución de ciertas políticas o los que ocurrirían siguiendo determinadas tendencias. Todo esto hace

de los SIG una potente herramienta de planificación cuando se dispone de una B.D. suficientemente amplia para los fines que se plantean.

Las operaciones que puede llevar a cabo un SIG con los datos de la B.D. son diversas, pudiéndose realizar independientemente sobre la componente temática o espacial, o bien en procesos que involucren ambas componentes.

En la Figura. 3.10., se puede apreciar seis grupos genéricos de operaciones: entrada de datos, operaciones sobre el aspecto temático, sobre el aspecto espacial, sobre ambos componentes simultáneamente, modelado cartográfico y espacial y salida de datos.

Las operaciones disponibles en los SIG para el componente temático de los datos están estrechamente relacionadas con la B.D. en la que este componente del dato se almacena; el *modelo de datos relacional*⁷ es el usual para almacenar los atributos en un modelo vectorial. En la Figura. 3.10. se puede observar las principales operaciones ofrecidas en los SIG para esta componente de los datos.

De los seis grupos especificados, en la Figura. 3.7, la entrada y salida de datos son aspectos de menor relevancia, por lo que los cuatro conjuntos restantes se describirán brevemente a continuación.

- ✓ **El Mantenimiento, recuperación y análisis de información temática,** permiten conjuntamente con otras operaciones, el tratamiento integral de los atributos.
- ✓ **El Mantenimiento, recuperación y análisis de información espacial,** engloba aquellas operaciones que se realizan sobre el aspecto espacial de los datos, etiquetadas en los paquetes SIG como *análisis espacial*.

⁷ *Modelo de datos relacional*: “Es uno de los más extendidos en los sistemas informáticos de proceso y almacenamiento de datos. Se estructura en una serie de filas (registros) y columnas (campos), así cada registro corresponde a un objeto espacial referido por un identificador que normalmente se define en la primera columna o columna principal (columna clave), así las columnas representan los atributos asociados a cada objeto espacial”. Gómez, M. y Barredo, José 2005.

- ✓ **El Análisis integrado de datos espaciales y temáticos**, posiblemente es el grupo más destacado del conjunto de operaciones en un SIG, ya que es el que integra los componentes espaciales y temáticos de los datos en un mismo proceso.

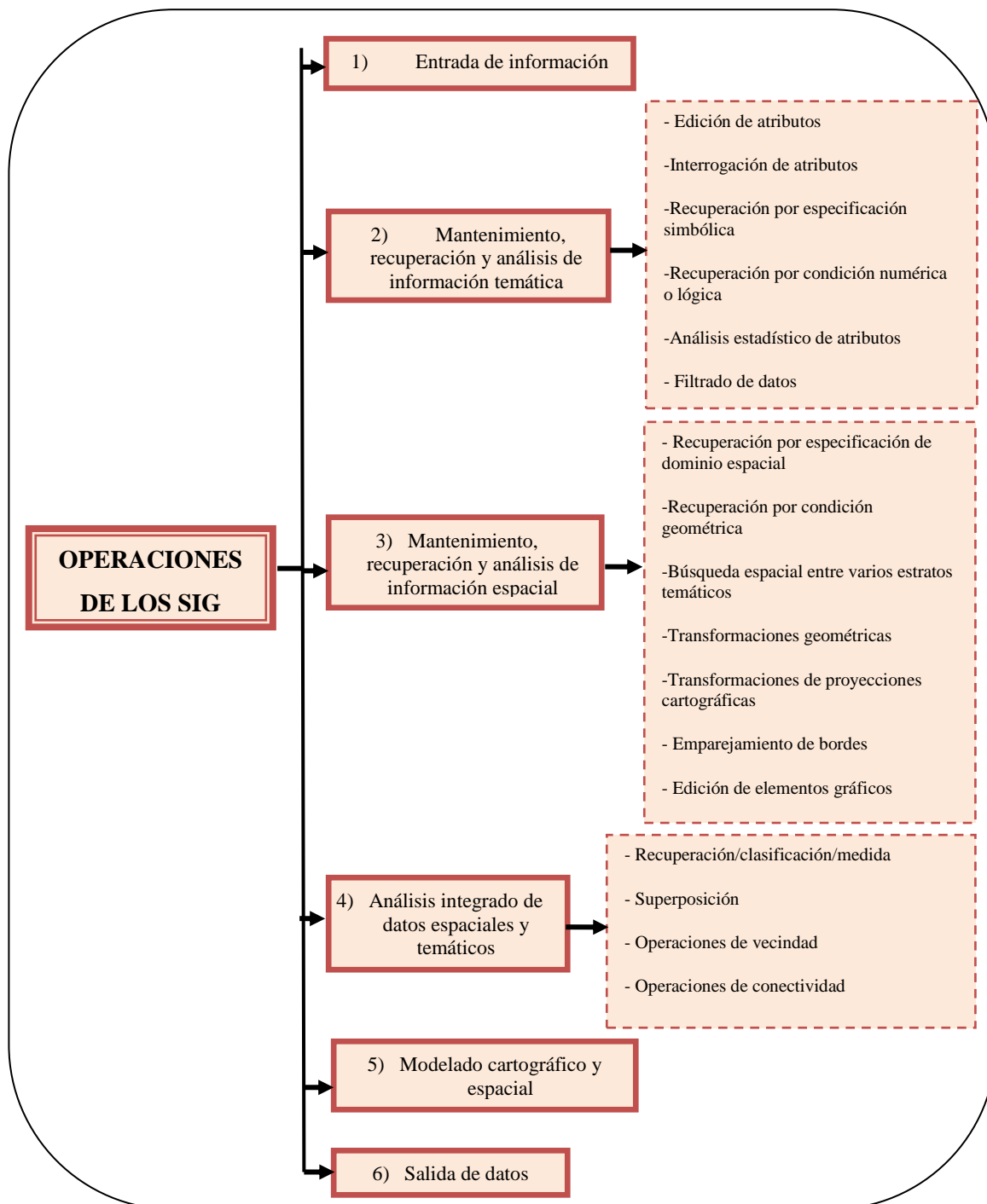


Figura. 3.7. Operaciones de los SIG.

Fuente: Gómez, M y Barredo, José 2005.

Este conjunto de operaciones es el que diferencia a los SIG de sistemas de cartografía automatizada (AM) y sistemas de diseño asistidos por ordenador (CAD).

Las principales operaciones que realizan los SIG en este conjunto se describen en la siguiente Tabla. 3.1.:

De la serie de operaciones indicadas en la Tabla. 3.2, las de superposición son fundamentales desde el punto de vista del modelado espacial y cartográfico, ya que al momento de realizar estas operaciones se pueden generar nuevos datos a partir de los originales.

Tabla. 3.1. Principales operaciones que realizan los SIG dentro del análisis integrado de datos espaciales y temáticos.

Fuente: Gómez, M y Barredo, José 2005

OPERACIONES DE LOS SIG	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recuperación, clasificación y medida 	<p>- La <i>recuperación</i> de objetos espaciales y sus atributos permite manipular la información temática de cada objeto espacial.</p> <p>- La <i>clasificación</i> de elementos consiste en la asignación de los objetos espaciales a una categoría preestablecida, pudiéndose generar así un nuevo atributo o capa que defina los nuevos objetos espaciales en una clase específica.</p> <p>- La <i>medición espacial</i> se puede resumir en distancias entre puntos, longitud de líneas, perímetros y áreas de polígonos en el modelo vectorial. Distancias euclidianas, análisis de proximidad y mediciones espaciales: áreas, perímetros y forma en el raster.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operaciones de superposición 	<p>En estas operaciones se distinguen dos aspectos: la superposición espacial de los objetos y el resultado temático producto de la intersección (Bosque, 1997).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operaciones de vecindad 	<p>Consisten en evaluar las características de los objetos vecinos de uno o varios específicos. Esto se realiza especificando un tipo de objeto espacial con un atributo conocido, entonces se determinan cuántos y que objetos de esa (o de otra) capa se encuentran en su interior o colindan (caso de polígonos), se intersecan (líneas) o coinciden (puntos).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operaciones de conectividad 	<p>Se resumen también en las categorías: <i>medidas de contigüidad, proximidad, redes</i>. Implica el cálculo de distancias entre objetos georeferenciados con valores, rangos o clases específicos de una variable; el análisis de proximidad permite identificar áreas cuya característica de análisis tiene el mismo valor o categoría y que mantienen continuidad, eliminando las áreas no significativas según un límite de inclusión.</p>

El modelado cartográfico y modelado espacial, o también conocidos como modelos de datos georeferenciados, permiten crear nueva información espacial a partir de insumos de diversa índole y también vincular resultados de modelos de análisis estadístico con las georeferencias, a través de herramientas del programa geográfico, o bien a través del desarrollo externo (en un programa estadístico) y su vinculación a los objetos (puntos, líneas, áreas) georeferenciados.

El modelado cartográfico, según Tomlin (1991:361), se lo explica como “una metodología general para el análisis y síntesis de datos geográficos”, definiéndolo como “el uso de las operaciones básicas de un SIG en una secuencia lógica para resolver problemas espaciales complejos”.

3.11. ANÁLISIS ESPACIAL

Según Gamir, et al (1995), citando a la Real Academia de la Lengua, el *análisis* se define como la “distinción y la separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos”.

“En Geografía “el todo se debe asimilar al espacio geográfico en su conjunto y sus partes”. Estas últimas incluyen las “variables territoriales (abióticas, bióticas, socioeconómicas, etc.) u objetos geográficos que sobre él confluyen”. A partir de ello se puede afirmar que el *análisis espacial*, se centra en el estudio, de manera separada, de los componentes del espacio, definiendo sus elementos constitutivos y la manera como éstos se comportan bajo ciertas condiciones. Para esto, el análisis espacial se vale de un conjunto de herramientas técnicas que, de acuerdo con lo anterior, sólo pueden dar respuesta a una parte de la dinámica del espacio, mas no a su totalidad” (Gamir, et al 1995).

Bosque (1992) es mucho más específico en tanto define el *análisis espacial* como “el conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos, en los que se considera de alguna manera, sus características espaciales”.

El análisis espacial puede ser definido de diversas maneras, anteriormente se planteó la definición propuesta por Bosque (1992), sin embargo, caben ser tomadas en cuenta otras definiciones:

Goodchild (1978b) distingue el *análisis espacial* de otras técnicas de análisis, definiéndolo como: “un conjunto de técnicas cuyos resultados son dependientes de la localización de los objetos o eventos analizados, requiriendo el acceso a la localización y a los atributos de los objetos, esto es, a ambos componentes del dato espacial”. Dichas técnicas se refieren tanto a simples medidas descriptivas de patrones de elementos, como a complejos test estadísticos (Ripley, 1981; Getis y Boots, 1978).

Fisher y Nijkamp (1992: 215) visualizan el *análisis espacial* en un sentido amplio, como “el análisis de información espacial y no espacial de elementos en sistemas espaciales o espacio-temporales, como una herramienta para su descripción, explicación y predicción”.

3.11.1. Herramientas técnicas del análisis espacial

“Es claro que, sin importar la tendencia, hoy en día se hace uso de diversas técnicas dirigidas al análisis espacial. Estas técnicas cumplen por lo menos con dos objetivos:

- ✓ Identificar los componentes del espacio.
- ✓ Utilizar un procedimiento o un conjunto de procedimientos que permitan comprender, en parte, la funcionalidad de algunos de esos componentes espaciales.

Teniendo en cuenta lo anterior, el análisis espacial podría también definirse como un momento dentro del proceso investigativo en el que se conjugan una serie de técnicas que buscan separar, procesar y clasificar los datos, para contribuir a la búsqueda de respuestas de un problema mayor. Ahora, está en manos del investigador la elección de las herramientas a utilizarse, para posteriormente encontrar en sus resultados las relaciones adecuadas para llegar a una visión integral.

Una *herramienta técnica* puede ser definida como un instrumento de tipo gráfico, cuantitativo, cualitativo y/o mixto, cuyo uso involucra una serie de procedimientos en los que se trabaja con una o más variables con el propósito de hacer más explicable y visible un fenómeno.

Es necesario precisar, que las herramientas técnicas cumplen con los dos objetivos del análisis espacial, mencionados anteriormente, en cuanto a que sirven para identificar los componentes del espacio y se centran en el procesamiento o tratamiento de los datos” (Gamir, et al 1995).

La siguiente Figura. 3.9. muestra una clasificación en cuatro grupos de las herramientas técnicas utilizadas para el análisis espacial y a continuación una breve síntesis de las mismas.

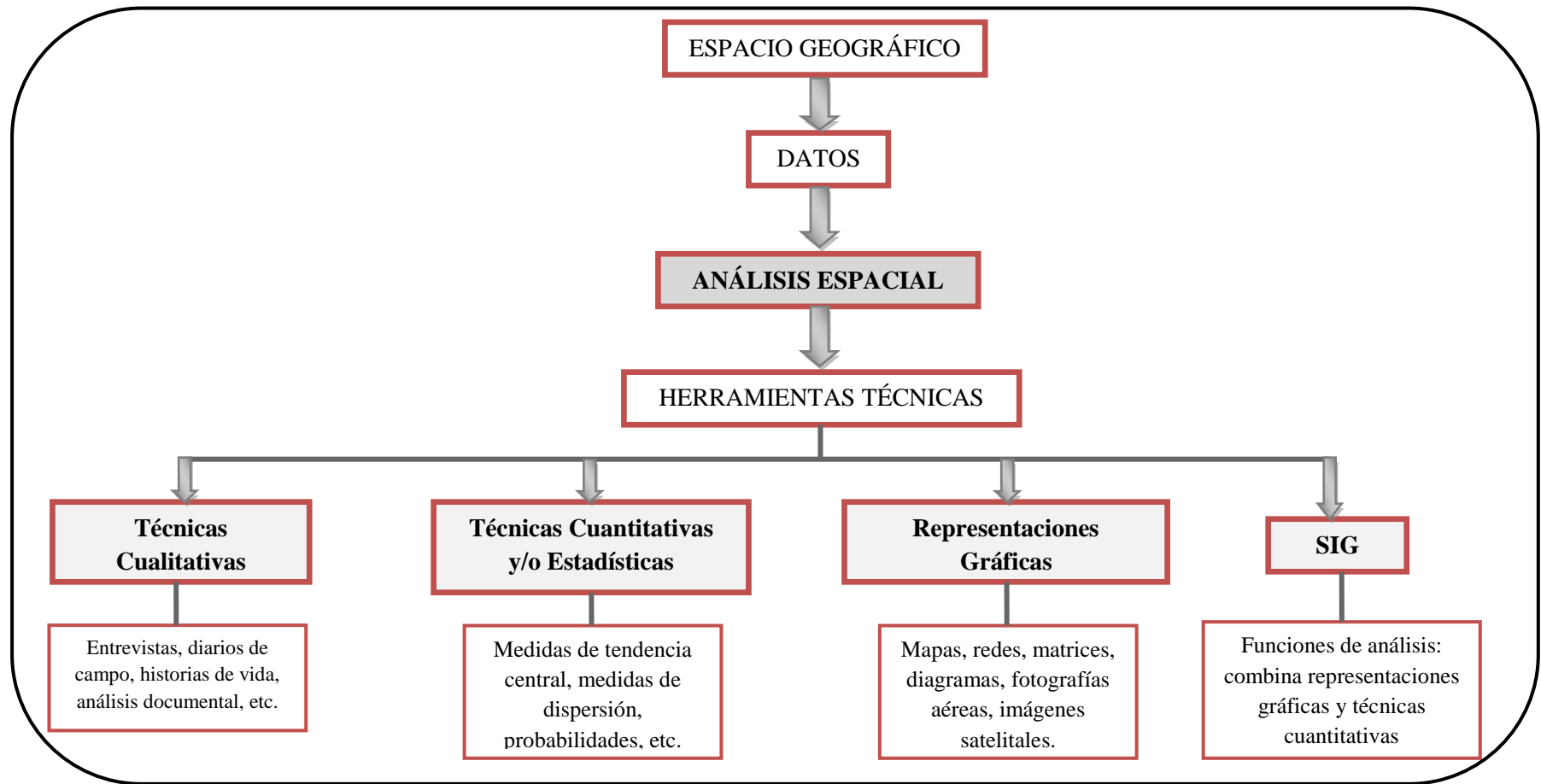


Figura. 3.9. Herramientas técnicas para el análisis espacial.

Fuente: Gamir, et al (1995).

- ❖ **Técnicas Cualitativas.-** Según Phillip (1996) y Pedone (2000) “Los estudios cualitativos son investigaciones intensivas a muy pequeña escala en los cuales se explota la experiencia cotidiana de la gente y sus comunidades en diferentes tiempos y espacios”. Ello involucra la percepción misma del investigador y la influencia de ésta en el desarrollo del trabajo y en sus posibles resultados.

“Estas herramientas técnicas tienen como finalidad realizar un acercamiento entre el investigador y la comunidad u objeto de estudio, observar, hacerse partícipe de algunos de sus procesos, reconocer puntos de vista subjetivos, abordar la realidad en tanto el descubrimiento de las vivencias de los demás lo permitan y mostrar sus resultados a través de las descripciones que son el producto directo de la experiencia” (Gamir, et al 1995).

- ❖ **Técnicas Cuantitativas.-** El término análisis espacial fue asignado precisamente al conjunto de *técnicas cuantitativas o estadísticas*.

Las técnicas cuantitativas son parte indispensable en el análisis espacial por ser herramientas eficaces para estudiar los componentes del espacio, elaborar esquemas de funcionamiento del mismo y por proporcionar precisión en la investigación y en la localización de fenómenos. A ello se añade que su capacidad organizativa y de tratamiento de datos, es la base metodológica utilizada por varias de las herramientas de representación gráfica, cartográfica y no cartográfica.

Para ser más específicos en cuanto a los aportes de las técnicas cuantitativas y/o estadísticas al análisis espacial, es importante tener presente algunas de sus funciones básicas que, de acuerdo a Ebdon (1982) son:

- Descripción,
- Inferencia,
- Significación

☑ Predicción.

- **Descripción.-** La función descriptiva permite que durante el análisis espacial se pueda reagrupar información que en la mayoría de los casos es muy numerosa, ordenarla, crear reglas para representarla gráficamente, hacer cálculos de distintos estadígrafos, emplear cuadros, etc., con el propósito de identificar sus características particulares.
- **Inferencia.-** La función inferencial permite plantear hipótesis y resolverlas sin necesidad de utilizar la población en su totalidad, sino una muestra representativa de ella.
- **Significación.-** Con la función de significación se trata de saber si una diferencia o relación entre dos conjuntos de datos es significativa. Para saberlo se utiliza un proceso, un poco más complejo, en el que se proponen dos hipótesis, una nula y otra alternativa, esperando que para la primera exista una probabilidad baja de ocurrencia que confirme la efectividad de la segunda.
- **Predicción.-** La función de predicción utiliza las probabilidades en las que se combinan circunstancias que se comportan bajo ciertos límites.

“Una de las funciones más utilizadas por la Geografía es la *descriptiva* con el uso del *análisis multivariado*, que tiene en cuenta una de las particularidades del espacio y es la presencia amplia de elementos que de alguna manera complejizan su análisis.

El *análisis multivariado* consiste en identificar todos los componentes de un fenómeno espacial, clasificar y/o seleccionar aquellos que tengan mayor preponderancia, someterlos a un filtro matemático para obtener una mejor descripción del fenómeno en función de una mirada objetiva del mismo y de la exclusión de elementos distorsionadores. Ello depende de los objetivos a desarrollar, de la búsqueda de certezas y del enfoque que se desee dar al problema investigado” (Gamir, et al 1995).

- ❖ **Representaciones Gráficas.-** Toda representación gráfica tiene como objetivo hacer mucho más fácil e inteligible un fenómeno, permitiendo la visualización de ciertas características que de otra forma son difícilmente perceptibles. Esta es precisamente la gran contribución de las representaciones gráficas al análisis espacial: permitir no sólo un adecuado manejo de los datos, sino convertir una imagen visual en un mediador eficaz para la inferencia de ideas.

- ❖ **SIG.-** Cabe recalcar que los SIG y el Análisis Espacial no son sinónimos, a pesar de que gran cantidad de fuentes bibliográficas relacionan de manera estrecha estos dos términos.

Se podría decir que los SIG cumplen a cabalidad con los dos objetivos del análisis espacial descritos anteriormente, puesto que este último viene a ser el resultado del modelamiento basado a su vez en los procesos de captación de información, abstracción de la misma y discretización del mundo real, estableciendo las relaciones entre los componentes del espacio. Permite además, construir un modelo con patrones futuros de comportamiento.

3.11.2. El análisis espacial de Accidentes de Tránsito y los SIG

Los Acc.T. son eventos complejos pues muchas variables intervienen en su desarrollo y el análisis espacial es una herramienta imprescindible para identificar patrones en su ocurrencia y hacer correlaciones con otras variables, que utilizando otras metodologías sería prácticamente imposible de hacer.

El análisis espacial puede plantearse como una aproximación orientada hacia la investigación de modelos y leyes generales de los sistemas espaciales evidenciando sus propiedades, distribuciones, morfologías de organización, funcionamiento y evolución. El campo de aplicación de esta metodología analítica es extenso y siempre se apoya en diversos modelos y conceptos teóricos provenientes de diversas disciplinas. Con la evolución de la informática el análisis espacial se ha potencializado ya que es posible integrar métodos estadísticos, modelos matemáticos-económicos y diversos útiles de simulación con el componente espacial que brindan los SIG.

En este sentido, por ejemplo, la Figura. 3.10. muestra el total de puentes peatonales y la densidad de atropellamientos, convirtiéndose así esta información en la base para realizar análisis más complejos. La figura mencionada muestra una sobreposición en el SIG de los puentes peatonales y la densidad de atropellamientos.

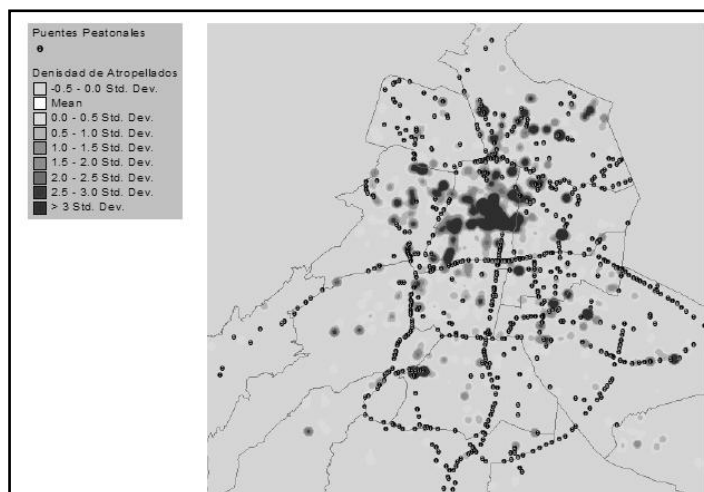


Figura. 3.10. Ejemplo de Análisis Espacial de la relación entre Puentes Peatonales y atropellamientos. Fuente: Reséndiz, Héctor ⁸

La herramienta SIG facilita el análisis espacial de la accidentalidad y la consecuente identificación de zonas críticas, a través de una comprensión integral del fenómeno, al permitir relacionar variables involucradas (Anderson T K.; 2009). El uso más simple de los SIG en el análisis de la accidentalidad, es la evaluación espacial de las características de los sectores analizados (Steenberghen, T., et al.2004), como un ejemplo, en la Figura. 3.11. se observa la distribución espacial de los Acc.T., analizados en la ciudad de Cartagena, diferenciados por grado de severidad entre heridos y muertos.

⁸ Reséndiz, Héctor, *Georeferenciación de puentes peatonales en ciudad México y su relación con peatones atropellados*, México, 2005.



Figura. 3.11. Ejemplo de un Mapa de Distribución Espacial de los Acc.T. en la ciudad de Cartagena. Fuente: Cantillo, Víctor y Garcés, Patricia.⁹

3.12. MODELAMIENTO

3.12.1. Características e importancia de los SIG en el modelado

Dentro de los SIG el tipo de datos que usa el modelo dependerá de la naturaleza del fenómeno de estudio. El modelo de datos vector y raster son los tipos de datos usados para representar las diferentes variables en el modelamiento geográfico, cada uno con sus propias ventajas y desventajas.

3.12.2. Concepto

“Un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica” (Ríos, 1995:23).

⁹ Cantillo, Víctor y Garcés, Patricia, *Análisis de la Accidentalidad vial en tramos urbanos mediante el uso de SIG planteado desde un enfoque Bayesiano*, Colombia, Julio 2010.

Es así que se puede decir que la representación de la realidad que se refleja en un modelo solo refleja o reproduce ciertas características del objeto original que queda expresado en otro objeto de menor complejidad.

Es importante mencionar que la ventaja que nos da un modelo para conocer o predecir un evento está sujeta esencialmente a realizar una buena selección de los factores notables (variables) para el problema a modelar y una adecuada descripción de sus relaciones funcionales.

La relación de la representación de la realidad a través de un modelo debe ser parcialmente reversible (relación simétrica), es decir, el modelo debe permitir la traducción de algunas propiedades a la realidad. Es por ello que se construyen los modelos para poder conocer o pronosticar propiedades del objeto real modelado, además estos nos permiten aclarar dudas sobre la realidad que no serían accesibles mediante la experimentación directa.

“La existencia de la relación simétrica permite que un resultado C' relativo al modelo pueda traducirse en otro C relativo al objeto real y, de esta forma, las respuestas derivadas del modelo sean aplicables a la realidad sin perder el sentido. Denominaremos a estas propiedades que se deducen del modelo *propiedades emergentes*. (Figura. 3.12.)

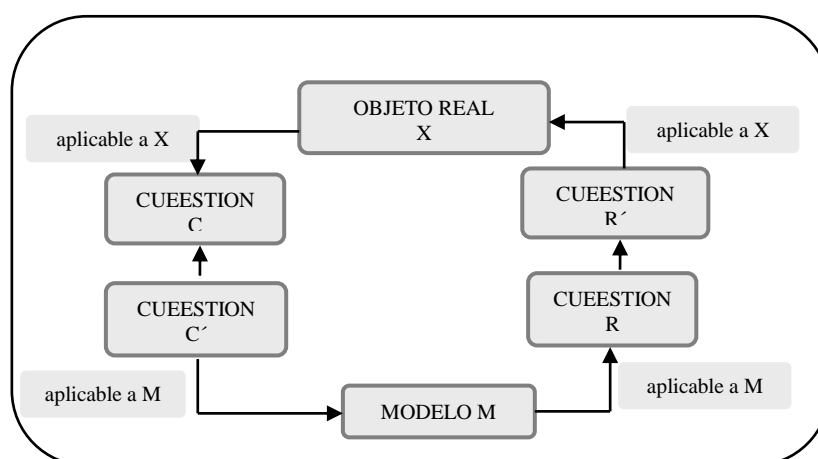


Figura. 3.12. Propiedades Emergentes deducibles del modelo.

Fuente: Sistema de Información Geográfica, Gómez, Barredo, 2da. Edición.

La calidad de las propiedades emergentes de un modelo puede valorarse sometiendo una parte de los resultados a una verificación experimental que, aunque solo puede ser parcial, servirá de orientación sobre la magnitud de errores derivados del modelo y puede permitir la introducción de correcciones.

Debido a que un modelo es la representación de la realidad pero con una cantidad menor de información existe un error propio al proceso de modelización que puede ser reducido pero no eliminado. Este error puede ser reducido de dos maneras:

- ✓ “Mayor precisión en la medida y mejor selección de los componentes: no implica mayor complejidad del modelo.”
- ✓ “Mayor cantidad de componentes, partes e interrelaciones funcionales: implica una mayor complejidad del modelo.”

Debe buscarse un compromiso entre la complejidad del modelo y el error aceptable en los resultados” (Felicísimo, s.f).

3.12.3. Tipos de Modelos

“Los modelos pueden ser físicos (descritos por variables medibles), análogos (diagrama de flujo) y simbólicos (matemáticos, lingüísticos, esquemáticos) (Figura. 3.13.). Los modelos matemáticos o cuantitativos son descritos por un conjunto de símbolos y relaciones lógico–matemático

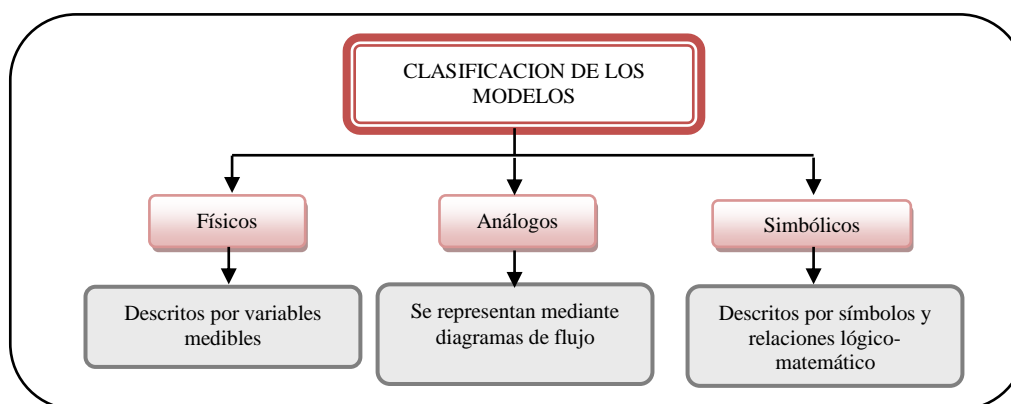


Figura. 3.13. Clasificación de los Tipos de Modelo.

Fuente: Sistema de Información Geográfica, Gómez, Barredo, 2da. Edición.

Si se dispone de un modelo físico (G) que obtenido a partir de la teoría relaciona los datos observados con los parámetros conocidos, se tiene entonces una relación funcional G y F (d, m) que describe el fenómeno; si esta relación es lineal, se define entonces como $Gm = d$. Aquí se pueden tener dos situaciones diferentes: se conocen los parámetros del modelo pero es necesario conocer la respuesta de ese sistema, esta situación es conocida como el problema directo; o de lo contrario, se dispone de observaciones de las variables de predicción y de respuesta, pero se desconocen los parámetros del modelo que expliquen mejor la relación entre esas variables, aquí se habla del problema inverso, el cual se resuelve mediante regresión estadística. Resolver el problema inverso consiste en estimar los valores del modelo (m) que expliquen mejor las observaciones” (Tesis, Fuzzy_Deslizamientos).

3.13. MODELADO ESPACIAL

Como se definió anteriormente, un modelo es “una representación geográfica de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades” (Joly, 1988), entonces se puede decir que, “el modelado espacial comprende la construcción de modelos para producir resultados espaciales” (Fotheringham y Wegener, 1999, O’Sullivan y Unwinn, 2002).

3.13.1. Concepto

“El modelado espacial se puede concebir también como la unión entre métodos basados en modelos y las operaciones de los SIG, para proveer herramientas adecuadas para asistir a la planificación” (Birkin et al., 1987).

“El modelado espacial utiliza las operaciones de los SIG, Tabla. 3.1., especialmente la superposición de capas, integrando dichas operaciones con modelos espaciales y operaciones aritméticas o estadísticas normalmente no disponibles en los SIG.

Los modelos espaciales pueden ser utilizados principalmente para tres propósitos:

- ✓ Predicción y generación de escenarios
- ✓ Análisis de impactos de políticas
- ✓ Generación y/o diseño de políticas

El modelado espacial debe entenderse en el entorno de los SIG como un aspecto paralelo en su desarrollo al análisis espacial, ya que el modelado utiliza en buena medida una serie de operaciones de análisis espacial para lograr sus fines.

A partir de la integración de los SIG con técnicas de modelado y modelos espaciales, se distingue la implementación de técnicas para: transformar los datos, síntesis e integración de datos, actualización de información, predicción, análisis de impacto y optimización” (Sistema de Información Geográfica, Gómez, Barredo, 2da. edición).

3.13.2. Operaciones de Análisis y Modelado Espacial

Fischer y Nijkamp (1992), definen las siguientes operaciones relevantes para posibles desarrollos en un entorno SIG:

- ✓ Análisis exploratorio de patrones de puntos y procedimientos de análisis de áreas para la identificación de patrones espaciales y relacionales.
- ✓ Modelos estadísticos espacio-temporales para la adquisición, almacenamiento, análisis y predicción.
- ✓ Herramientas para la gestión de relaciones origen-destino en sistemas espaciales y espacio-temporales.
- ✓ Modelos de localización-asignación.
- ✓ Procedimientos de rutas óptimas.
- ✓ Procedimientos de búsquedas espaciales.
- ✓ Procedimientos de interpolación de datos espaciales.
- ✓ Técnicas para el monitoreo de la propagación de errores.

Cabe señalar que la operación referente a los modelos de localización-asignación de actividades, es importante la integración que se puede realizar entre esta y técnicas de Evaluación Multi-Criterio (EMC) y SIG ya que ofrecen importantes aplicaciones.

3.13.3. Integración de Modelado Espacial y SIG

Realizar un modelado espacial permitirá añadir valor a la información, es decir, se podrá generar nuevos datos a partir de datos existentes en una B.D. mediante un proceso establecido.

“Los SIG, con la integración de operaciones de modelado espacial, incrementan su potencial pudiendo ser utilizados como un importante medio para la toma de decisiones a nivel local/regional. Así se puede plantear la integración de la tecnología SIG con modelos espaciales como una herramienta para:

- ✓ Descripción
- ✓ Explicación
- ✓ Planificación
- ✓ Predicción

Estas herramientas se dan en procesos de naturaleza espacial (Fischer y Nijkamp, 1992).

Se agrupó el uso de los modelos en conjuntos de procesos con diferentes características, según Clarke (1990):

- ✓ Como estructura para la transformación de los datos.
- ✓ Síntesis e integración de datos.
- ✓ Actualización de Información.
- ✓ Pronóstico
- ✓ Análisis de impacto
- ✓ Optimización.

De los grupos citados, en el de optimización se desarrollan, entre otros, los análisis de localización-asignación.

En la Figura. 3.14. se muestra las relaciones entre los SIG, un proceso de planificación genérico y una serie de modelos y operaciones pertenecientes al proceso de planificación” (Sistema de Información Geográfica, Gómez, Barredo, 2da. edición).

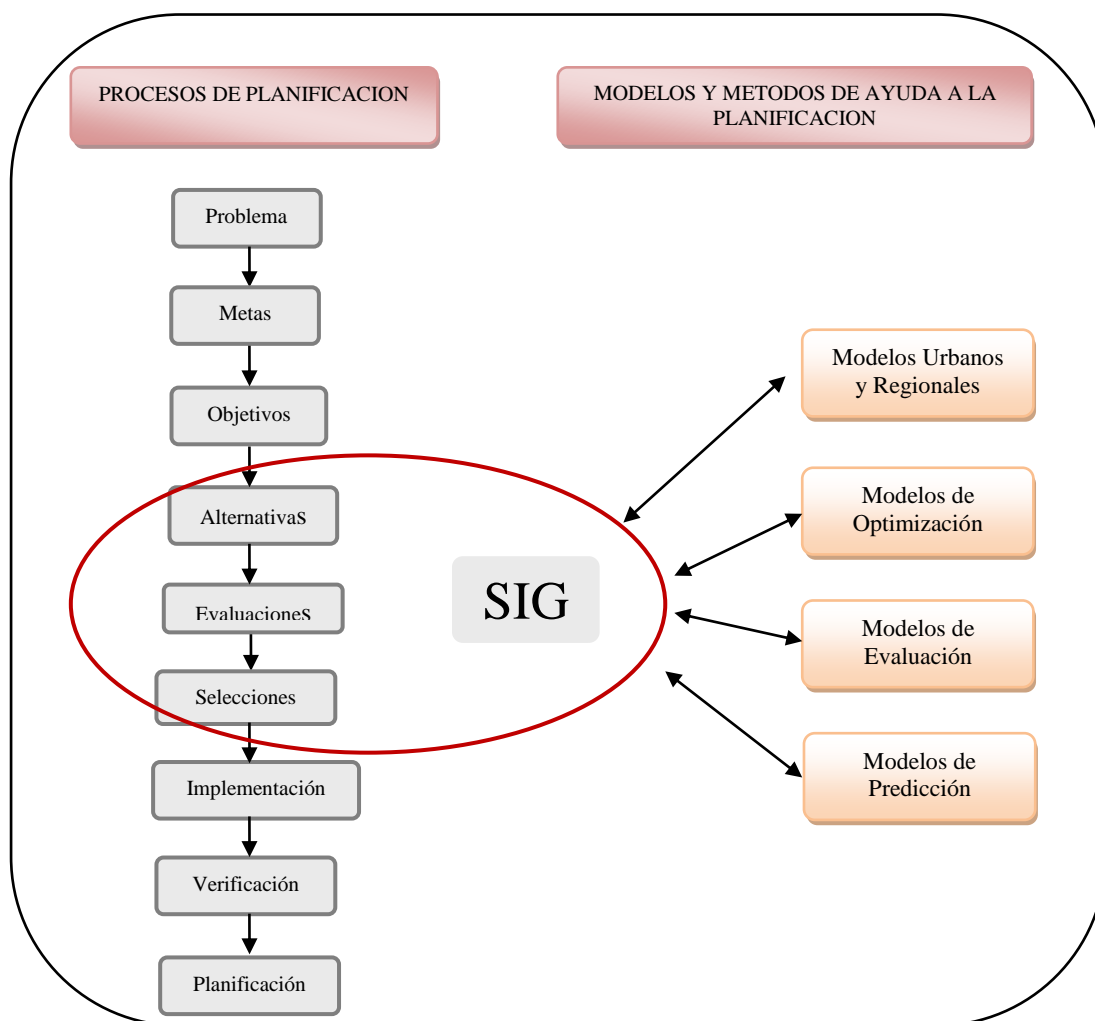


Figura. 3.14. Sistema de ayuda a la planificación integrando modelos y SIG.

Fuente: Sistema de Información Geográfica, Gómez, Barredo, 2da. Edición.

3.13.4. Etapas para la Generación de Modelos en un SIG

La creación de modelos en el Software SIG requiere se etapas o pasos que se deben seguir para obtener resultados que ayuden a la toma de decisiones, las cuales se describirán de una forma más detallada, a continuación (Figura. 3.15.):

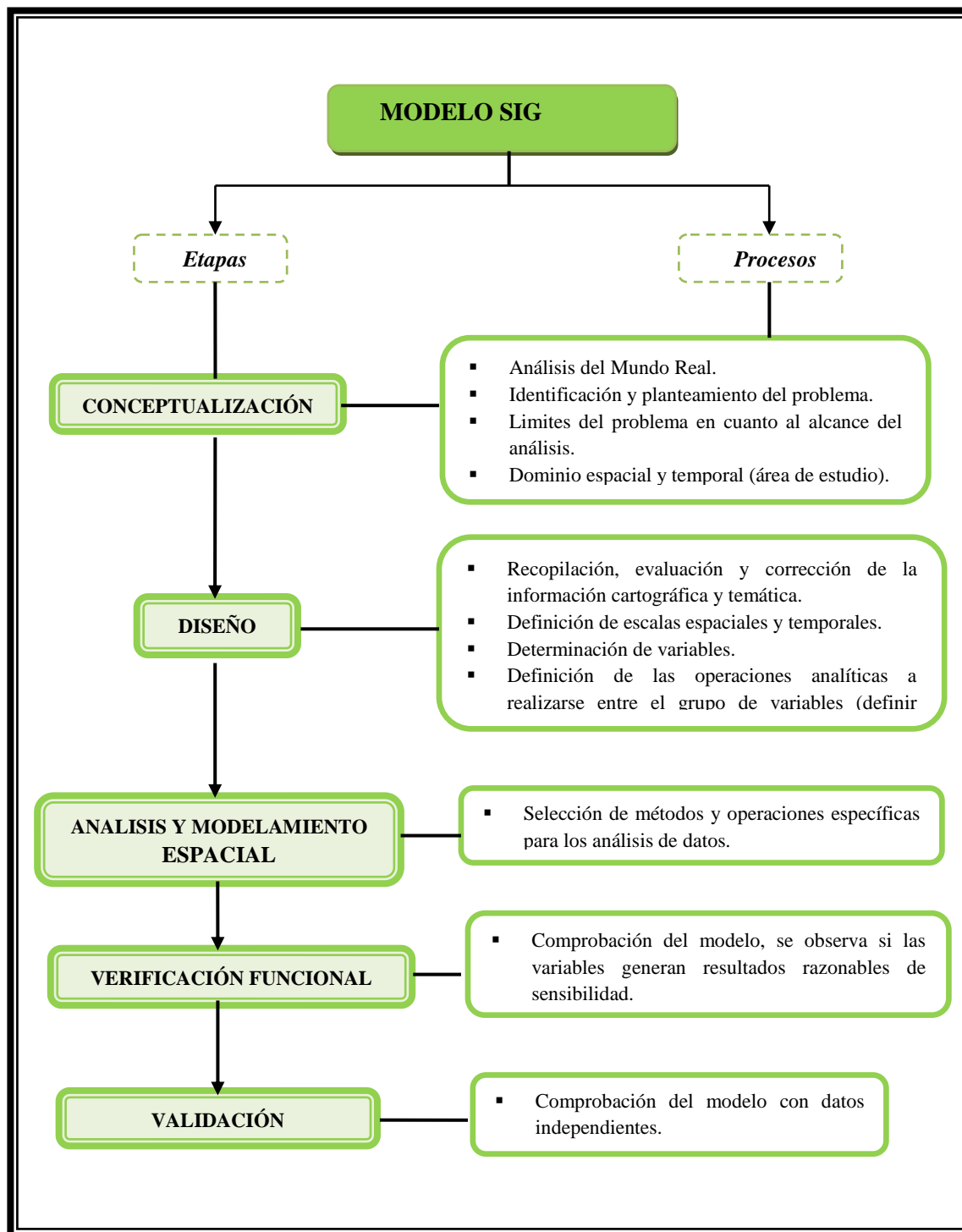


Figura. 3.15. Etapas para la generación de un modelo en un SIG.

Fuente: Sistema de Información Geográfica, Gómez, Barredo, 2da. Edición.

3.14. DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRITICOS

También se los llama: “sitios peligrosos”, “puntos negros” o “zonas críticas”. No existe una definición única en lo que respecta a lo que es un Punto Negro, sin embargo todas las definiciones tienden a indicar que es la ubicación de alto riesgo de accidente de tránsito o el lugar (que puede ser un tramo de vía) donde ocurren accidentes de tránsito de manera frecuente. Las definiciones pueden variar de país en país e inclusive entre ciudades de un mismo país, dependiendo esto de la cantidad de información con que se cuenta y de las prioridades que las políticas de seguridad vial le den, es así, que de una revisión de definiciones podemos encontrar, entre otras definiciones, que un punto negro es:

- ✓ El ratio de los accidentes ocurridos por cada unidad de vehículo-kilometro, y en otros casos en función a la cantidad de vehículos.
- ✓ El simple acumulado de los accidentes (frecuencia de los accidentes).
- ✓ La gravedad de los accidentes de acuerdo a daños personales y fatalidad en el tiempo.
- ✓ La formulación matemática que pondera la gravedad del accidente con los costos derivados de los mismos.
- ✓ Otra forma en que ha sido definido es a través de un ranking de la magnitud de accidentes registrados en cada punto de la vía o más comúnmente por la definición de una cantidad mínima de accidentes a partir del cual, cualquier valor que lo supere será denominado como punto negro.

La D.N.C.T.S.V. define a un punto negro como: el sitio donde ocurrido Accidentes de Tránsito han dejado como consecuencia más de 3 víctimas mortales.

3.14.1. Georeferenciación de los Accidentes de Tránsito

Los Acc.T. se georeferenciaron en tramos y en tramos debido a que se realizó análisis distintos.

3.14.2. Medición de los Accidentes de Tránsito

- ❖ **Medición de la frecuencia de los Accidentes de Tránsito.**- “La medida de la frecuencia de los accidentes de tránsito (CF por sus siglas en inglés, *Crash Frequency*), se define como el número de accidentes por sitio o ubicación durante un periodo de tiempo específico”. (Timaná, Jorge)¹⁰.

$$F = \frac{N^{\circ} \text{ Accidentes}}{t}$$

3.14.3. Medición de la tasa de los Accidentes de Tránsito

“La medición de la tasa de accidentes (CR por sus siglas en inglés, *Crash Rate*), se define como: los accidentes por millón-vehículo-kilómetros (mvk) por sección, y accidentes por millón-vehículo-registrados (mev por sus siglas en inglés) para intersecciones”. (Timaná, Jorge).

Secciones:

$$CR = \frac{N * 10^6}{L * AADT * t * 365}$$

Intersecciones:

$$CR = \frac{N * 10^6}{AADT * t * 365}$$

Donde:

N = Número de accidentes observados durante un período t,

L = Longitud del segmento (km),

AADT = Volumen de tránsito promedio diario anual,

t = Periodo de observación (años).

¹⁰ Timaná, Jorge, *Técnica de análisis de accidentes de tránsito: Seguridad vial*, Lima, Perú.

3.15. ESTADÍSTICA

“La estadística estudia los métodos científicos para recoger, organizar, resumir y analizar datos, así como para sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables.”¹¹

La estadística se divide en:

- ✓ Estadística Descriptiva y
- ✓ Estadística Inferencial o Inductiva.

Las estadísticas de por sí no tienen sentido si no se consideran o se relacionan dentro del contexto en el que se va a trabajar. Por lo tanto es necesario explicar algunos conceptos para lograr comprender mejor su significado en la investigación que se lleve a cabo.

3.15.1 Estadística Descriptiva

Se define como parte de la estadística que solo se ocupa de describir y analizar un grupo dado, sin sacar conclusiones sobre un grupo mayor.

Para realizar un análisis descriptivo de los datos se utilizan las siguientes medidas (Figura. 3.16.):

- ✓ Medidas de Tendencia Central
- ✓ Medidas de Dispersión

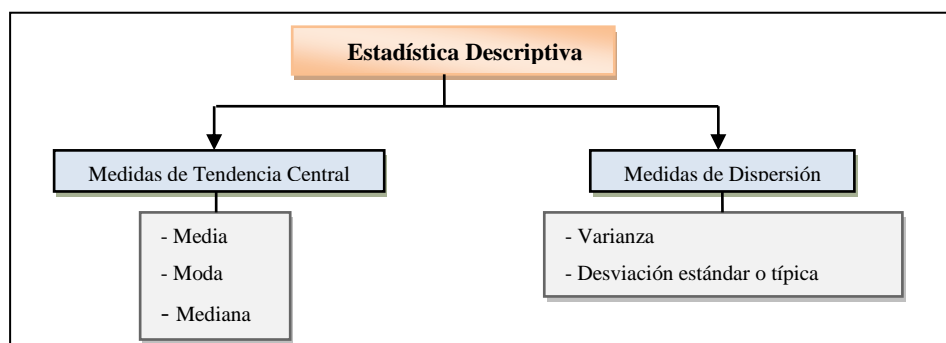


Figura. 3.16. Estadística Descriptiva. Fuente: Elaboración propia

¹¹ Spiegel, M., *Estadística*, Segunda Edición, McGraw-Hill, España 1990.

- ❖ **Medidas de tendencia central.-** Este tipo de medidas nos permiten identificar y ubicar el punto (valor) alrededor del cual se tienden a reunir los datos (“Punto central”). Los principales métodos utilizados para ubicar el punto central son: la media, la mediana y la moda.
- ❖ **Medidas de dispersión.-** Las *Medidas de dispersión* nos permiten reconocer que tanto se dispersan los datos alrededor del punto central; es decir, nos indican cuanto se desvían las observaciones con respecto a su media. Las medidas de dispersión más importantes y las más utilizadas son: *la Varianza y la Desviación estándar (o Típica)*.

3.15.2. Estadística Inferencial o Inductiva

Se define como parte de la Estadística que comprende los métodos y procedimientos para deducir propiedades (hacer inferencias) de una población, a partir de una pequeña parte de la misma (muestra).

En estudios de Accidentes de tránsito los métodos estadísticos son de amplio uso, por ejemplo para identificar sitios peligrosos de Acc.T., para estimar los Acc.T., para predecir, para localizar a los mismos. Modelos estadísticos basados en modelos lineales generalizados (GLM) como la regresión de Poisson y regresión Binomial Negativa son muy utilizados en las investigaciones para estimar Acc.T., estos fueron utilizados por la naturaleza del fenómeno a analizarse, es decir por las características que presenta la variable dependiente.

- ❖ **Variables.-** La naturaleza de las observaciones es de gran importancia a la hora de elegir el método estadístico más apropiado para abordar un análisis. En este contexto, las variables constituyen la unidad básica de toda investigación. Las variables son propiedades de la realidad que varían, es decir, su idea contraria son las propiedades constantes de cierto fenómeno. Las variables pueden adquirir diferentes valores o clasificarse en diferentes categorías según la naturaleza o tipo de estudio que se lleve a cabo. De acuerdo a esto existen los siguientes tipos de variables (Figura. 3.17.):

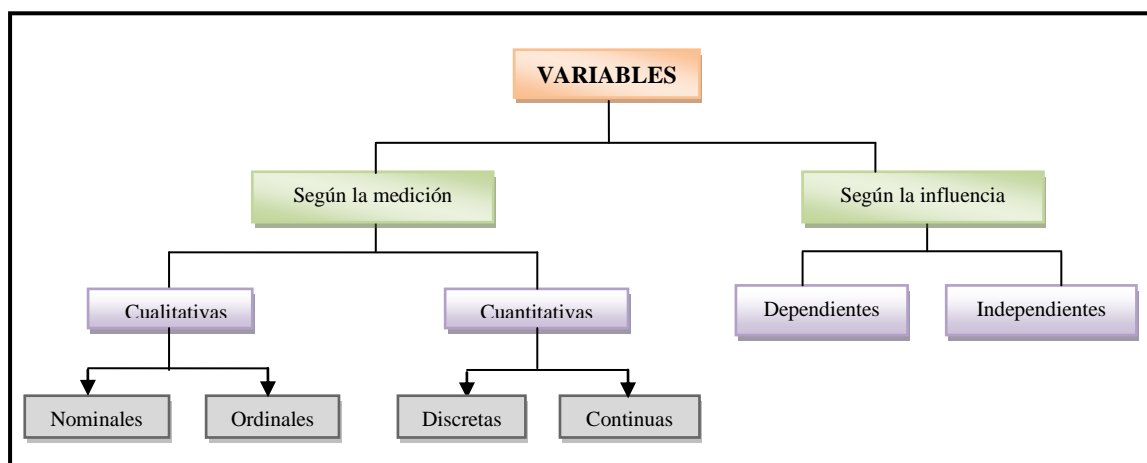


Figura. 3.17. Tipos de Variables.

Fuente: Elaboración propia

- **Variables Cualitativas.-** Son aquellas que se expresan en forma verbal como categorías o atributos. En el proceso de medición de estas variables, se pueden distinguir a las siguientes:

Variables nominales.- Esta es una forma de observar o medir en la que los datos se ajustan por categorías que no mantienen una relación de orden entre sí.

Variables ordinales.- Implican asignación de un orden. Los datos se obtienen luego de determinar cada una de las posibles jerarquizaciones.

- **Variables Cuantitativas.-** Son aquellas que pueden medirse, cuantificarse o expresarse numéricamente. Las variables cuantitativas pueden ser de dos tipos:

Variables cuantitativas discretas.- Cuando pueden tomar un valor u otro entre dos valores dados o intervalo. Ejemplo: (1, 2, 3, 4, 5)

☑ **Variables cuantitativas continuas.**- Cuando pueden tomar cualquier valor dentro de un rango numérico o intervalo determinado. Ejemplo: (1.5, 2.3, 3.7....).

Cuando se desea examinar las relaciones entre dos o más variables al investigar un asunto o problema, se clasifican las variables como:

- **Variables Dependientes.**- Son las variables de respuesta que se observan en el estudio y que podrían estar influenciadas por los valores de las variables independientes.
- **Variables Independientes.**- Son también llamadas variables explicativas, las cuales suponen ser la causa del fenómeno estudiado.

3.16. MODELOS ESTADÍSTICOS

Los modelos estadísticos se utilizan en general en el marco de una marcha deductiva, de acuerdo a la variabilidad de un fenómeno en particular, y se busca comprender los componentes de esta variabilidad.

En muchas ocasiones, se desea conocer algo acerca de la relación o dependencia entre dos características cuantitativas, o más de una, consideradas sobre la misma población objeto de estudio. Hay muchos casos en los que ya de antemano se "sospecha" que puede existir algún tipo de relación, y por consiguiente, se pretende saber por ejemplo, en el caso de que tengamos únicamente dos variables:

- ✓ Si ambas variables están realmente relacionadas entre sí, o si por el contrario, pueden considerarse independientes.
- ✓ Si existe dependencia, es necesario conocer el "grado de relación", así como el "tipo" de relación entre ambas.

- ✓ Si puede predecirse la variable que es considerada como dependiente a partir de los valores de la otra, que es considerada independiente, y si es así, con qué precisión.

El modelo estadístico más clásico utilizado en la mayoría de estudios, es el de regresión lineal múltiple, que se describe más adelante.

3.16.1. Análisis de Regresión

El análisis de regresión tiene por objetivo estimar el valor promedio de una variable, *variable dependiente* (“Y”), con base en los valores de una o más variables adicionales, *variables independientes o explicativas* (“X”).

3.16.2. Tipos de Regresión

- ❖ Si las dos variables X e Y se relacionan según un modelo de línea recta, se habla de **Regresión Lineal Simple**:

$$Y = a + bX$$

- ❖ Cuando las variables X e Y se relacionan según una línea curva, se habla de **Regresión no lineal o curvilínea**. Aquí se distinguen: la *Regresión parabólica*, *Exponencial*, *Logarítmica*, *Potencial*, etc.
- ❖ Cuando se tiene más de una variable independiente (X_1, X_2, \dots, X_n), y una sola variable dependiente Y, se habla de **Regresión lineal múltiple**, que se describe en el siguiente apartado. Donde las variables X_i , se las denomina, regresoras, explicativas, predictoras o independientes.

3.16.3. Análisis de Regresión Lineal Simple

La regresión lineal simple se expresa de la siguiente manera:

$$Y = a + bX.$$

Donde: **X** e **Y** se relacionan según un modelo de línea recta.

a: es la ordenada en el origen, es decir, es la altura a la que la recta corta al eje Y. Se denomina también término independiente.

b: también denominada pendiente es la inclinación de la recta, es decir, es el incremento que se produce en la variable Y cuando la variable X aumenta una unidad.

En la recta de regresión, **b** recibe el nombre de *Coefficiente de regresión o de estimación*, ver Figura. 3.18.

- ✓ Si $b > 0$, entonces cuando X aumenta Y también lo hace (relación directa).
- ✓ Si $b < 0$, entonces, cuando X aumenta Y disminuye (relación inversa).

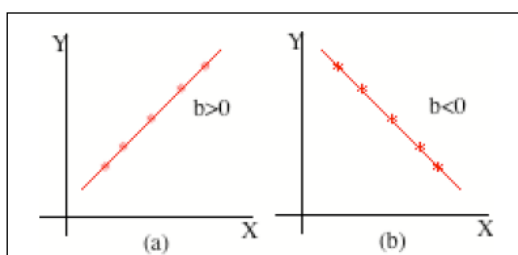


Figura. 3.18. Signos de la Pendiente en una Recta.

Fuente: Elaboración propia

3.16.4. Análisis de Regresión Lineal Múltiple

Con el análisis de Regresión Lineal Múltiple se pretende explicar una variable dependiente de tipo continuo Y (supuestamente con distribución normal) mediante n variables independientes $X_1 \dots X_n$.

La Regresión lineal Múltiple en si es una extensión de la regresión lineal simple y se expresa de la siguiente manera:

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + e$$

Donde:

Y: es la variable a ser explicada o en estudio.

X1, X2,... Xn: son las variables independientes.

b1, b2,..bn: son los coeficientes de regresión o coeficientes de estimación que indican sobre la contribución de cada variable independiente para la predicción o estimación de Y.

e: es el residuo de la regresión o el término de error, indica el error aleatorio, no modelizable, y que puede deberse a:

- error muestral
- efectos atribuibles a otras variables independientes no incluidas en el estudio. Por este motivo se debe tener cuidado a la hora de escoger las variables.

Para poder resolver y obtener a, b1, b2, bn, en una ecuación de regresión múltiple se lo realiza mediante el *método de mínimo de cuadrados*.

La aplicación de esta regresión permite, con la ayuda de la estadística inferencial, evaluar el grado de significación y los roles respectivos de X1, X2,... Xn, para explicar la variabilidad del fenómeno descrito por Y.

Esta regresión es muy útil en modelos ya que se pueden incluir más variables independientes (Xn).

- ❖ **Error estándar en la estimación de la regresión múltiple (Sxy).**- Es una medida de dispersión, que indica si las dispersiones son pequeñas, la recta será un buen representante de la nube de puntos, o lo que es lo mismo, la *bondad de ajuste del modelo será alta. Si la dispersión es grande, la bondad de ajuste será baja.*

Para medirla se utiliza la fórmula:

$$s_{xy} = \sqrt{\frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{n - m - 1}}$$

Donde:

Y : Valores observados en la muestra

\hat{Y} : Valores estimados a partir de la ecuación de regresión

n : Número de datos

m : Número de variables independientes.

❖ **Coefficiente de Determinación Múltiple (r^2).**- El coeficiente de determinación múltiple (r^2), mide la tasa porcentual de los cambios de Y que pueden ser explicados por X1, X2 y X3 simultáneamente. Su expresión es la siguiente:

$$r^2 = \frac{SC \text{ regresión}}{SC \text{ Total}}$$

Como puede observarse, a partir de la expresión anterior: $0 < r^2 < 1$. Por tanto: Si $r^2=1$, entonces no hay residuos, habrá una dependencia funcional. Cuanto más se acerque dicho valor a la unidad, mayor *poder explicativo* tendrá el modelo de regresión.

Si $r^2=0$, X no explica en absoluto ninguna de las variaciones de la variable Y, de modo que o bien el modelo es inadecuado, o bien las variables se relacionan de manera no lineal. Cuanto más cercano a 0 esté dicho valor, menor poder explicativo.

3.16.5. MARS (*Multivariate Adaptive Regression Splines*)

“MARS, cuyas siglas significan *Multivariate Adaptive Regression Splines*, plantea un análisis completo de las variables y su correspondiente importancia para la predicción del evento.

No se ajusta a una curva única, plantea la división por zonas y su correspondiente ajuste, lo que mejora los resultados.

MARS es un método no-paramétrico que ajusta una serie de regresiones lineales a distintos intervalos de valores de la variable. Los puntos en los que cambia la pendiente de las regresiones se conocen como "*knots*" (nodos), Figura 3.19., y las diferentes rectas de regresión, como "*basic functions*" (funciones básicas).

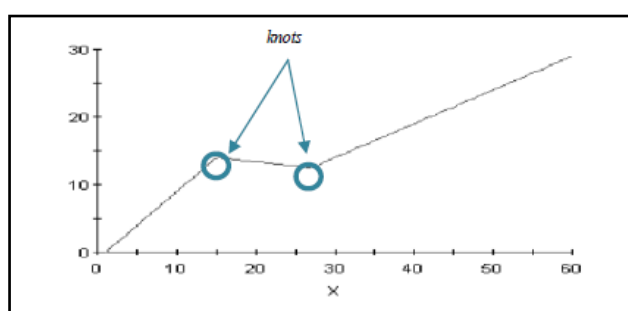


Figura. 3.19. Knot, puntos en los que cambia la pendiente de las regresiones.

Fuente: Elaboración propia

Las *funciones básicas* son un conjunto de funciones con las que MARS representa la información contenida en las variables originales. MARS utiliza la función "palo de hockey" ("*hockey stick function*"), que convierte la variable X , original en una nueva definida como: $\max(0, X-c)$ ó $\max(c-X)$, en la que c es el valor umbral (el "*knot*").”¹²

¹² Hermosa, L., Avilés, M. “Análisis y Modelamiento de susceptibilidad a deslizamientos mediante SIG y Geoestadística en las Parroquias de Papallacta y Cuyuja, Cantón Quijos”, Sangolquí, febrero 2009.

3.16.6. Regresión de Poisson

En estadística, la regresión de Poisson es un tipo de *modelo lineal generalizado* en el que la variable de respuesta tiene una distribución de Poisson y el logaritmo de su valor esperado (λ : lamda) puede ser modelado por una combinación lineal de parámetros desconocidos, es decir, el *logaritmo* es la *función de enlace canónica*.

La *regresión de Poisson* se usa para modelar datos de conteo (número de veces que ocurre cierto fenómeno aleatorio). El modelo de Poisson es apropiado cuando la variable dependiente es un conteo y los sucesos son independientes entre ellos.

En los Modelos de *Regresión de Poisson* la variable dependiente Y se supone discreta pero tomando los valores 0, 1, 2, 3, ..., etc., y con una distribución de tipo Poisson.

Al aplicar este tipo de modelos en algunos casos, se dan fenómenos tales como:

- ✓ **Sobredispersión:** Una peculiaridad de la distribución de Poisson es que *su media es igual a su varianza*. Sin embargo, en ciertos conjuntos de datos se observa una varianza superior a la esperada. El fenómeno se conoce como sobredispersión e indica que el modelo no es adecuado. Un motivo frecuente es la omisión de alguna variable relevante. En algunos casos se aconseja recurrir a la *distribución binomial negativa*.
- ✓ **Exceso de ceros:** Otro fenómeno que aparece en la práctica es el del exceso de ceros. Puede deberse a que existen dos fenómenos estadísticos que se entrecruzan: uno genera ceros; otro, los valores no nulos.

La distribución de probabilidad Poisson se expresa de la siguiente manera:

$$p(X) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^X}{X!} \quad X=0, 1, 2, \dots$$

Donde:

$p(X)$ = Probabilidad de que ocurra un evento (X) en un periodo de tiempo, área o espacio especificado.

(X) = es el número de eventos que ocurren, X es un número entero no negativo.

λ = es el número esperado de eventos.

$e = 2.71828\dots$

Para poder conectar o modelar λ , que es asociada a la variable de respuesta Y (llamada también variable dependiente), con las variables independientes X , se utiliza una *función de enlace*, comúnmente *logarítmica*, la cual sirve para que los valores esperados de λ no tengan valores negativos.

La función de enlace logarítmica es la siguiente:

$$\ln \lambda = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_nX_n$$

Despejando λ se tiene :

$$\lambda = e^{(b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_nX_n)}$$

que también se lo puede expresar así:

$$\lambda = \exp(b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_nX_n)$$

De igual manera que el modelo de regresión lineal, aquí los objetivos es determinar cuáles de las " X_n " *covariables* son significativas a la hora de explicar λ (que es asociada a la variable de respuesta Y). Una vez estimados los coeficientes " b_i " de las covariables, finalmente consideradas significativas, se realiza predicciones con el modelo ajustado.

La regresión de Poisson no utiliza Mínimos Cuadrados para estimar los parámetros como se lo realiza generalmente en el modelo de regresión lineal, sino utiliza el método de *Máxima Verosimilitud* (Maximum Likelihood): en donde se eligen los coeficientes que hacen los resultados más probables.

Para obtener la significancia de los coeficientes b_0, b_1, \dots, b_n lo se lo realiza mediante:

- ✓ Estadístico likelihood-ratio, que proporciona los tests más eficaces y potentes.
- ✓ Estadístico de Wald = $(\text{coeficiente/error estándar})^2$, el cual se aproxima a una distribución X^2 (*Chi cuadrado de Pearson*) con grados de libertad = 1 para las variables continuas y grados de libertad = $n - 1$ para los factores.

3.16.7. Regresión Binomial Negativa

La distribución binomial negativa es una distribución de probabilidad discreta del número de éxitos en una secuencia de ensayos de Bernoulli antes de que un determinado (no aleatorias) r número de fallos se produzca.

Cuando se aplica a situaciones del mundo real, el *éxito de* las palabras y el *fracaso* no tiene por qué estar asociado con los resultados que vemos como bueno o malo.

La distribución binomial negativa, se puede utilizar como una alternativa a la distribución de Poisson. Es especialmente útil para datos discretos en un rango acotado positivo. Dado que la distribución binomial negativa tiene un parámetro más que el de Poisson, el segundo parámetro se puede utilizar para ajustar la variación independientemente de la media.

CAPÍTULO IV

BASE DE DATOS ALFANÚMERICA Y AUTOMATIZACIÓN DEL PARTE POLICIAL

4.1. INTRODUCCIÓN

La Subjefatura del Cantón Rumiñahui (cuya abreviatura de ahora en adelante son las siglas S.J.C.R.) al igual que cualquier otra entidad policial, requieren utilizar aplicaciones informáticas para realizar tareas propias de la institución a fin de mecanizarlas.

Estas aplicaciones requieren principalmente, manejar los datos de la institución; siendo así, al no contar la S.J.C.R. con una B.D. alfanumérica de Acc.T. ni con una automatización del Parte Policial (cuya abreviatura de ahora en adelante son las siglas P.P.), se decidió llevar a cabo esta implementación (Figura. 4.1.), partiendo desde el diseño y estructuración de la B.D., hasta la impresión final del P.P por medio de una aplicación.

La automatización del P.P. fue desarrollada con paquetes de software no comerciales y con un servidor local (localhost) esto por motivos didácticos. La automatización consta de dos aplicaciones: la aplicación de la B.D. y la aplicación del reporte del P.P., las cuales permitirán al usuario final (Personal Policial) el ingreso de Acc.T. por medio de pantallas y la impresión del reporte del P.P. respectivamente. Adicionalmente, en la aplicación del reporte del P.P. se generó un menú, el cual permitirá realizar consultas o búsquedas de todos los Acc.T. registrados. La automatización del P.P. cumplirá con los requerimientos del usuario final expuestos en este proyecto.

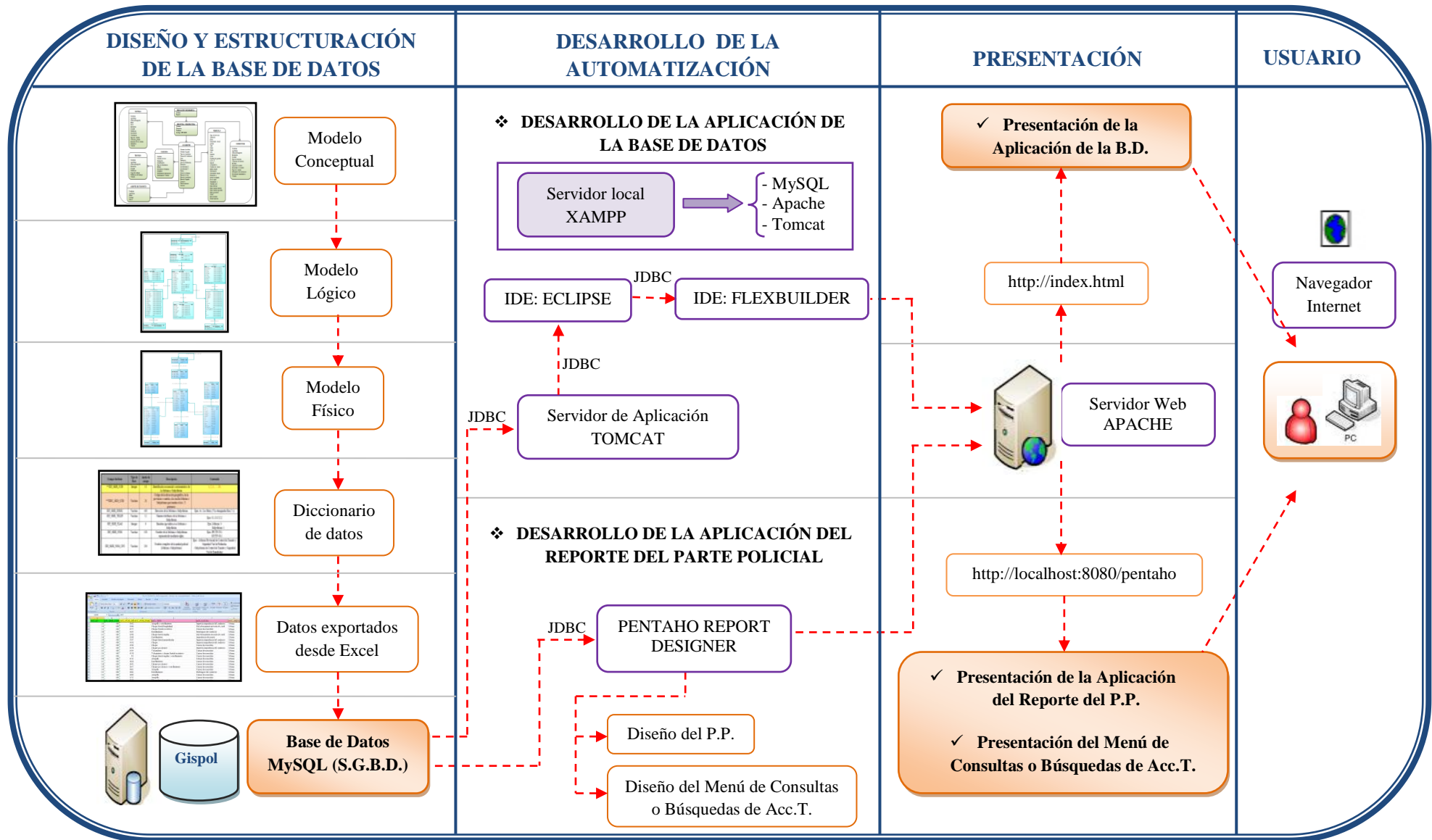



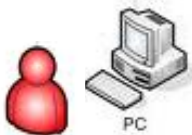
Figura. 4.1. Diagrama del proceso general de la Automatización del P.P. Fuente: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS


Para llevar a cabo la automatización del P.P. fue necesario definir los requerimientos de los usuarios, que es el personal encargado de manejar los Acc.T. en el Cantón Rumiñahui. Este análisis de requerimientos (Tabla. 4.1.) ayudó a realizar el modelado de la B.D. alfanumérica, que posteriormente se enlazó con la B.D. temática del SIG.

Tabla. 4.1. Análisis de requerimientos para la Automatización del P.P.

Fuente: Elaboración propia.

REQUERIMIENTOS	DETALLE	
<p>Necesidades del Usuario final</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilar los Acc.T. en formato Excel. • Implementar campos con información requerida al P.P. • Generar una B.D. distribuida¹³. • Generar una automatización del P.P. en oficina. • Actualizar la B.D. por medio de una aplicación de la B.D. • Realizar consultas de los Acc.T. • Generar el reporte final del P.P. • Integrar la B.D. alfanumérica de Acc.T. con la B.D. temática de Acc.T. del SIG. 	
<p>Necesidades de la Automatización en oficina</p> 	<p style="text-align: center;"><i>Hardware</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Intel Core 2 Duo • 160 GB en Disco Duro • Tarjeta Gráfica 512Mb • Tarjeta de Red • 1Gb de RAM 	<p style="text-align: center;"><i>Software</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Explorador de internet • Adobe flash player

¹³ Base de Datos Distribuida: Base de Datos formada por varios sistemas.

REQUERIMIENTOS	DETALLE	
<p>Necesidades para el desarrollo de la Automatización</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesador Intel Core i7. • 8GB de RAM • Disco duro 512GB • Tarjeta de Red • Tarjeta puntos de fibra óptica 	<ul style="list-style-type: none"> • Windows XP, Windows 7, Linux • Power Designer 12 • XAMPP (MySQL, Tomcat, Apache) • MySQL Manager 5.0 • JAVA • Eclipse (IDE) • Pentaho Report Designer • Adobe flex builder
<p>Funcionalidades de la Automatización</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro fácil de Acc.T. en la aplicación de la B.D. • Despliegue de información de vehículos (placas) y de personas (cédula) en pantallas, en la aplicación de la B.D. • Almacenamiento y actualización de la información en la B.D. • Impresión del P.P. por medio de la aplicación del reporte. • Menú que permite realizar consultas de todos los Acc.T. registrados, a través de la aplicación del reporte del P.P. • Integración de cierta información de la B.D. alfanumérica con el SIG. 	
<p>Formatos a utilizarse en la Automatización</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo Lógico (Power Designer12) ▪ Modelo Físico (Power Designer12) 	<ul style="list-style-type: none"> *.CDB *.PDB
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Script modelo físico 	<ul style="list-style-type: none"> *.sql

REQUERIMIENTOS	DETALLE	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Base de Datos MySQL 	*.sql
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación del Reporte del Parte Policial y Consultas de Acc.T. (Pentaho) 	*.html
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación de la Base de Datos 	*.html
Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero en Sistemas • Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente 	
Frecuencia de actualización de información	<ul style="list-style-type: none"> • Alfanumérica: diaria 	

4.3. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN TABULAR

Se recopiló todos los P.P. del año 2005 al 2009 en formato papel, registrados en la S.J.C.R., que como cualquier otra información presentaba inconvenientes, detallados a continuación:

- ✓ P.P. registrados en distintos formatos.
- ✓ Los registros de P.P. de ciertos meses de los años 2005 y 2006 estaban incompletos, por razón de que la S.J.C.R. se creó recién a partir del año 2007 y estos P.P. se encontraban en otra dependencia policial.
- ✓ Información incompleta (no existía información de la ubicación del accidente, de conductores, de vehículos, etc.,).
- ✓ Existían registros de P.P que no pertenecían al Cantón Rumiñahui.

4.3.1. Recopilación de la información en el proceso de levantamiento de un accidente de tránsito

Además de la información tabular recopilada, fue necesario conocer el proceso de recolección de información que realiza el agente policial (perteneciente a la S.J.C.R.) en el momento que se presenta un Acc.T. A continuación se detalla de manera general este proceso:

- ✓ Información de los moradores del lugar donde ocurrió el Acc.T. a la Central de Registros de la Radio del Cantón (101).
- ✓ La Central de Registros de la Radio (101) informa al personal de tránsito y el que está próximo al lugar de los hechos acude a dicho lugar, en caso de existir víctimas mortales acude un personal del SIAT.
- ✓ El agente policial levanta la información, tomando en cuenta el procedimiento que consta en el P.P. (*Anexo 4.1. Parte Policial Original*).
- ✓ El P.P. con la información levantada es llevado a la S.J.C.R., en caso que existan víctimas mortales, el agente del SIAT es quien elabora aparte un informe minucioso para una posterior investigación.
- ✓ Los P.P. con información de accidentes con contravenciones son enviados a un Juzgado mientras que el informe elaborado por el agente del SIAT es enviado a la Fiscalía.
- ✓ La autoridad responsable determinará el grado de culpabilidad de los participantes inmersos en el Acc.T. De igual manera las causas del Acc.T. son determinadas mediante un proceso investigativo luego de un cierto tiempo.

4.4. DISEÑO LÓGICO DE LA BASE DE DATOS

Para el diseño lógico de la B.D. se desarrolló el modelado de datos en tres niveles; este modelado permitió describir las características de una realidad específica, como son los Acc.T., mediante diagramas que posteriormente sirvieron para estructurar la B.D.

El diseño y la estructuración de la B.D. la realizaron los usuarios denominados: *Administradores* (ver Figura. 4.56.).

4.4.1. Modelo Conceptual

Para poder llevar a cabo el modelo conceptual, fue necesario analizar dos aspectos de la información del P.P:

- ✓ Campos con información existente
- ✓ Campos añadidos, con información requerida por el personal policial.

De esta manera se analizó conjuntamente con el personal policial, todos los datos que constan en el P.P. (ver Anexo 1. Parte Policial), concluyendo que los campos a ser añadidos en el P.P para un posterior estudio, son los que se ilustran en la siguiente Tabla. 4.2.

Tabla. 4.2. Campos añadidos en el P.P. Fuente: Elaboración propia.

INFORMACIÓN DE:	CAMPOS AÑADIDOS
ACCIDENTE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de oficio ▪ Número de parte policial ▪ Nombre de la Jefatura o Subjefatura ▪ Parroquia ▪ Sitio de Referencia ▪ Coordenadas X, Y.
CALZADA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de lote ▪ Categoría ▪ Clasificación ▪ Estado
CONDUCTOR	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicación
VEHÍCULO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Matricula ▪ Número de chasis ▪ S.O.A.T. ▪ Había Estado ▪ Estaba circulando desde ▪ Estaba sobre calzada

Nota: La descripción de cada uno de los campos añadidos se puede observar en el *Anexo 2. Diccionario de datos.*

A partir de lo mencionado anteriormente, se generó un diagrama que representó a todas los escenarios involucrados en el Acc.T.; para su mejor entendimiento, se desarrolló el *modelo entidad-relación (E/R)*, que es un tipo de modelo conceptual gráfico. Después de distintos análisis y modelos realizados, se decidió por el más ocionado (Figura. 4.2.).

Para obtener el modelo E/R se agruparon los datos en distintas entidades, convirtiéndose estos datos en sus atributos, y relacionando las entidades entre si. De esta manera se establecieron en una primera instancia un total de 9 entidades.

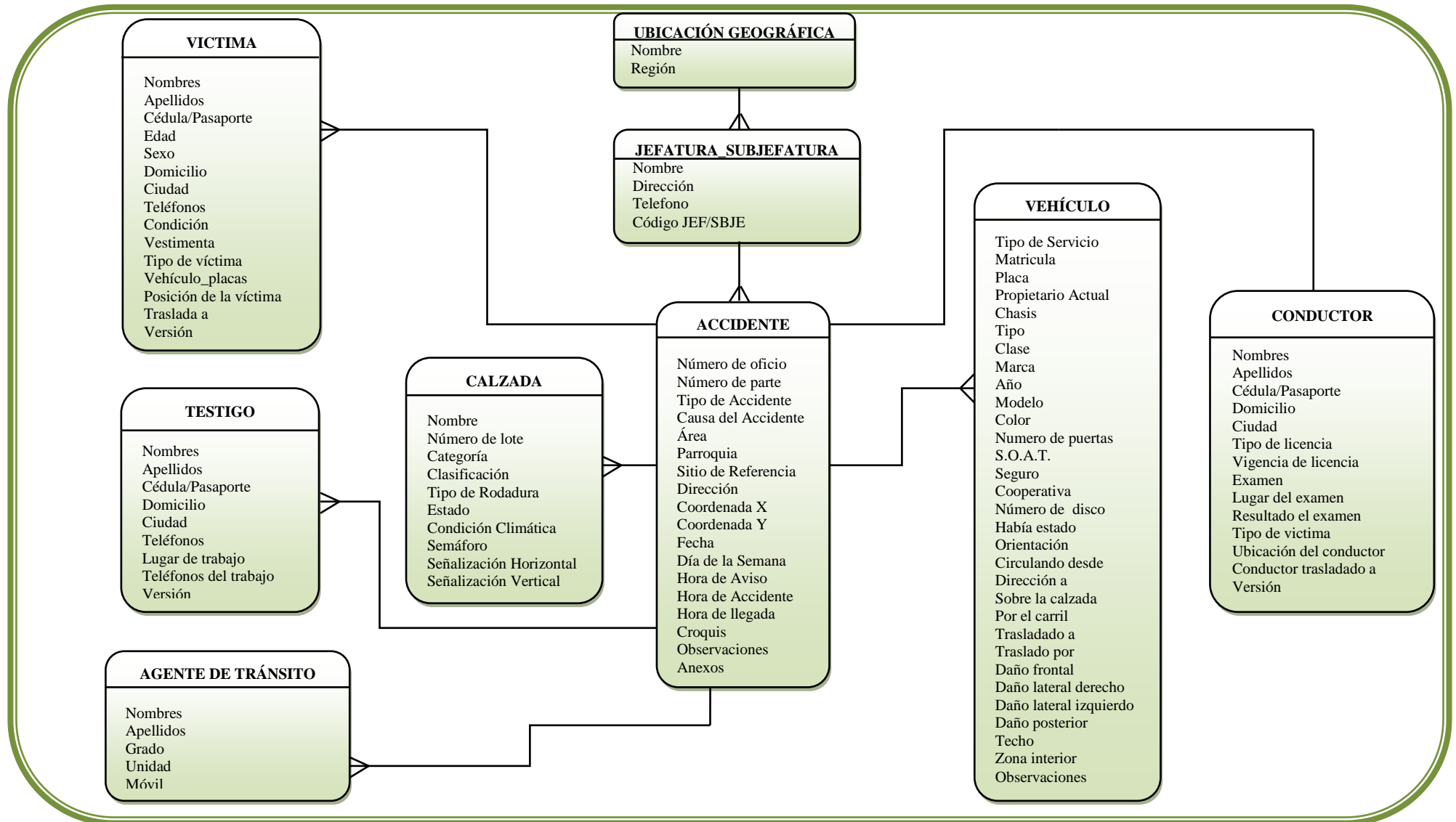


Figura. 4.2. Modelo Conceptual (modelo entidad-relación E/R). Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Modelo Lógico

Una vez realizado el modelo conceptual representado por el modelo E/R, se procedió a su normalización, es decir eliminar errores, obteniendo así el modelo lógico relacional. Este modelo, además de ser utilizado para B.D. relacionales, se ajustó a las necesidades del usuario y fue de tipo Distribuidal, es decir, la B.D. puede estar distribuida en múltiples sitios conectados por una red. Para la definición, construcción y manipulación de la B.D. relacional se utilizó como S.G.B.D. a MySQL 5.0.

❖ Pasos para la normalización del modelo conceptual:

- Eliminación de atributos redundantes en las entidades (Figura. 4.3.):

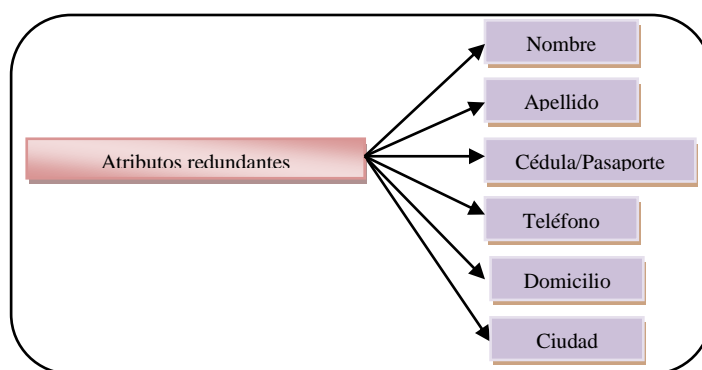


Figura. 4.3. Atributos redundantes de las entidades del Modelo Conceptual.

Fuente: Elaboración propia.

- Clasificación de atributos que no correspondían en las entidades, convirtiéndolas estas en tablas (10), las cuales se las clasificó de la siguiente manera (Figura. 4.4.):

TABLAS DE VALIDACIÓN	TABLAS DE MANTENIMIENTO	TABLAS PRINCIPALES
<p>UBIC_GEO</p> <p>JEF_SBJE</p> <p>TIPO_PERSONA</p> <p>TIPO_SERVICIO</p>	<p>PERSONA</p> <p>VEHICULO</p>	<p>ACCIDENTE</p> <p>CALZADA_ACCIDENTE</p> <p>DATOS_PERSONA</p> <p>DATOS_VEHICULO</p>

Figura. 4.4. Tipos de Tablas del Modelo Lógico Relacional. Fuente: Elaboración propia.

Estas tablas fueron clasificadas de esta manera, debido a las características que presentaban los datos, es decir cada tabla cuenta con sus propios atributos o campos. Para un mejor entendimiento del contenido de las tablas *ver Anexo 2. Diccionario de datos.*

- Asignación de los nombres de los atributos de acuerdo a la tabla a la cual pertenecen, como por ejemplo, se ilustra en la Figura. 4.5.

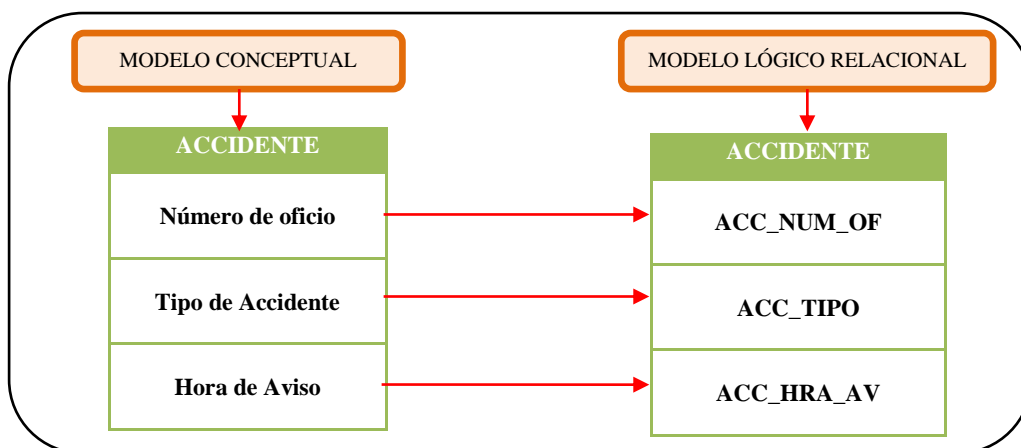


Figura. 4.5. Ejemplo de asignación de nombres a los atributos.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar la normalización, se procedió a la identificación de claves primarias (**pk**: Primary Keys) de cada tabla y a definir las relaciones de cardinalidad entre ellas como se indica en la siguiente Figura. 4.6.

Nota: Las tablas principales: *DATOS_PERSONA* y *DATOS_VEHICULO* no contenían claves primarias, por motivo que necesitaban únicamente adoptar claves foráneas de otras tablas, esto principalmente se observa en el modelo físico.

Una vez establecidas las claves primarias y relaciones de cada tabla finalmente se colocó el tipo de dato de cada atributo, logrando así obtener el modelo lógico relacional.

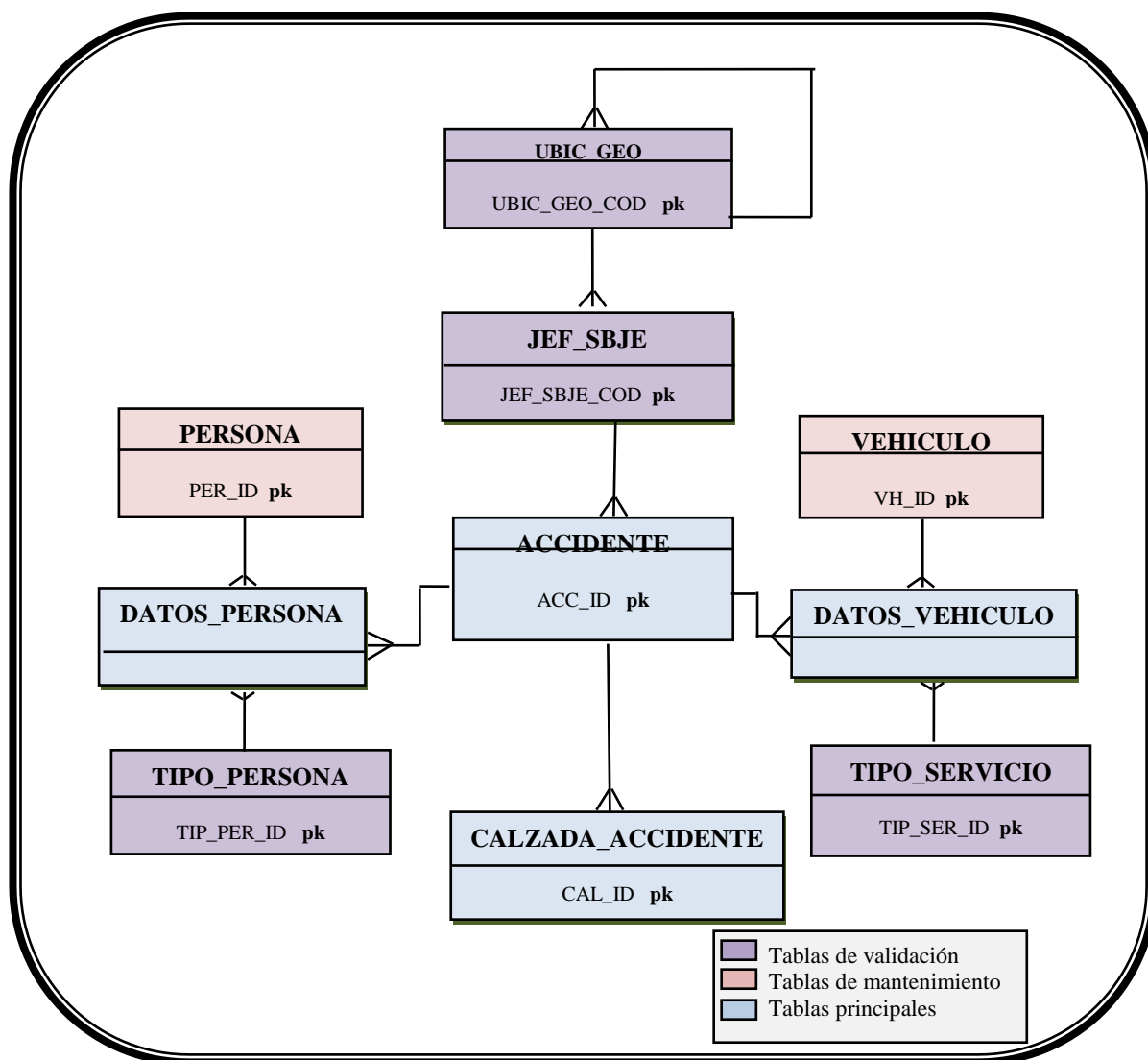


Figura. 4.6. Claves primarias y cardinalidad de las tablas.

Fuente: Elaboración propia.

El modelo lógico relacional se lo realizó utilizando el software Power Designer12. (Figura. 4.7.).

4.4.3. Modelo Físico

La transformación del modelo lógico al físico, generó el cambio de los tipos de dato según los que utiliza MySQL y la herencia de claves secundarias o foráneas entre tablas. El modelo físico se lo puede observar en la Figura. 4.8. que posteriormente se ejecutó en el S.G.B.D. (MySQL).

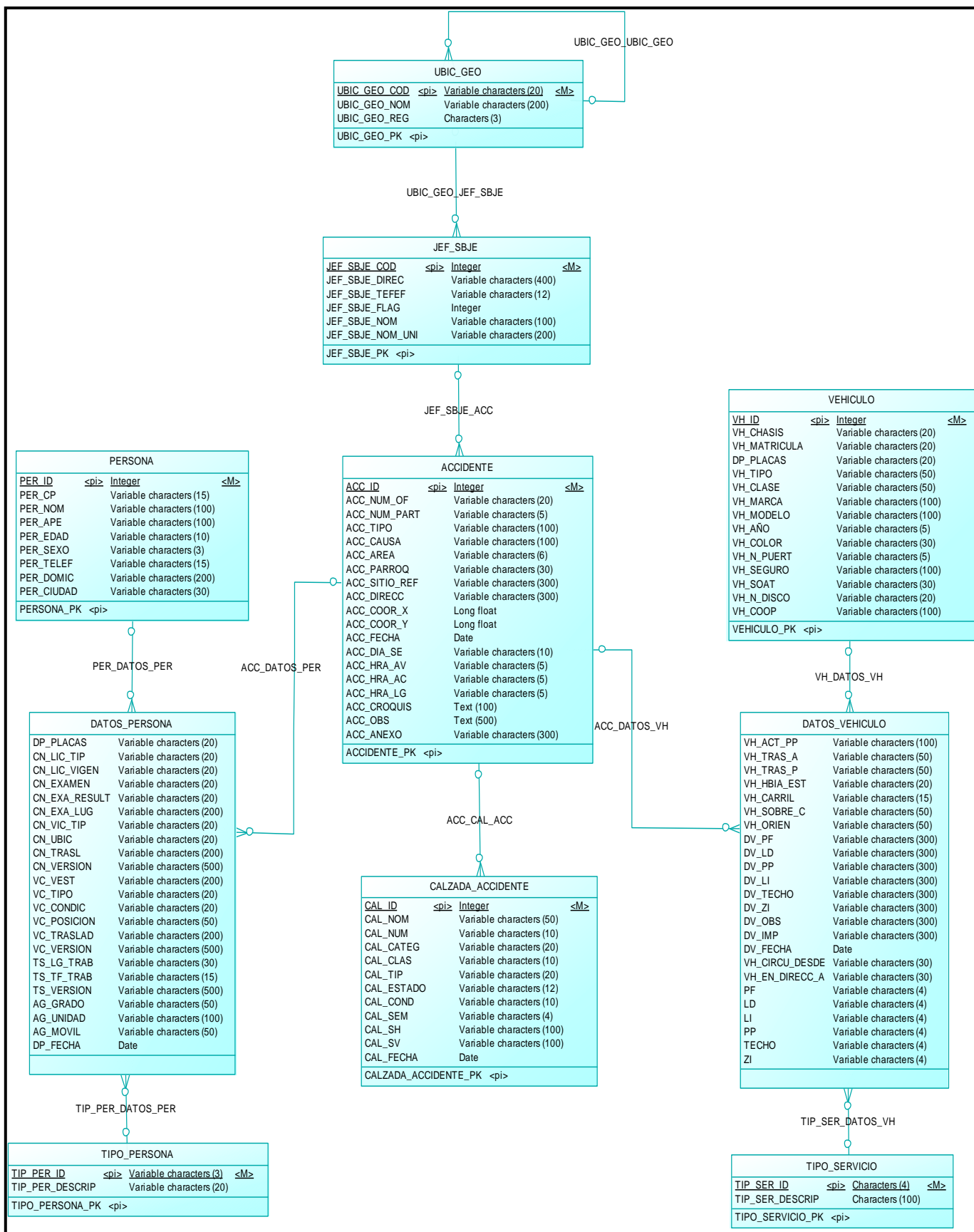


Figura. 4.7. Modelo Lógico (modelo relacional). Fuente: Elaboración propia.

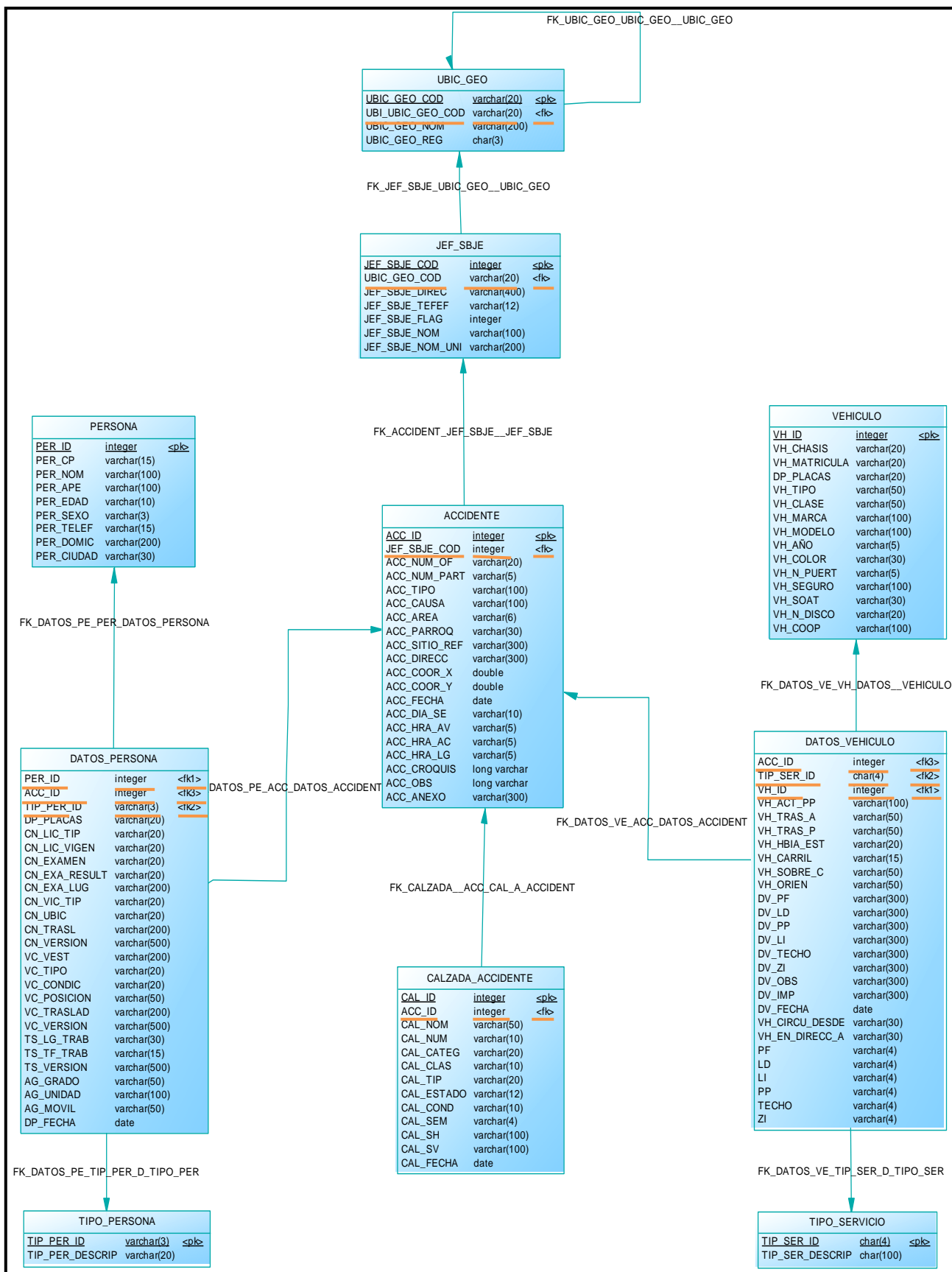


Figura. 4.8. Modelo Físico. Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Diccionario de Datos

Es un conjunto de datos que contiene las características de la información de la B.D. Este diccionario posee el listado de los atributos de cada tabla con su correspondiente nombre, tipo de dato, ancho de campo, descripción y contenido (ver Anexo 2. Diccionario de Datos).

4.5. ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS

La estructuración de la B.D. es la implementación de la misma en el S.G.B.D. *MySQL*, para ello se utilizó el *Servidor XAMPP* como paquete de compilación del motor de B.D. *MySQL*, es decir, para poder realizar las aplicaciones a partir de la B.D., se necesitó de este servidor, ya que este contiene otros servidores como: *Tomcat* y *Apache*, que fueron útiles para la ejecución de las mismas.

Para la estructuración de la B.D. en el S.G.B.D. y las aplicaciones generadas, se utilizó un *servidor local*, es decir: *localhost*, de esta manera el ordenador va a cumplir simultáneamente las funciones de usuario y servidor.

La estructuración de la B.D. al igual que el diseño de la misma, la realizaron los usuarios denominados: *Administradores* (ver Figura. 4.56.).

4.5.1. Generación del Script del modelo físico

A partir del modelo físico se generó el Script, que es el código del modelo de la B.D., en *Power Designer*¹² (ver Parte 3.1. Anexo 3. Diseño y Estructuración de la Base de Datos), para su posterior implementación en *MySQL*.

4.5.2. Creación y Configuración de la Base de Datos

Previo a la ejecución de la B.D. en el S.G.B.D. *MySQL*, se creó y configuró la B.D. en el Administrador¹⁴ de base de datos *MySQL*. (Figura. 4.9).

¹⁴ Administrador: se refiere a *PhpMyAdmin*, función perteneciente a *MySQL* que sirve para administrar la B.D. como crear y configurar.

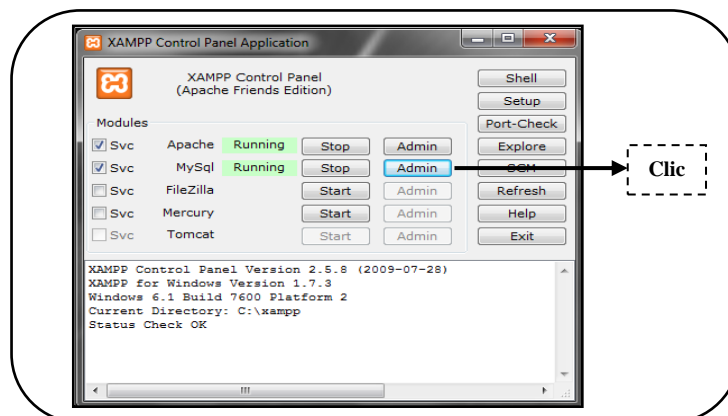


Figura. 4.9. Administrador de MySQL (PhpMyAdmin) ubicado en Xampp.

Fuente: Elaboración propia.

Ya una vez ingresado en PhpMyAdmin se siguió el siguiente proceso:

- ❖ Se creó la B.D. para esto fue necesario ingresar el nombre de la B.D. (Figura. 4.10.).

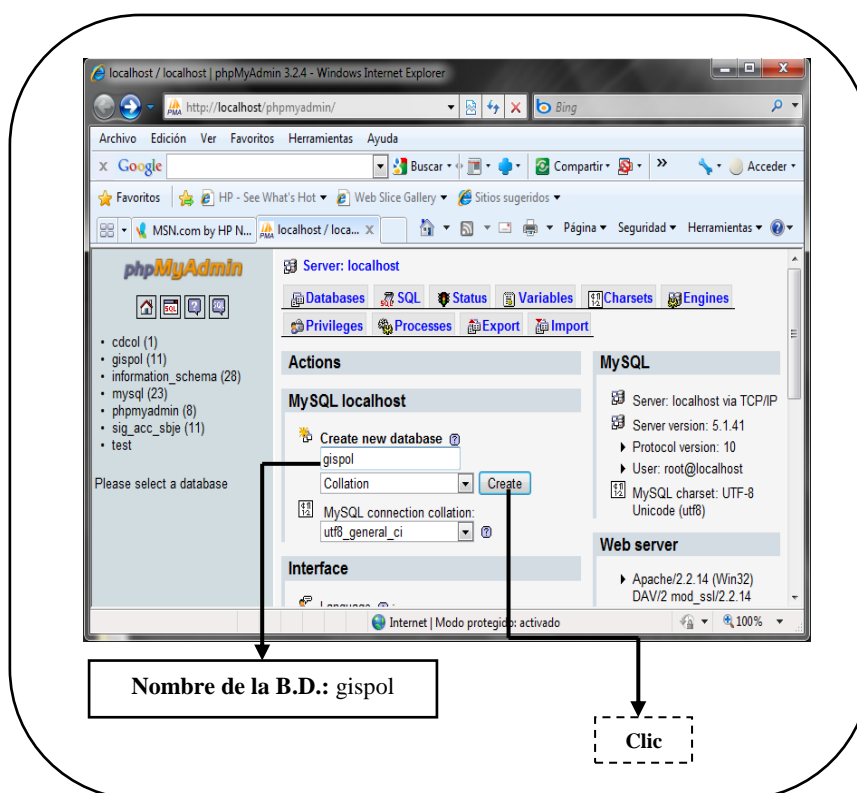


Figura. 4.10. Creación de la B.D. (PhpMyAdmin). Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Una vez creada la B.D. se ejecutó el Script del modelo físico (Figura. 4.11.).

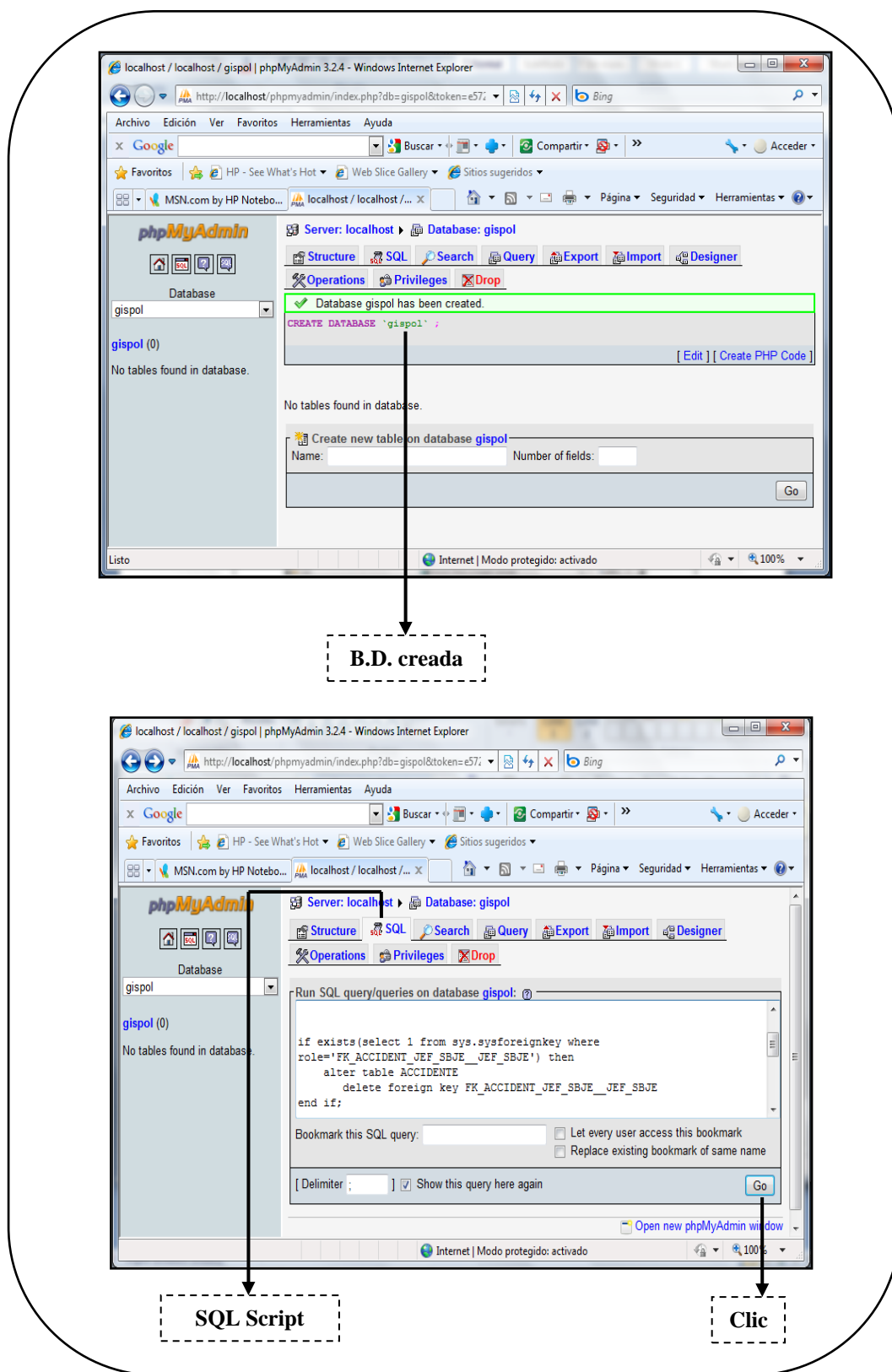


Figura. 4.11. Ejecución del Script del modelo físico (PhpMyAdmin). Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Se obtuvieron las tablas diseñadas previamente en el modelo físico; cabe mencionar que el tipo de dato de los atributos se mantiene (Figura. 4.12.).

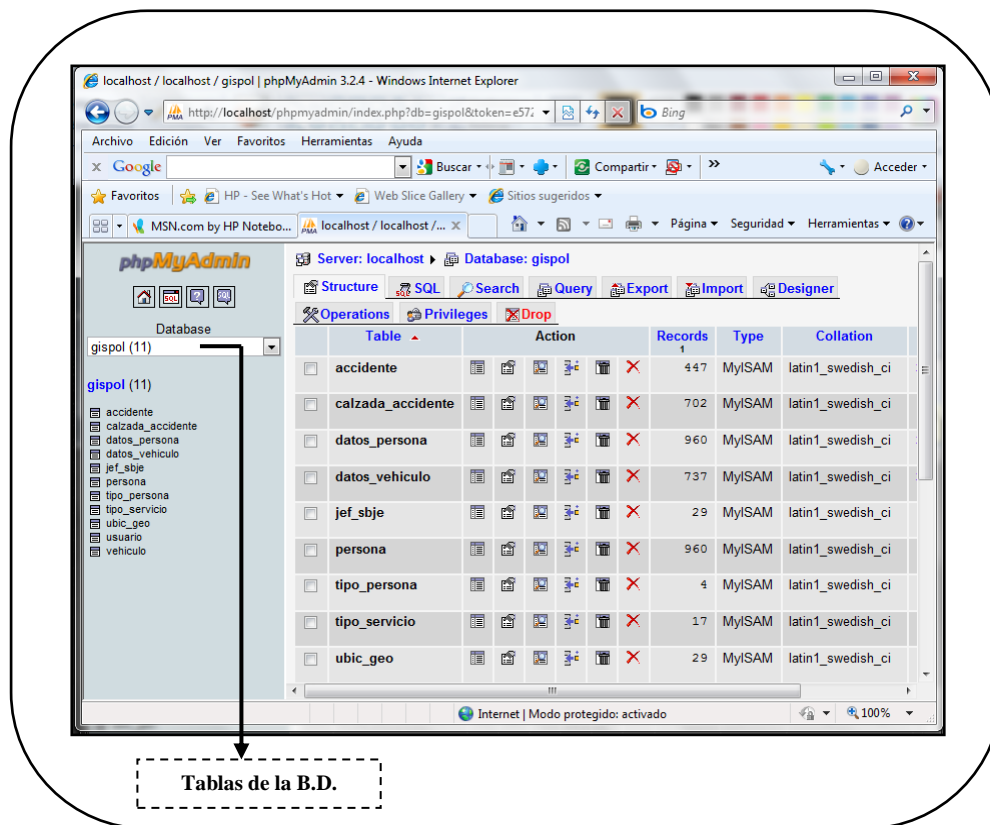


Figura. 4.12. Tablas ejecutadas en la B.D. (PhpMyAdmin).

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Ya ejecutadas las tablas, se configuró la B.D., es decir, se creó el nombre del usuario, la contraseña y el host a utilizarse, para registrar y conectar la B.D. en todos los procesos que éste requiera (Figura. 4.13.). Además se escogieron todos los privilegios para administrar la B.D. (Figura. 4.14.).

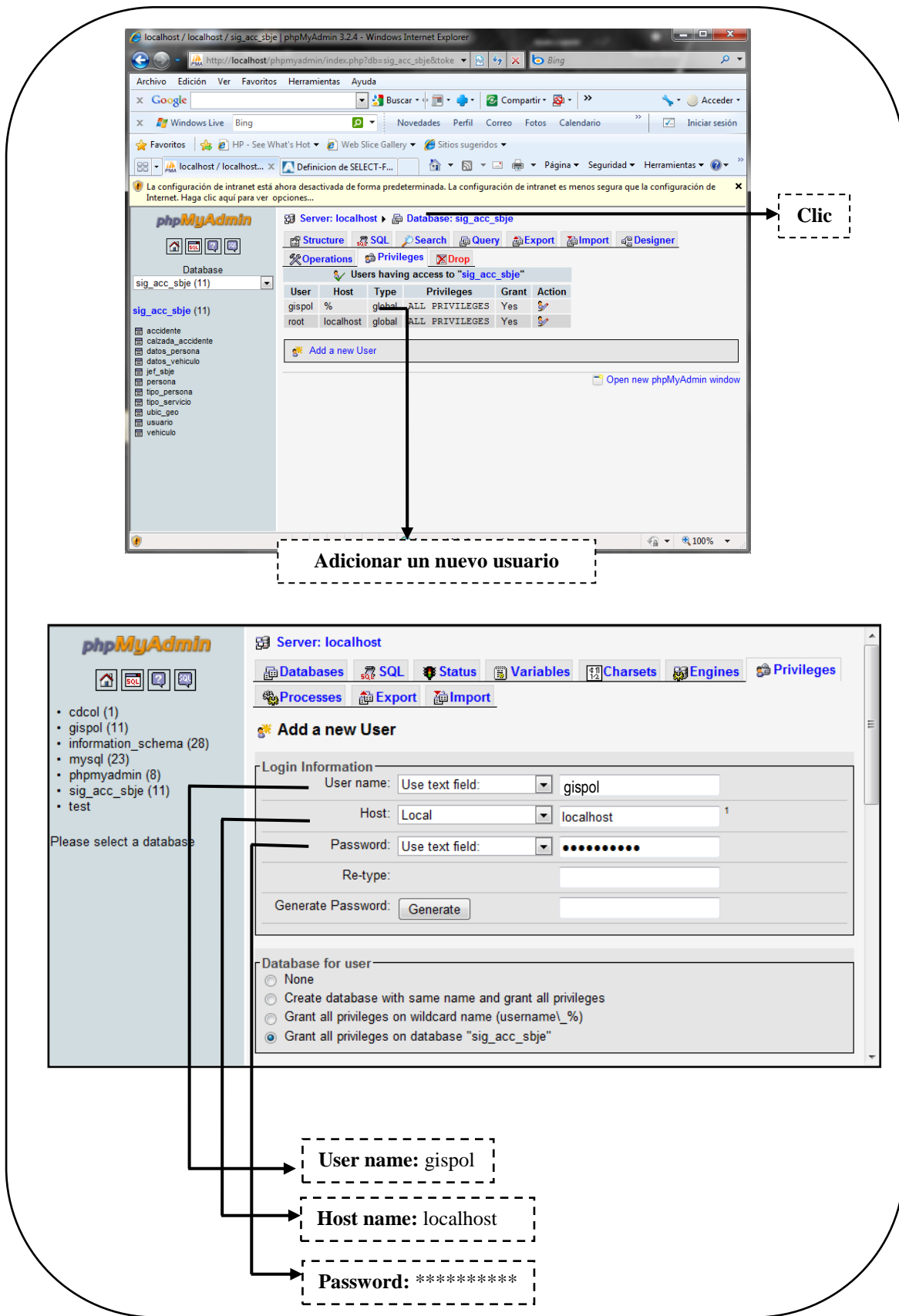


Figura. 4.13. Configuración de la B.D. (PhpMyAdmin). Fuente: Elaboración propia.

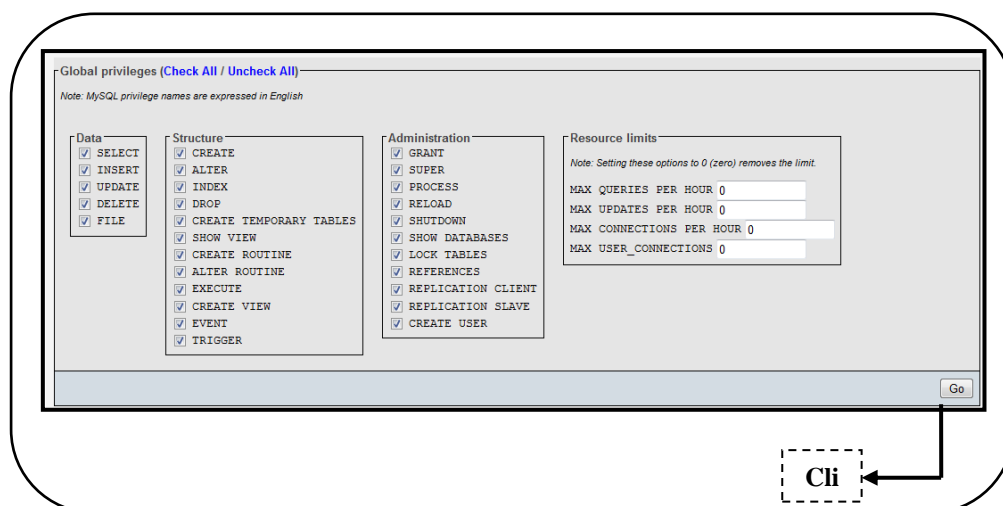


Figura. 4.14. Privilegios de la B.D. (PhpMyAdmin). Fuente: Elaboración propia.

Nota:- Se escogieron todos los Privilegios por motivo que son todos los procesos que se van a realizar con la B.D.

4.5.3. Registro de la Base de Datos

Una vez creada y configurada la B.D. en el administrador PhpMyAdmin, se registró la misma, en MySQL Manager siguiendo los siguientes pasos:

- ❖ En Register Database se colocó el host name, nombre de usuario y contraseña de la B.D. (Figura. 4.15.).

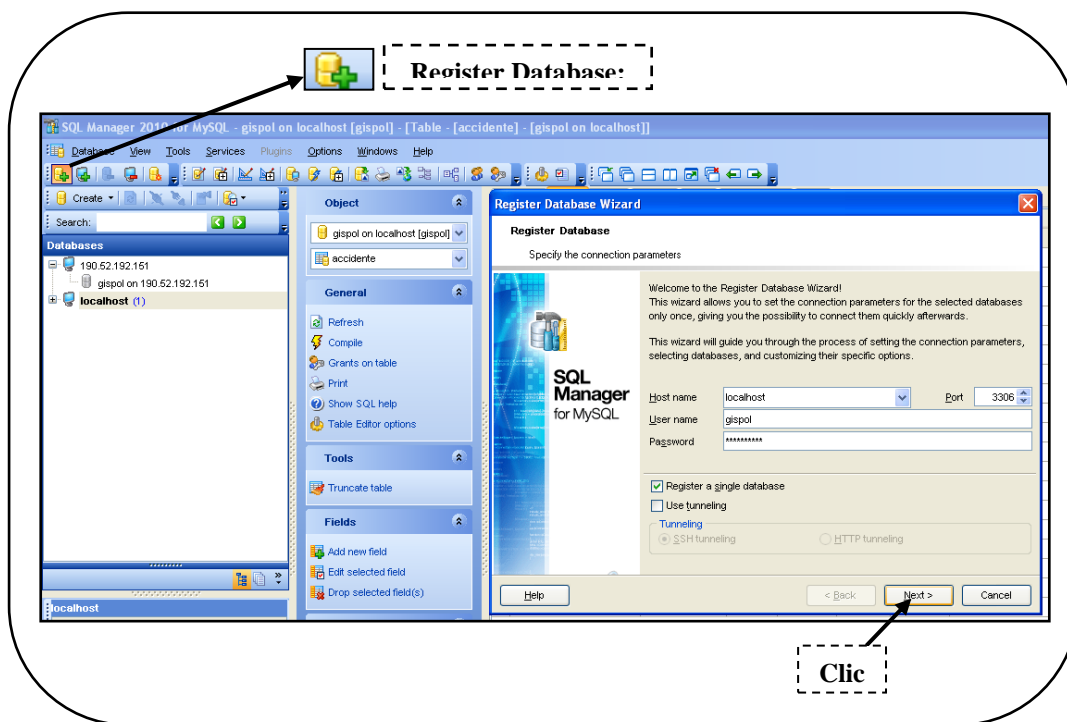


Figura. 4.15. Registro de la B.D. Paso 1 (MySQL Manager). Fuente: Elaboración propia.

❖ Se escogió la B.D. y se determinó el alias de la B.D. (Figura. 4.16.).

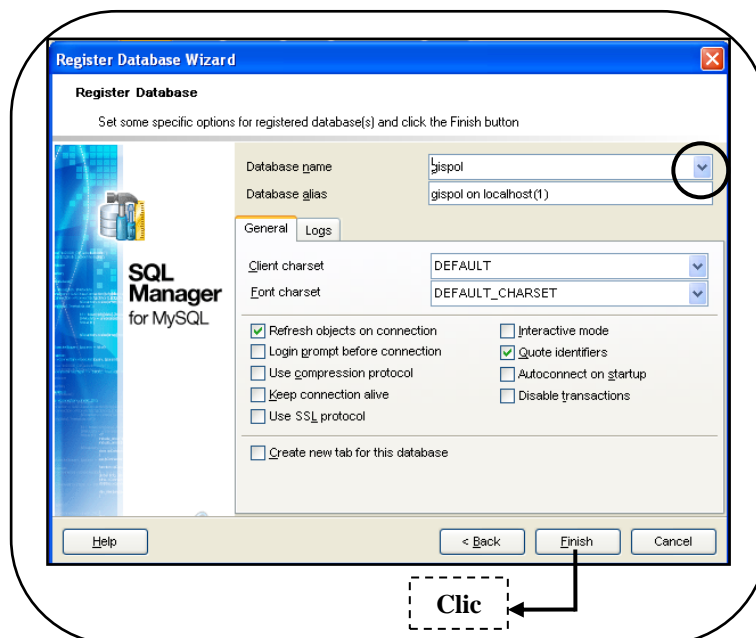


Figura. 4.16. Registro de la B.D. Paso 2 (MySQL Manager)

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Una vez ya registrada la B.D. aparecen las respectivas tablas como se ilustra en la Figura. 4.17.

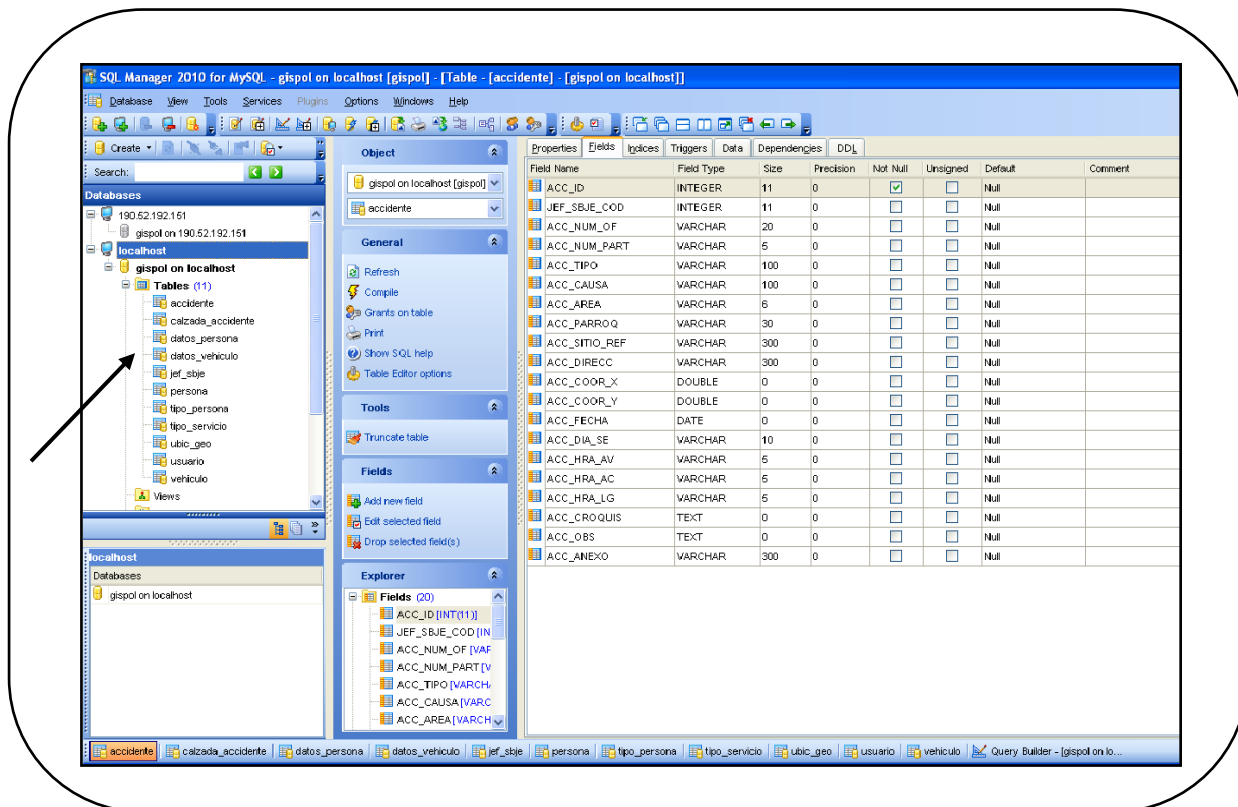


Figura. 4.17. Tablas registradas en la B.D MySQL. Fuente: Elaboración propia.

4.5.4. Importación de los Datos a la Base de Datos

Para llenar las tablas de la B.D se importaron los datos desde Microsoft Excel (*.xls), esto por motivo de que en una primera instancia, la información tabular recopilada en formato papel la ingresamos en este formato.

Se registraron un total de **447 Acc.T.** en la S.J.C.R. proveniente de los P.P. de los años 2005 al 2009. En las siguientes tablas se indican el total de Acc.T. recopilados por años en Excel:

- ❖ **Partes Policiales del año 2005.-** Se registraron en la S.J.C.R. un total de 29 Acc.T. (Tabla. 4.3.).

Tabla. 4.3. Acc.T. año 2005. Fuente: Elaboración propia.

ACCIDENTES_2005	ACC_REGISTRADOS
ENE	0
FEB	2
MAR	1
ABR	3
MAY	5
JUN	4
JUL	0
AGO	7
SEP	3
OCT	1
NOV	2
DIC	1
TOTAL	29

Nota: El mes de enero registró 0 Acc.T. debido a que en la S.J.C.R. no se encontraron los P.P. respectivos.

- ❖ **Partes Policiales del año 2006.-** Se registraron en la S.J.C.R. un total de 16 Acc.T. (Tabla. 4.4.). Los meses de enero a junio registraron 0 Acc.T. debido a que en la S.J.C.R. no se encontraron los P.P. respectivos.

Tabla. 4.4. Acc.T. año 2006. Fuente: Elaboración propia.

ACCIDENTES_2006	ACC_REGISTRADOS
ENE	0
FEB	0
MAR	0
ABR	0
MAY	0
JUN	0
JUL	2
AGO	6
SEP	4
OCT	2
NOV	2
DIC	0
TOTAL	16

- ❖ **Partes Policiales del año 2007.-** Se registraron en la S.J.C.R. un total de 102 Acc.T. (Tabla. 4.5.).

Tabla. 4.5. Acc.T. año 2007. Fuente: Elaboración propia.

ACCIDENTES_2007	ACC_REGISTRADOS
ENE	0
FEB	1
MAR	2
ABR	3
MAY	14
JUN	7
JUL	15
AGO	18
SEP	11
OCT	4
NOV	16
DIC	11
TOTAL	102

Nota: El mes de enero registró 0 Acc.T. debido a que en la S.J.C.R. no se encontraron los P.P. respectivos.

- ❖ **Partes Policiales del año 2008.-** Se registraron en la S.J.C.R. un total de 145 Acc.T. (Tabla. 4.6.).

Tabla. 4.6. Acc.T. año 2008. Fuente: Elaboración propia.

ACCIDENTES_2008	ACC_REGISTRADOS
ENE	12
FEB	11
MAR	6
ABR	17
MAY	14
JUN	14
JUL	11
AGO	11
SEP	6
OCT	12
NOV	17
DIC	14
TOTAL	145

❖ **Partes Policiales del año 2009.-** Se registraron en la S.J.C.R. un total de 155 Acc.T. (Tabla. 4.7.).

Tabla. 4.7. Acc.T. año 2009. Fuente: Elaboración propia.

ACCIDENTES_2009	ACC_REGISTRADOS
ENE	11
FEB	15
MAR	5
ABR	9
MAY	12
JUN	14
JUL	12
AGO	17
SEP	15
OCT	11
NOV	14
DIC	20
TOTAL	155

La información de los Acc.T. descritos anteriormente fueron importados a la B.D. MySQL de tabla en tabla y de campo en campo, como por ejemplo se ilustra en la Figura. 4.18.

Nota.- Es importante mencionar que en la B.D. se adicionó una tabla llamada: *Usuario*, en la cual se estableció el nombre de usuario y la contraseña, que permitieron posteriormente el uso de la aplicación de la B.D.

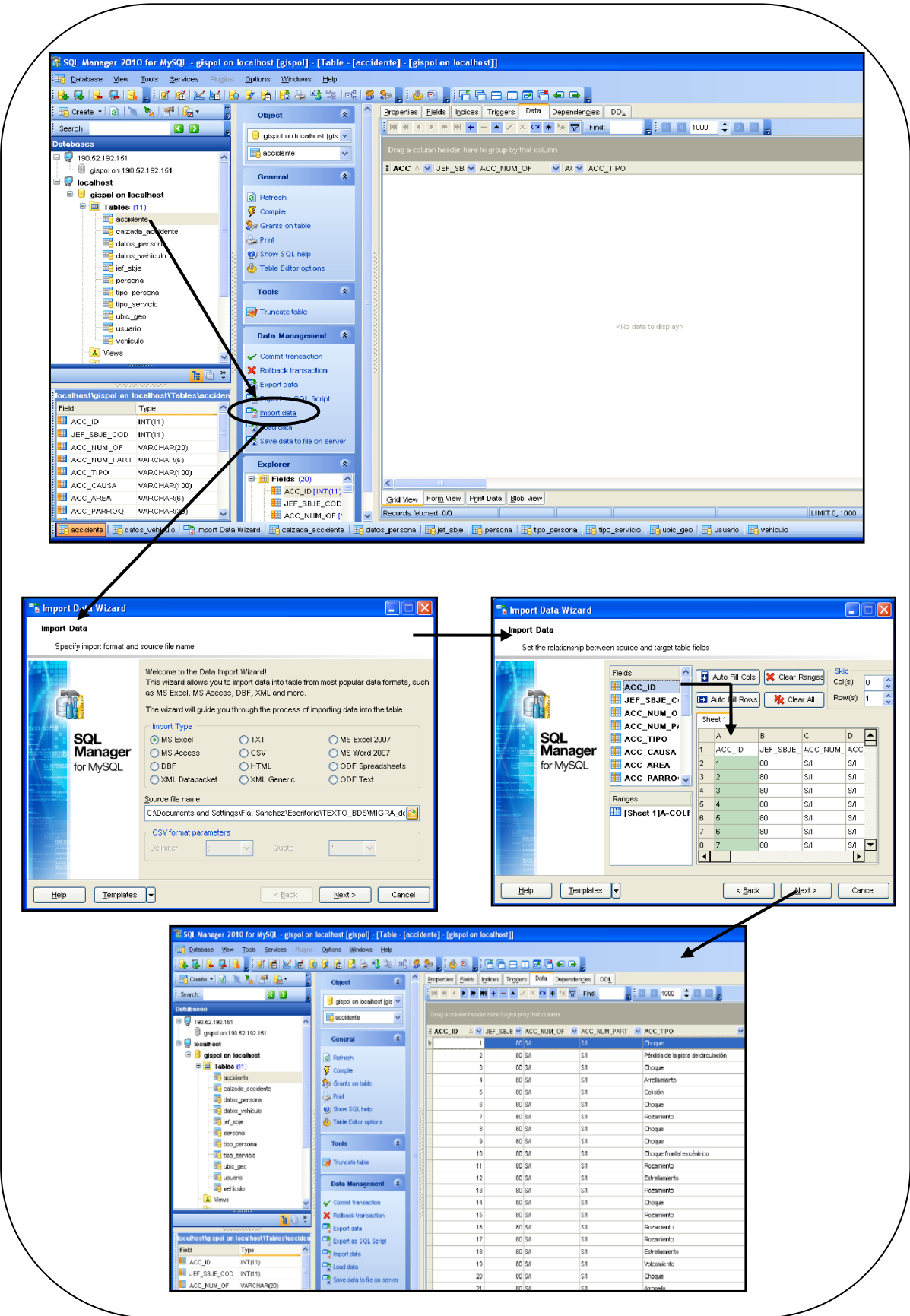


Figura. 4.18. Importación de datos a la B.D. MySQL. Fuente: Elaboración propia.

4.5.5. Depuración de los datos en la B.D.

Para que los datos sean confiables y evitar que la B.D. arroje errores, se homogenizó toda la información por medio de la depuración de los datos.

Los datos ingresados como cualquier otra información presentaron errores, que fueron corregidos con las siguientes acciones (Tabla. 4.8.):

Tabla. 4.8. Depuración de datos en la B.D. MySQL. Fuente: Elaboración propia.

	TABLA	ACCIÓN
TABLAS PRINCIPALES	ACCIDENTE	<input checked="" type="checkbox"/> Completar registros nulos con información respectiva a cada campo. <input checked="" type="checkbox"/> Verificar y corregir ubicación geográfica de los campos: ACC_AREA, ACC_PARROQ, ACC_SITIO_REF, ACC_DIRECC. <input checked="" type="checkbox"/> Corregir nombres de calzadas en el campo ACC_DIRECC con la base cartográfica utilizada. <input checked="" type="checkbox"/> Comprobar días de los Acc. T en el campo ACC_DIA_SE con sus respectivas fechas. <input checked="" type="checkbox"/> Resumir información del campo ACC_OBS.
	CALZADA_ACCIDENTE	<input checked="" type="checkbox"/> Determinar la categoría y clasificación de la calzada en los campos CAL_CATEG Y CAL_CLAS respectivamente. <input checked="" type="checkbox"/> Corregir el tipo de rodadura de la calzada del año 2009 en el campo CAL_TIP. <input checked="" type="checkbox"/> Corregir información de señalización horizontal y vertical en los campos: CAL_SH y CAL_SV.
	DATOS_PERSONA	<input checked="" type="checkbox"/> Resumir información de las versiones de los conductores, víctimas y testigos.
	DATOS_VEHICULO	<input checked="" type="checkbox"/> Corregir información de los campos: VH_CARRIL, VH_HBIA_EST, VH_SOBRE_C, VH_ORIEN.
TABLAS DE MANTENIMIENTO	VEHICULO	<input checked="" type="checkbox"/> Corregir información de los campos: VH_TIPO, VH_CLASE.

4.6. FUNCIONALIDAD DE LA BASE DE DATOS MEDIANTE CONSULTAS SQL

Para que la B.D. MySQL tenga aplicabilidad, es necesario que en ella se puedan ejecutar consultas SQL con la siguiente estructura básica:

SELECT (lista de atributos); **FROM** (lista de tablas); **WHERE** (condición)

Por mencionar una de las funcionalidades de la B.D. en el siguiente numeral, un ejemplo de consulta o query generado.

4.6.1. Consultas en la B.D. MySQL

Para ejecutar las consultas o queries en MySQL fue necesario tener en claro las tablas de las cuales se van a escoger los atributos y las condiciones que van a cumplir. Para la ejecución de las consultas se utilizó el Query Builder de MySQL mediante los siguientes pasos:

- ❖ El primer paso para construir una consulta fue escoger la(s) tabla(s) al consultar, dando un click y arrastrando la misma al área de resultado. Por ejemplo, se arrastró la tabla *accidente* al área de consultas, la estructura **SELECT * FROM accidente** fue agregado al área de resultados (*Edit*) (Figura. 4.19.).

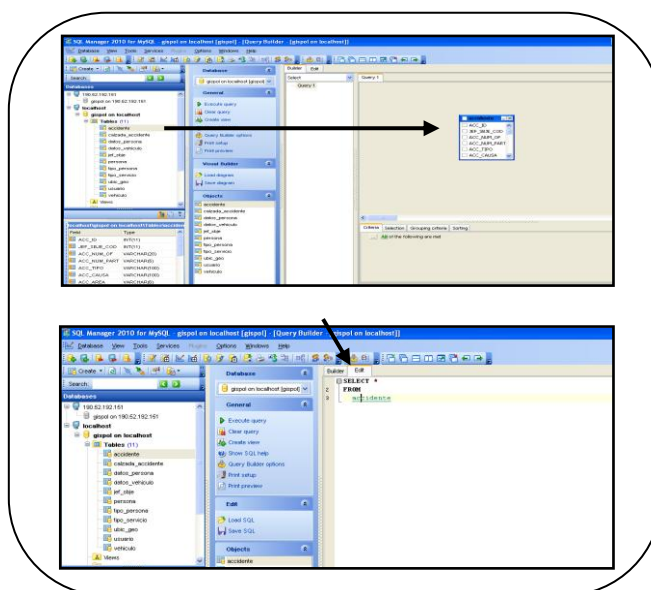


Figura. 4.19. Agregación de tablas al Query Builder para generación de consultas (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Cuando se selecciona una tabla de la B.D. y se arrastra al área de consultas, aparecen algunas acciones de consultas que se pueden realizar en la B.D. (Figura. 4.20.). Las siguientes acciones son posibles: Select, Insert, Update, Delete.

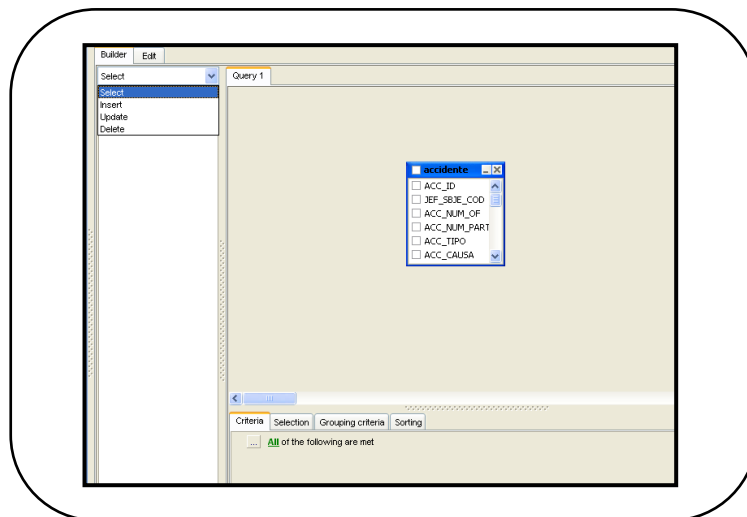


Figura. 4.20. Acciones de consultas en el Query Builder (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Ya seleccionada la tabla, se escogió los campos o atributos específicos a consultar y se dio clic en el botón Select (Figura. 4.21.).

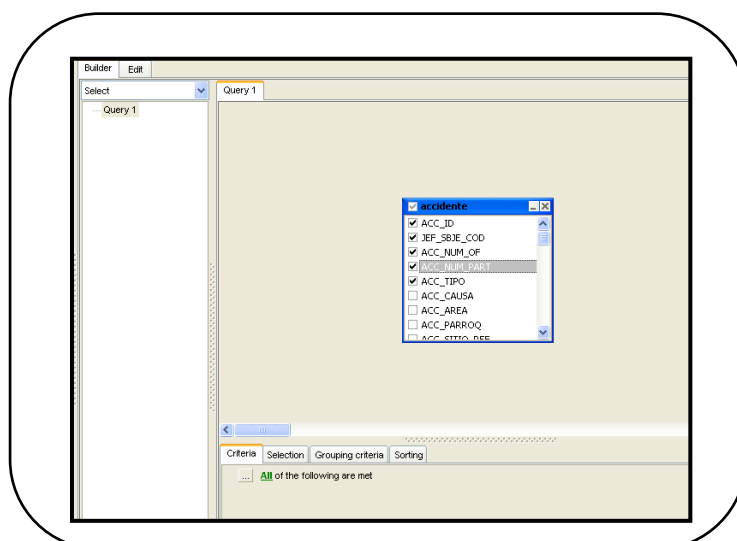


Figura. 4.21. Acciones de consultas SELECT en el Query Builder (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ La estructura SQL con la acción *SELECT* se observa en la siguiente pestaña *Edit* (Figura. 4.22.).

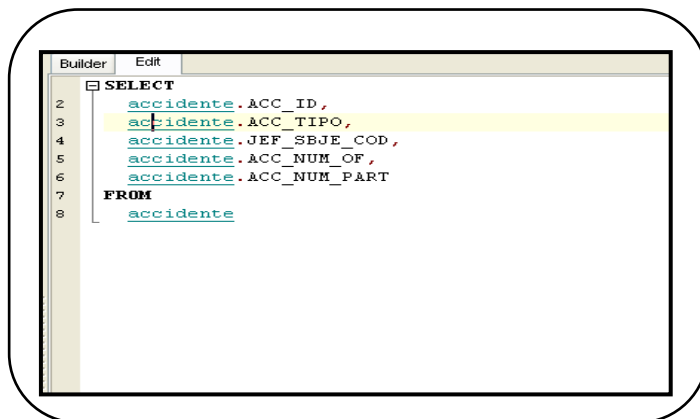


Figura. 4.22. Estructura SQL para la generación de consultas en el Query Builder (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Una vez elegidos los campos o atributos a consultar, se insertó la condición de la consulta (Figura. 4.23.); en este ejemplo, se consultó el *Tipo de accidente* con la **condición** de escoger únicamente *los choques* de la B.D. (Figura. 4.24.).

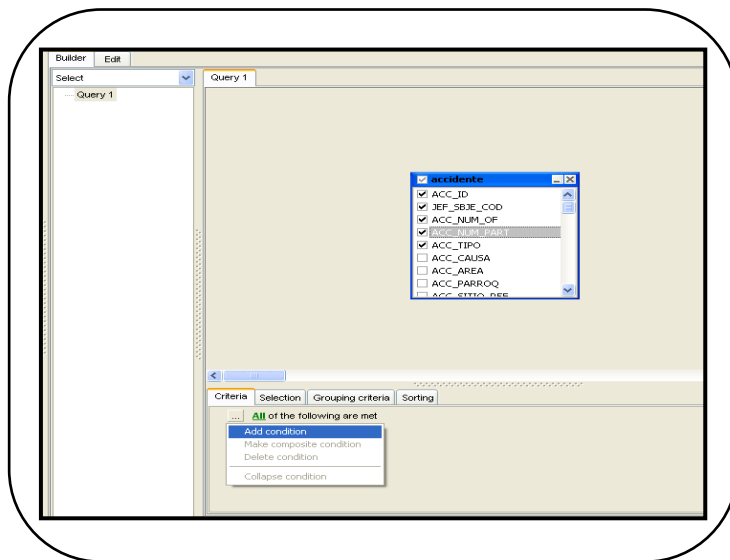


Figura. 4.23. Insertar condiciones para las consultas (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

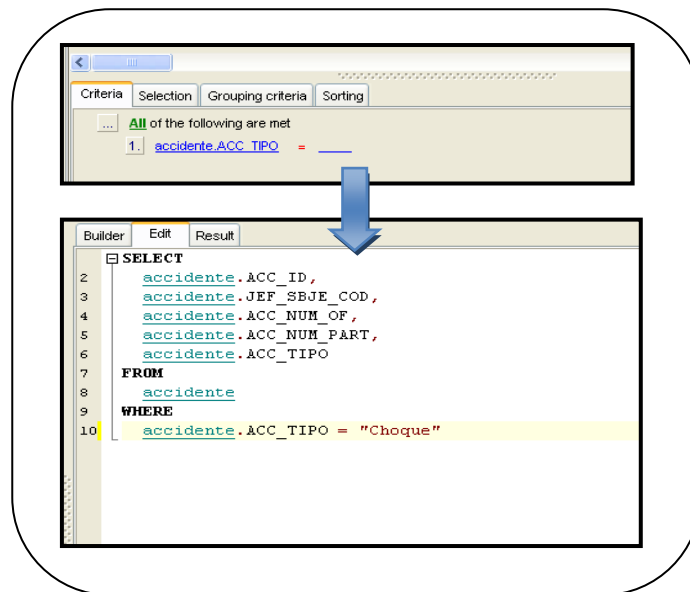


Figura. 4.24. Estructura Select, From, Where para la generación de consultas SQL (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

- Una vez insertada la estructura completa SQL se ejecutó el query como se ilustra en la Figura. 4.25.

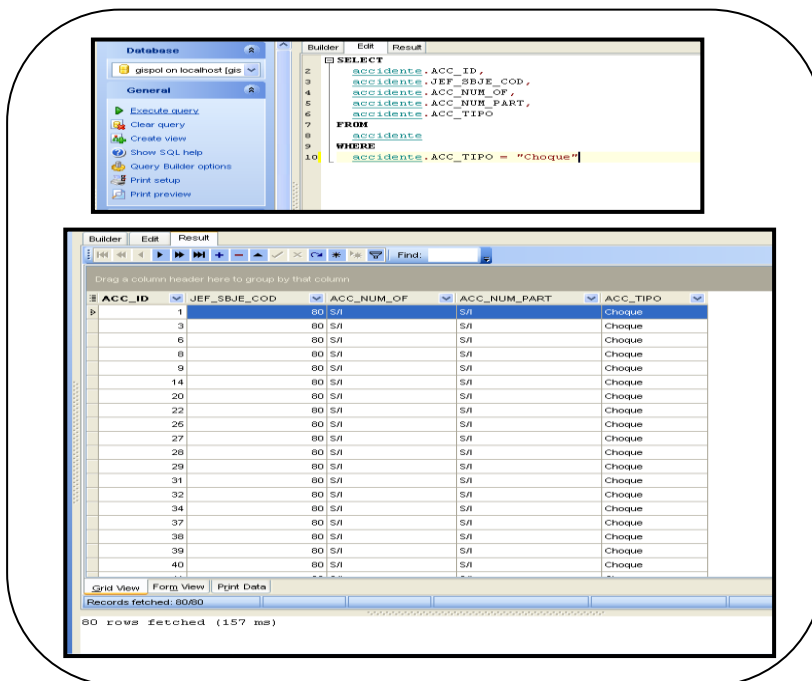


Figura. 4.25. Generación de consultas SQL (MySQL). Fuente: Elaboración propia.

4.7. DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN

Para cumplir con los requerimientos del usuario final, expuestos al comienzo de este capítulo, se decidió llevar a cabo el desarrollo de dos aplicaciones que son: el desarrollo de la aplicación de la B.D. y la aplicación del reporte del P.P.

El diseño y la programación para el desarrollo de estas aplicaciones la realizaron los usuarios llamados desarrolladores o programadores (ver Figura. 4.56.).

4.7.1. *Desarrollo de la Aplicación de la B.D.*

El desarrollo de la aplicación de la B.D. se la realizó utilizando el lenguaje de programación JAVA, alojándose la programación de la Aplicación en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE): *Eclipse* (ver Parte 4.1. Anexo 4. *Desarrollo de la Automatización*) y el diseño de las pantallas de ingreso de datos en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE): *Flex Builder* (ver Parte 4.2. Anexo 4. *Desarrollo de la Automatización*). En ambos Entornos de Desarrollo Integrado se alojó la programación de la conexión de la aplicación con la B.D. MySQL.

De igual manera, esta aplicación se realizó utilizando el Servidor de aplicación: *Tomcat* y el Servidor web: *Apache*.

4.7.2. *Desarrollo de la Aplicación del Reporte del Parte Policial*

En la plataforma Pentaho Report Designer se desarrolló el diseño del P.P. y el menú de consultas o búsquedas de Acc.T.; para ello fue necesario realizar una conexión a través del lenguaje de programación Java, *Java Database Connection* (JDBC), de la B.D. MySQL con esta plataforma.

Para el diseño de la aplicación del P.P. se ejecutaron los siguientes pasos:

- ❖ **Diseño del Parte Policial.-** El diseño del P.P. de Acc.T. en Pentaho se lo generó en base al P.P. original (ver Anexo 1. *Parte Policial*), así, se crearon 7 sub-

reportes según cada división que presentaba el P.P.; cada sub-reporte se lo diseñó utilizando la herramienta *sub-report* y *label* (Figura. 4.26.).

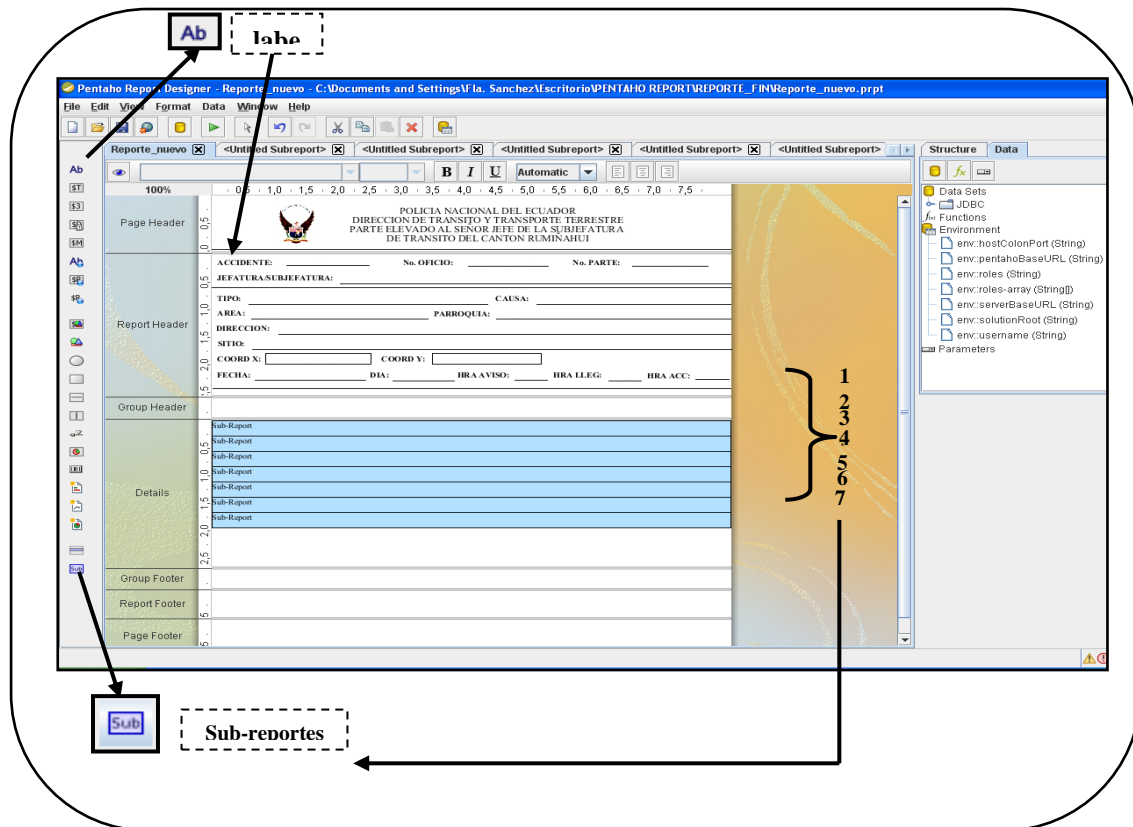


Figura. 4.26. Diseño de los Sub-reportes del P.P. (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

Como muestra la figura anterior se creó un total de 7 sub-reportes que fueron estructurados en el cuerpo del P.P., la información que corresponde al accidente principalmente se lo diseñó en la cabecera del reporte (Report Header).

A continuación se detallan los sub-reportes creados:

Tabla. 4.9. Sub-Reportes Creados. Fuente: Elaboración propia.

Sub-reportes Creados			
Calzadas	Conductores	Vehículos	Agentes
Víctimas	Testigos	Croquis, Observaciones y Anexos	

Estos sub-reportes conformaron el diseño completo del P.P ver Figura. 4.27., 4.28., 4.29 y 4.30.

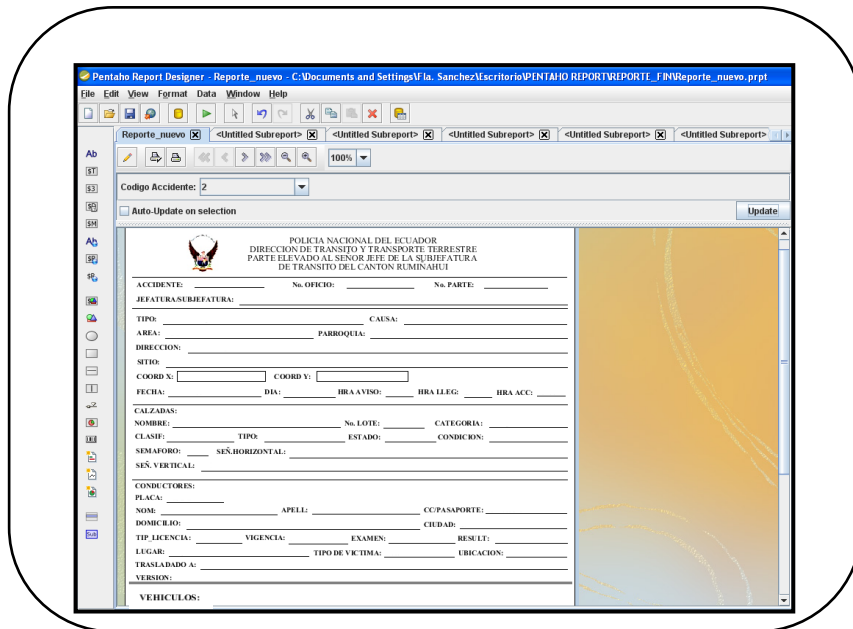


Figura. 4.27. Diseño del P.P. Parte I (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

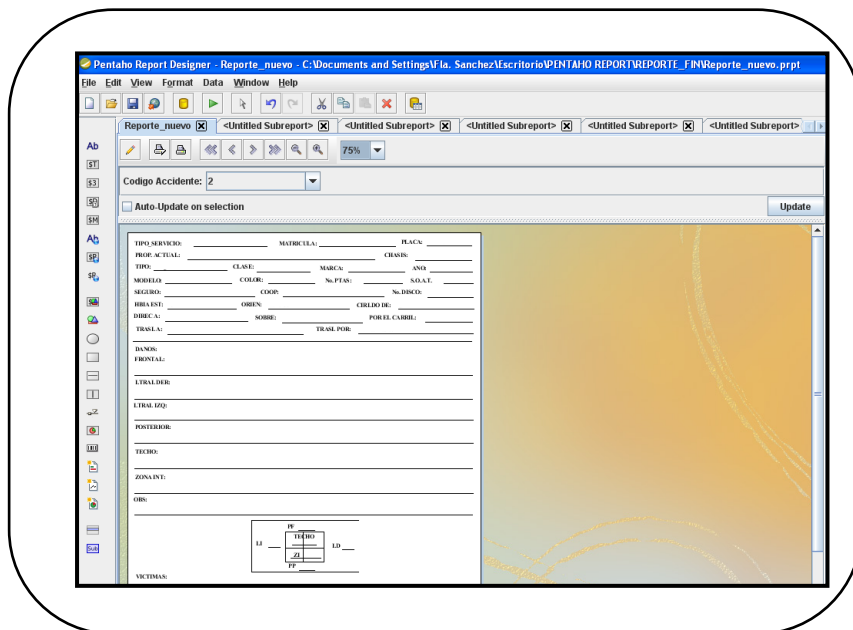


Figura. 4.28. Diseño del P.P. Parte II (Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia.

Pentaho Report Designer - Reporte_nuevo - C:\Documents and Settings\Ila_Sanchez\Escritorio\PENTAHO REPORT\REPORTE_FIN\Reporte_nuevo.prpt

Reporte_nuevo <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport>

Ab

File Edit View Format Data Window Help

Reporte_nuevo <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport>

100%

Codigo Accidente: 285

Auto-Update on selection Update

VICTIMAS:

NOME: _____ APELLI: _____ CC/PASAPORTE: _____
 EDAD: _____ SEXO: _____ CBAD: _____ TELF: _____
 DOMC: _____ CONDICON: _____
 VEST: _____ TIPO_VIC: _____
 VEH_PLACAS: _____ POSICION: _____ TRASLADO: _____
 VERSION: _____

TESTIGOS:

NOME: _____ APELLI: _____ CC/PASAPORTE: _____
 CBAD: _____ DOMC: _____
 TELF: _____ L. TRAB: _____ TELE TRAB: _____
 VERSION: _____

Figura. 4.29. Diseño del P.P. Parte III (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

Pentaho Report Designer - Reporte_nuevo - C:\Documents and Settings\Ila_Sanchez\Escritorio\PENTAHO REPORT\REPORTE_FIN\Reporte_nuevo.prpt

Reporte_nuevo <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport>

Ab

File Edit View Format Data Window Help

Reporte_nuevo <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport> <Untitled Subreport>

100%

Codigo Accidente: 2

Auto-Update on selection Update

CROQUIS:

OBSERVACIONES:

ANEXO:

AGENTES:

NOMBRES: _____ APELLIDOS: _____
 GRADO: _____ UNIDAD: _____ MOVIL: _____

FIRMA

Figura. 4.30. Diseño del P.P. Parte IV (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ **Conexión del Diseño del Parte Policial con la Base de Datos.-** Una vez diseñado el P.P fue necesario conectarlo con la B.D MySQL; ésto se lo realizó a través del JDBC (Java Database Connection) de Pentaho (Figura. 4.31.).

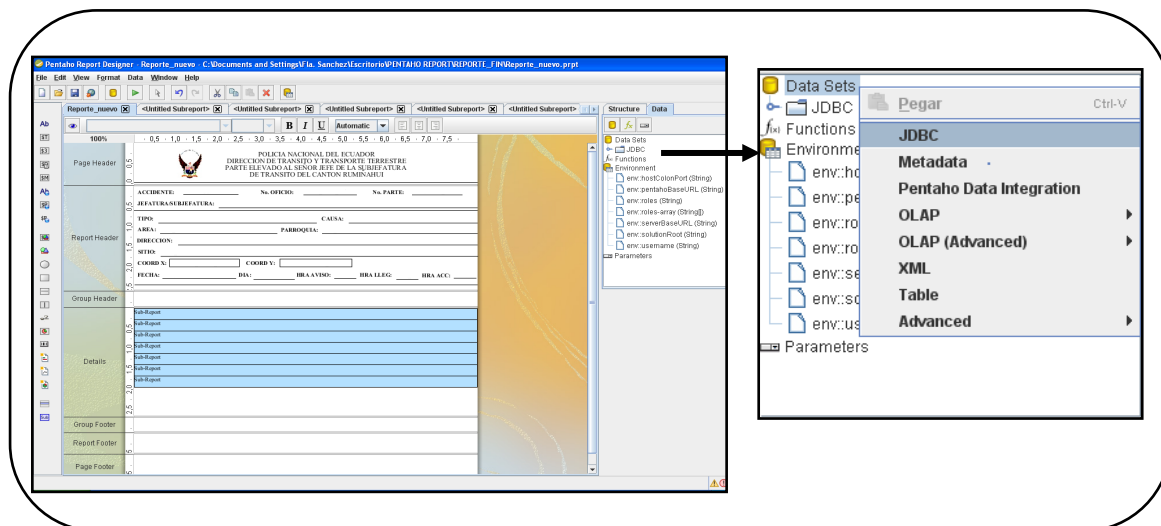


Figura. 4.31. Java Database Connection_JDBC (Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia.

En el JDBC se añadió una nueva conexión y se la registró colocando un nombre: “GIS”, seguidamente se colocó la información correspondiente de la B.D. MySQL (Figura. 4.32.).

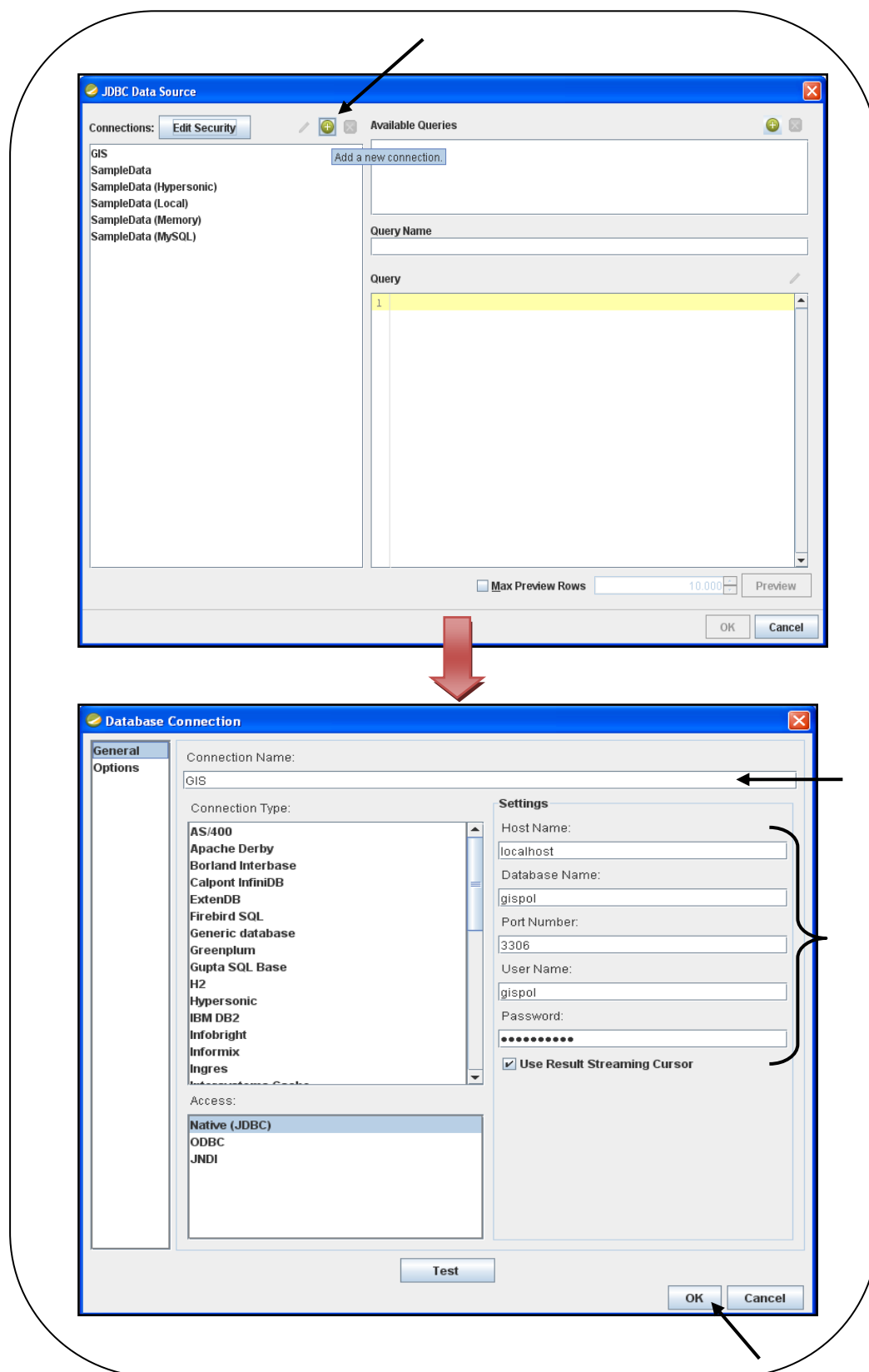


Figura. 4.32. Conexión del P.P. con la B.D. a través del JDBC (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Generación de Queries o Consultas para los sub-reportes del Parte Policial.-**

Una vez diseñado y conectado el P.P. con la B.D. MySQL, se debía para cada sub-reporte colocar los datos respectivos de la B.D.; para esto se generaron relaciones entre las tablas de la B.D., obteniendo así los Queries que posteriormente fueron implementados en los sub-reportes del P.P. (ver Parte 4.3. Anexo 4. Desarrollo de la Automatización). A continuación se describen las relaciones generadas entre tablas para cada sub-reporte:

- Relación entre tablas para la información de Accidente (Figura. 4.33.):

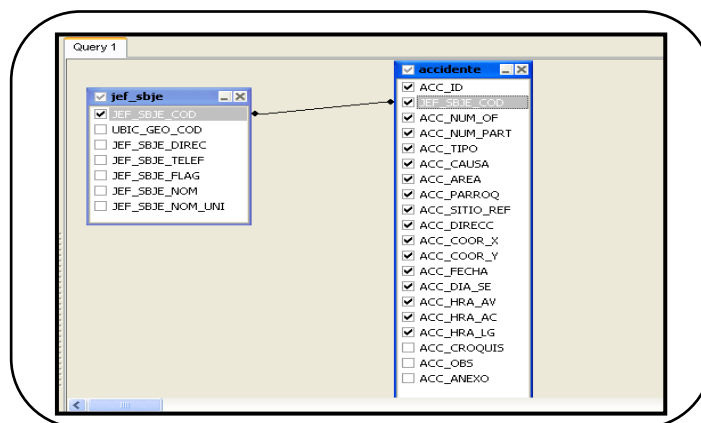


Figura. 4.33. Relación entre tablas para la información principal del Accidente (MySQL).

Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre tablas para el sub-reporte Calzadas (Figura. 4.34.):

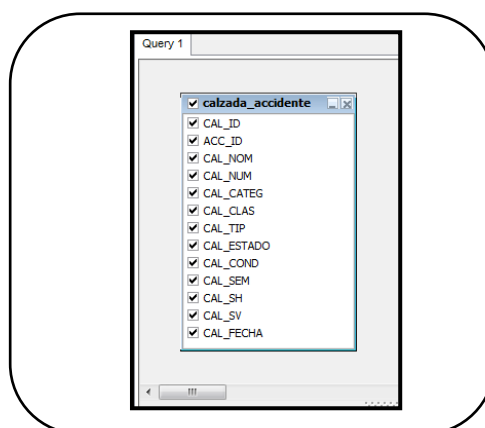


Figura. 4.34. Relación entre tablas para el sub-reporte Calzadas (MySQL).

Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre tablas para el sub-reporte Conductores (Figura. 4.35.):

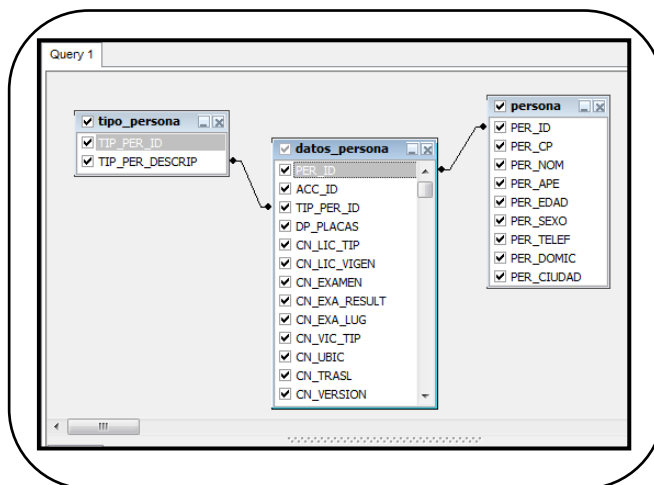


Figura. 4.35. Relación entre tablas para el sub-reporte Conductores (MySQL).

Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre tablas para el sub-reporte Vehículos (Figura. 4.36.):

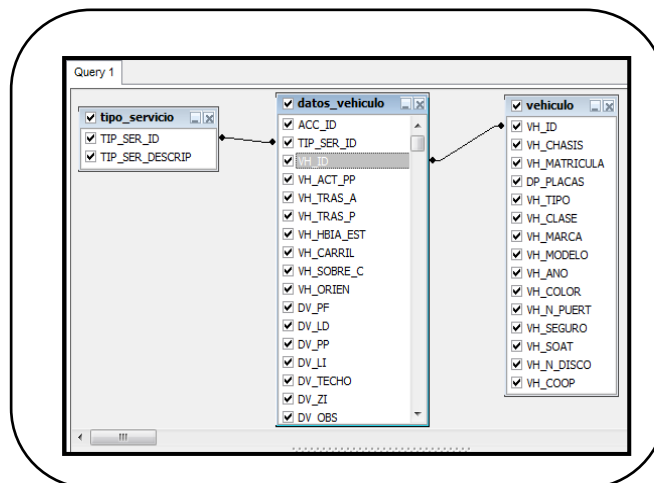


Figura. 4.36. Relación entre tablas para el sub-reporte Vehículos (MySQL).

Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre tablas para el sub-reporte Víctimas (Figura. 4.37.):

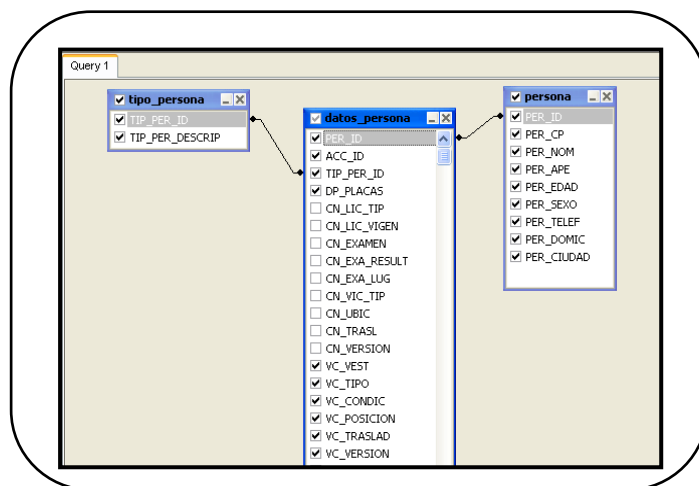


Figura. 4.37. Relación entre tablas para el sub-reporte Víctimas (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre tablas para el sub-reporte Testigos (Figura. 4.38.):

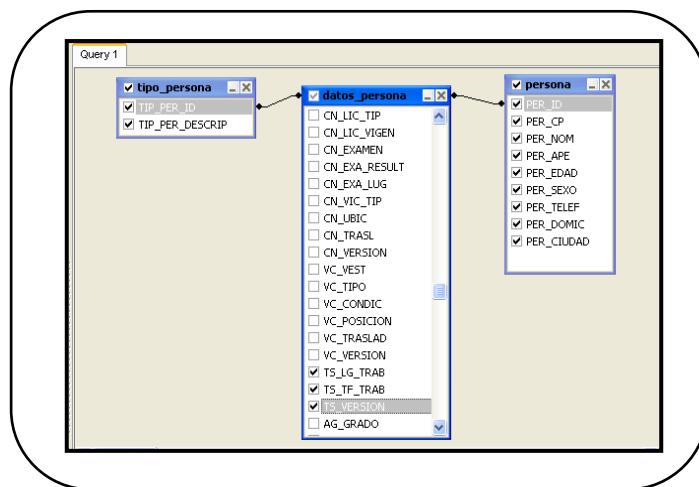


Figura. 4.38. Relación entre tablas para el sub-reporte Testigos (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre tablas para el sub-reporte Croquis, Observaciones y Anexos (Figura. 4.39.):

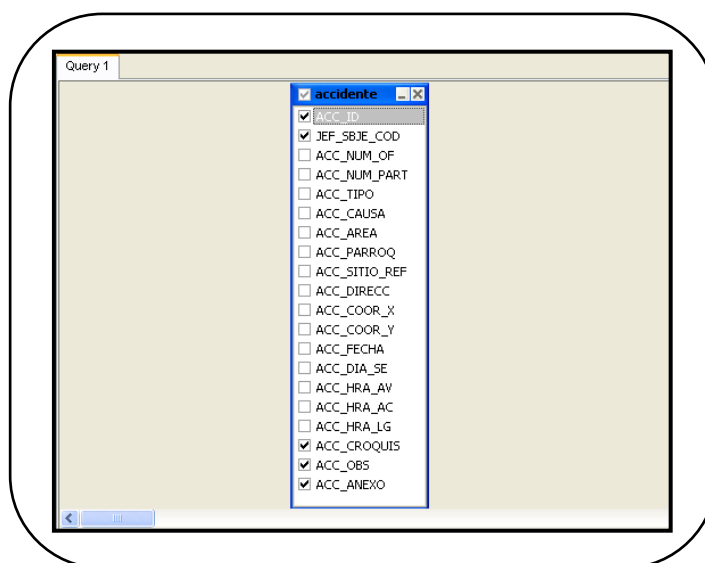


Figura. 4.39. Relación entre tablas para el sub-reporte Croquis, Observaciones y Anexos (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre tablas para el sub-reporte Agentes (Figura. 4.40.):

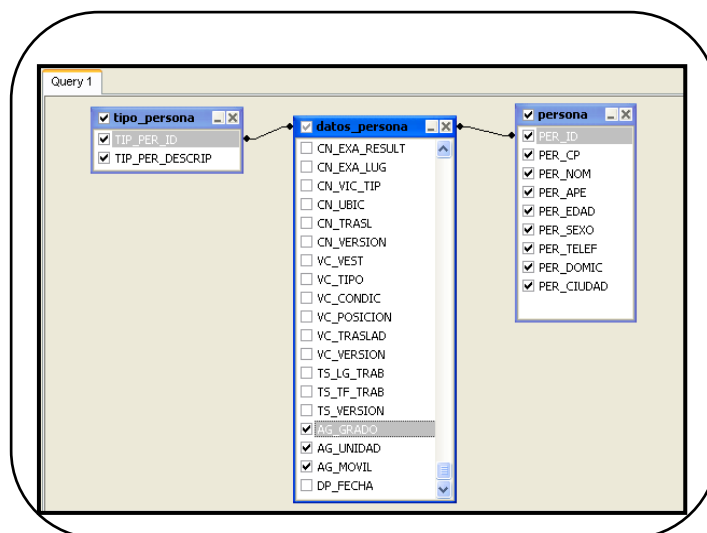


Figura. 4.40. Relación entre tablas para el sub-reporte Agentes (MySQL)

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las tablas anteriores se generaron los queries para cada sub-reporte; la implementación de estas en el P.P. se describen a continuación mediante un ejemplo (Figura. 4.41.):

a) En el JDBC de Pentaho, se escogió la conexión creada (GIS), seguidamente se añadió una nueva consulta (Add Query).

b) Se colocó el nombre de la consulta (Query Name); este nombre correspondió al sub-reporte sobre el cual se trabajaba.

c) Se ubicó el Query respectivo para cada sub-reporte (ver *Parte 4.3. Anexo 4. Desarrollo de la Automatización*).

Nota: Cabe mencionar que estas consultas contienen un *Parámetro* que sirvió de enlace del P.P. con la B.D. que posteriormente se indica.

d) Listo.

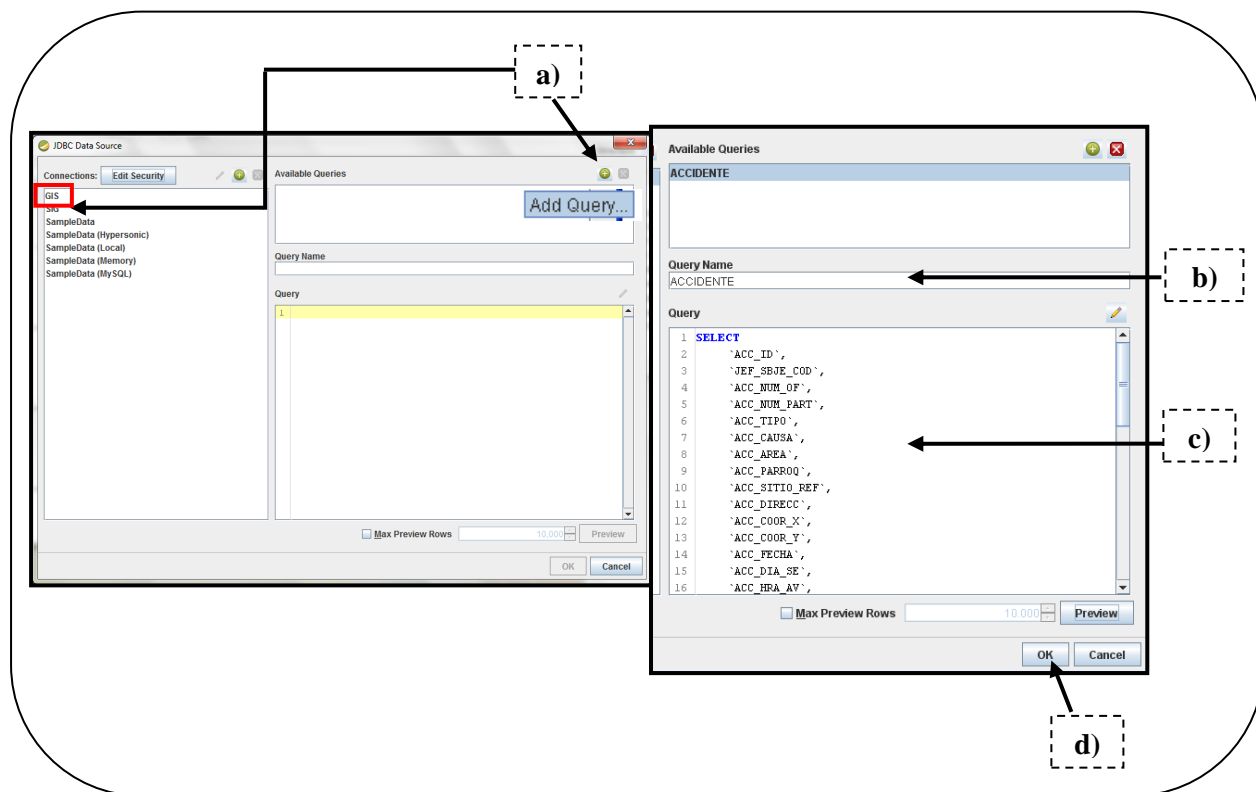


Figura. 4.41. Ejemplo de implementación de consultas o queries en cada sub-reporte del P.P. (Para Información de Accidente) (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente los Queries que fueron ejecutados para cada sub-reporte, fueron añadidos al final de su estructura un *Parámetro*, este se lo determinó

como: *COD_ACC*, y sirvió para enlazar a cada sub-reporte con el *identificador único de la B.D.: ACC_ID*. Para la generación del Parámetro se detallan a continuación los siguientes pasos (Figura. 4.42.):

- Se escogió Add Parameter.
- Se ubicó en el sub-reporte: *ACCIDENTE*.
- Se colocó el nombre del parámetro: *COD_ACC*.
- Se colocó la etiqueta o label como se desea que aparezca: *Código Accidente*.
- Se escogió el tipo de dato (que debe ser igual al utilizado en el la B.D. MySQL): *Integer*
- Se escogió el tipo de despliegue o display del parámetro: *Drop Down*.
- En Query se escoge el sub-reporte sobre el cual se está trabajando: *ACCIDENTE*.
- Ok.

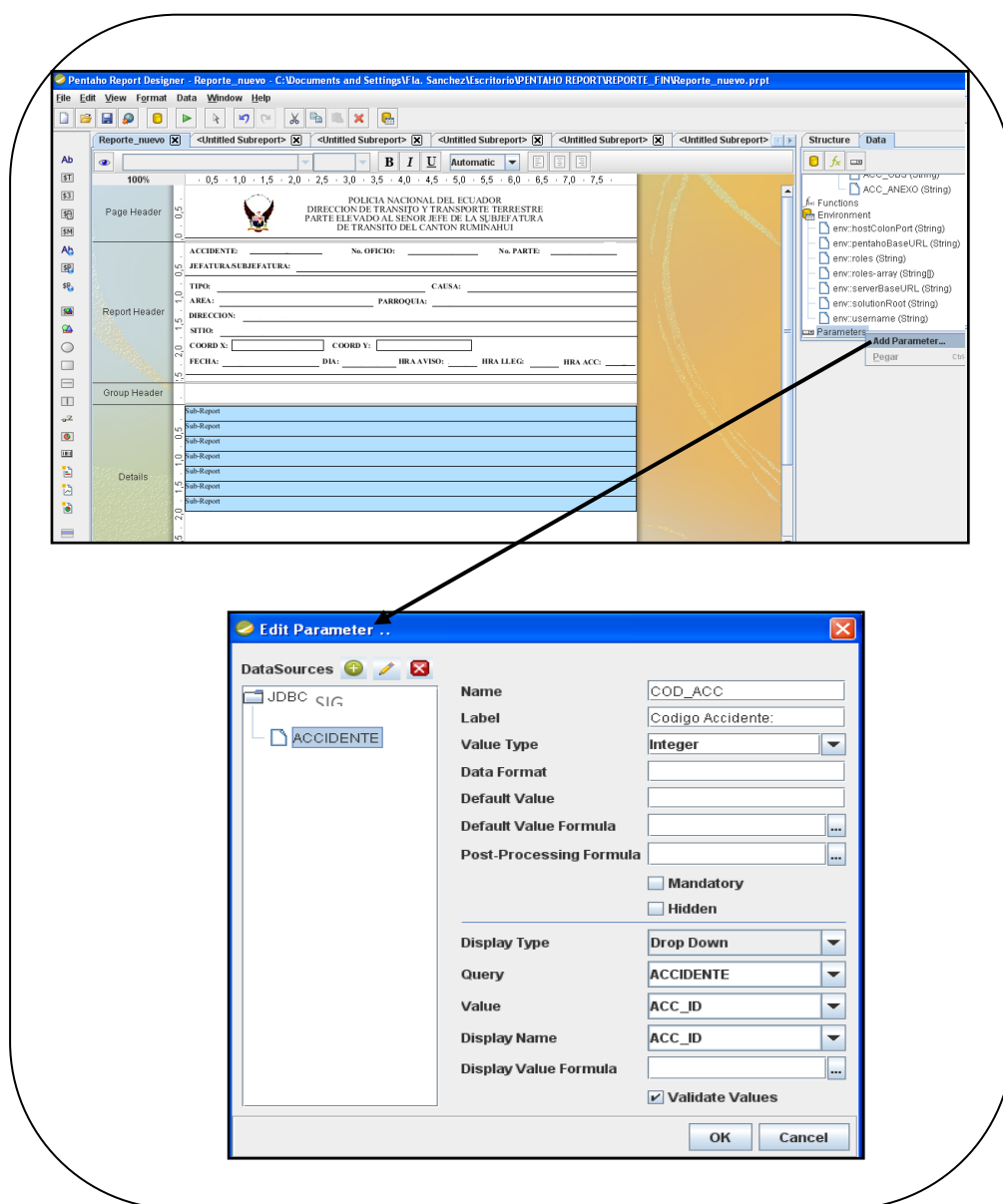


Figura. 4.42. Creación del Parámetro COD_ACC para los sub-reportes del P.P. (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinado el parámetro COD_ACC e implementado en cada Query de los sub-reportes, se enlazaron o arrastraron los datos o campos para cada sub-reporter, como se muestra en el ejemplo de la Figura. 4.43.

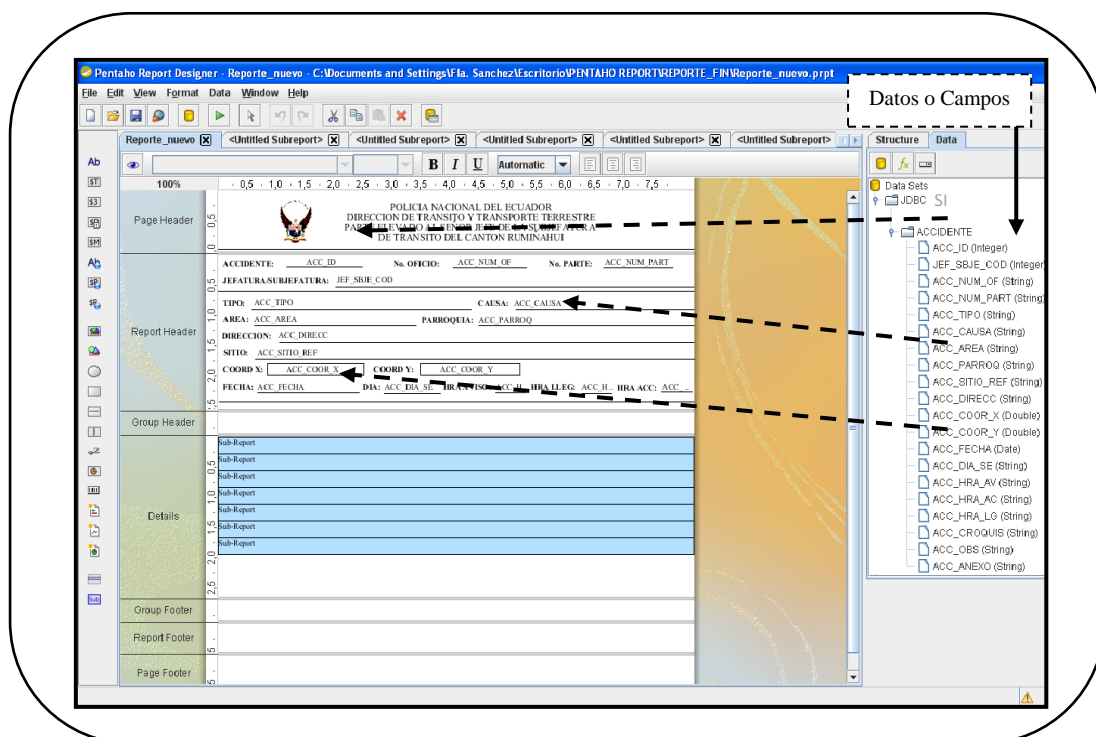


Figura. 4.43. Ejemplo de enlace de los datos para cada sub-reporte del P.P. (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera quedó definido y conectado todo el P.P. con la B.D. MySQL; para poder visualizar la información completa de un P.P. dentro del diseño, se realizó lo siguiente (Figura. 4.44.):

Se colocó en *Mostrar Área de previsualización*



En el parámetro creado *Código Accidente*: se escogió el Acc.T. que se desea investigar.

Update.

Previsualización del Acc.T. en el P.P.

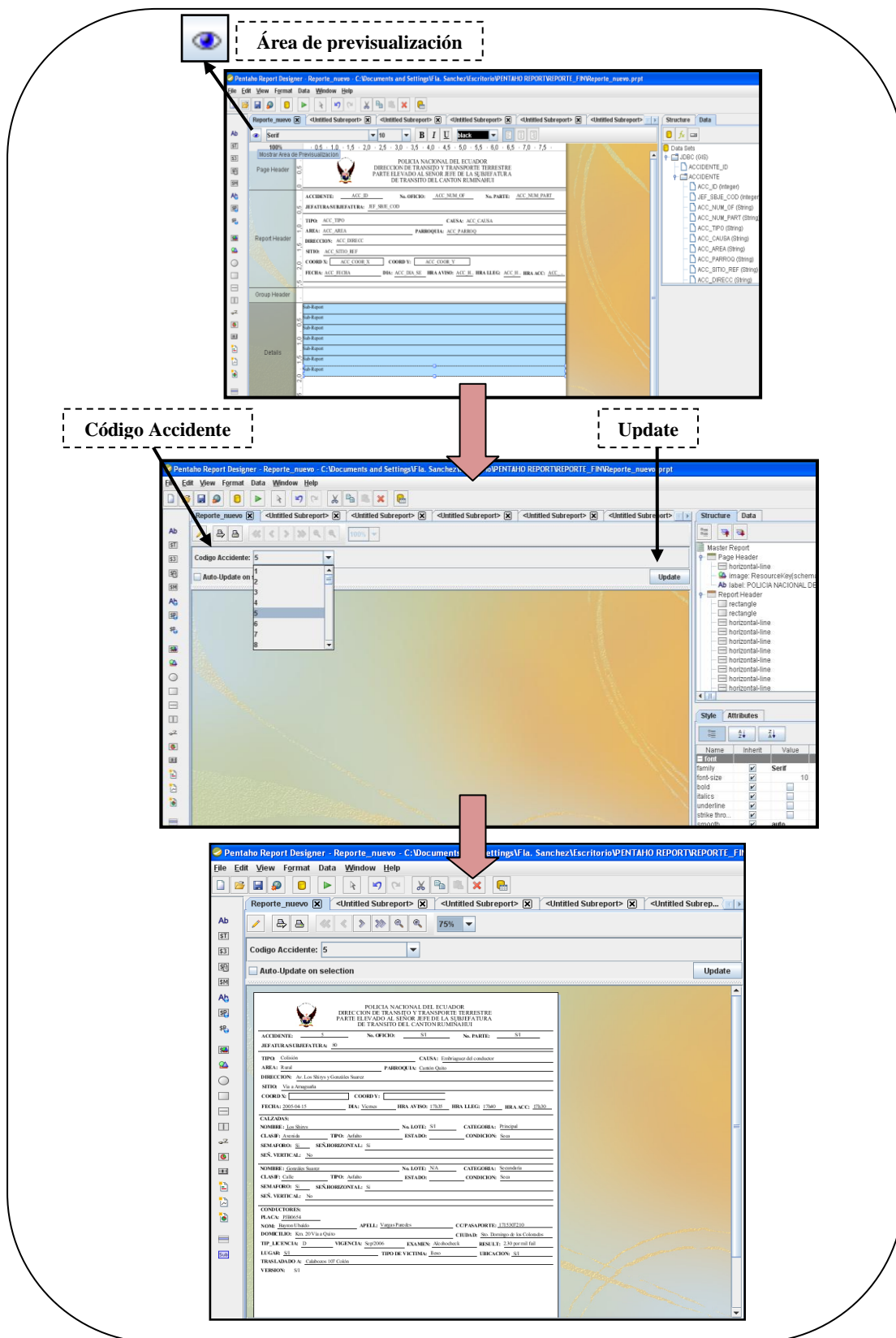


Figura. 4.44. Área de previsualización del Acc.T. en el P.P. (Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ **Diseño del Menú de Consultas o búsquedas de Accidentes de Tránsito.-** Adicionalmente al diseño del P.P. se desarrolló un pequeño menú, donde una vez subido a la consola de Pentaho Report Designer, se va a poder realizar consultas o búsquedas de todos los Acc.T. registrados (*ver Parte 5.3.2. Anexo 5. Manual de Usuario*).

La generación del menú fue ejecutada mediante su diseño (Figura. 4.45.) y mediante la creación de Parámetros como: *Tipos* (Tipos de Accidente), *Causa* (Causa del Accidente), *Áreas* (Urbana o Rural), *Parroquia* y *Día de la Semana* como se ilustra en la Figura. 4.46.

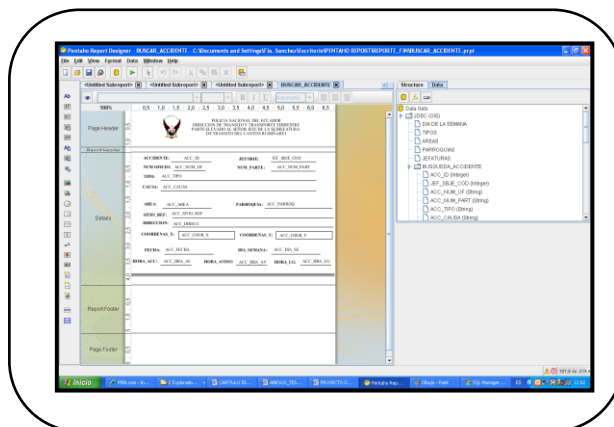


Figura. 4.45. Diseño del Menú de Consultas o Búsquedas de Acc.T. (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia.

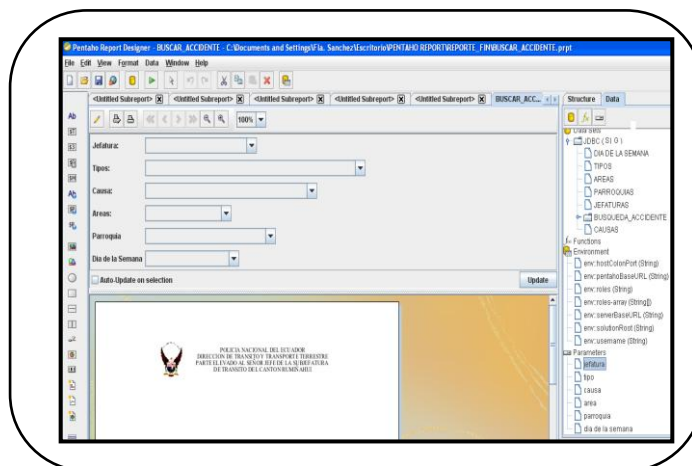


Figura. 4.46. Parámetros para el Menú de Consultas o Búsquedas de Acc.T. (Pentaho Report Designer)

Fuente: Elaboración propia

Los Queries generados para el diseño del menú se encuentran en el *Anexo 4. Parte 4.4. Diseño del Menú de Consultas o Búsquedas de Acc.T.* y en la *Parte 4.4.1. Queries generados para el Menú de Acc. T.* Para la creación de los parámetros ver *Anexo 4 Parte 4.4.2. Creación de Parámetros para el Menú de Acc.T.*

❖ **Creación de Usuarios.-** Para tener un debido control de las personas o usuarios finales que van a realizar consultas sobre la información específica sobre algún Acc.T. en el P.P. o en el Menú de Consultas, fue preciso crear usuarios determinados con sus respectivas claves de ingreso y a su vez agrupar estos usuarios según su funcionalidad.


La creación de estos usuarios se lo realizó desde la Consola de Administración de la plataforma Pentaho Report Designer (Figura. 4.47.):


El proceso para la creación de los usuarios es el siguiente:

- Se ingresa a la Consola de Administración con la siguiente dirección:

http://localhost:8099/

- Se coloca en *Administration*.

- Users. 

- Y se añade cada uno de los usuarios que se  requieran.

En este caso se crearon dos usuarios con sus respectivas contraseñas:

User Name: **joe**

User Name: **admin**

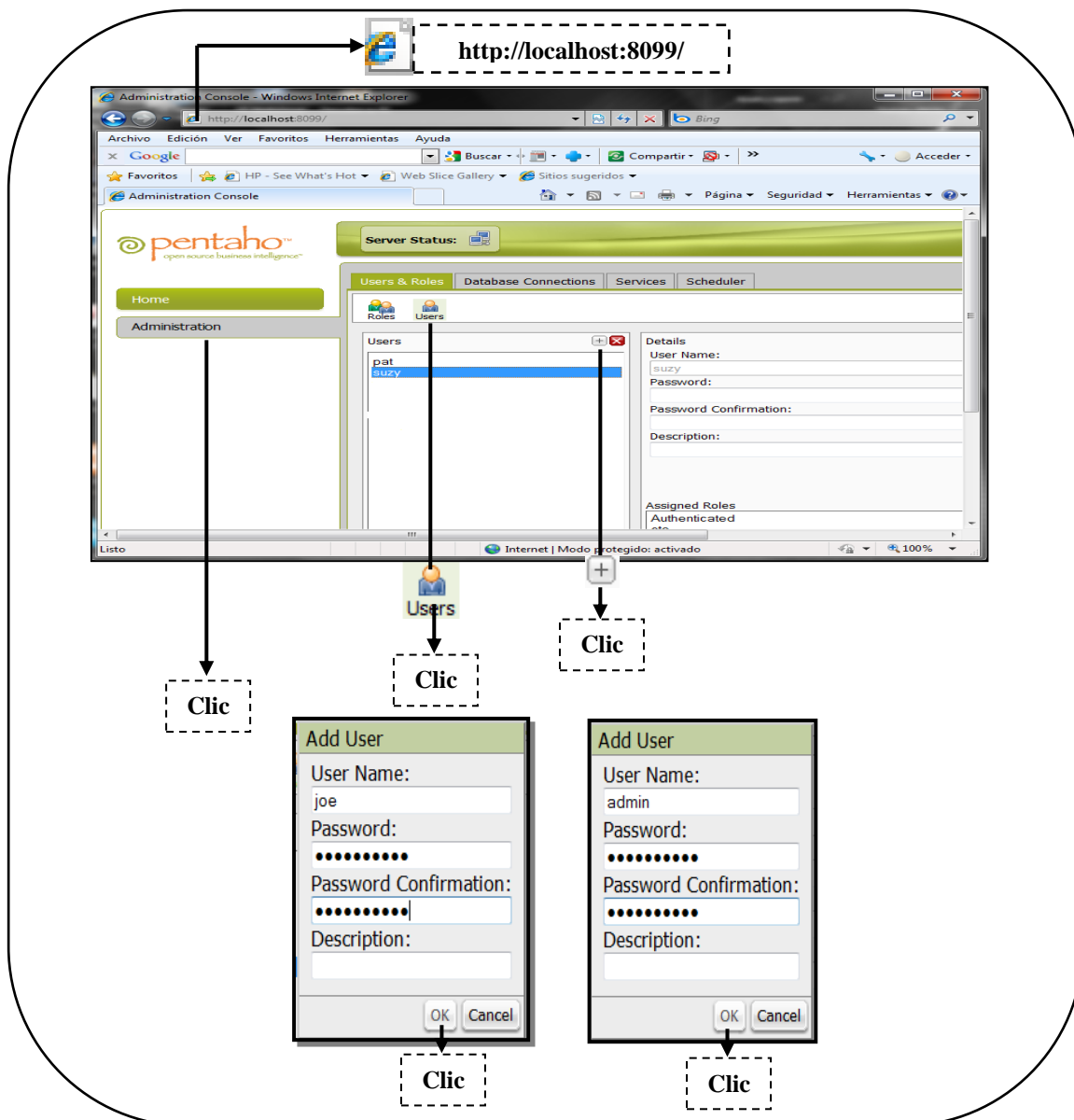



Figura. 4.47. Creación de Usuarios. (Consola de Administración de Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia

Es conveniente que los usuarios que pertenezcan a una misma funcionalidad o dependencia sean agrupados como se indica a continuación (Figura. 4.48.).

- Roles. 
 - Se añade el nombre con el cual se va a agrupar los usuarios.
- Role Name: Admin
- Y finalmente se cargan los usuarios creados anteriormente.

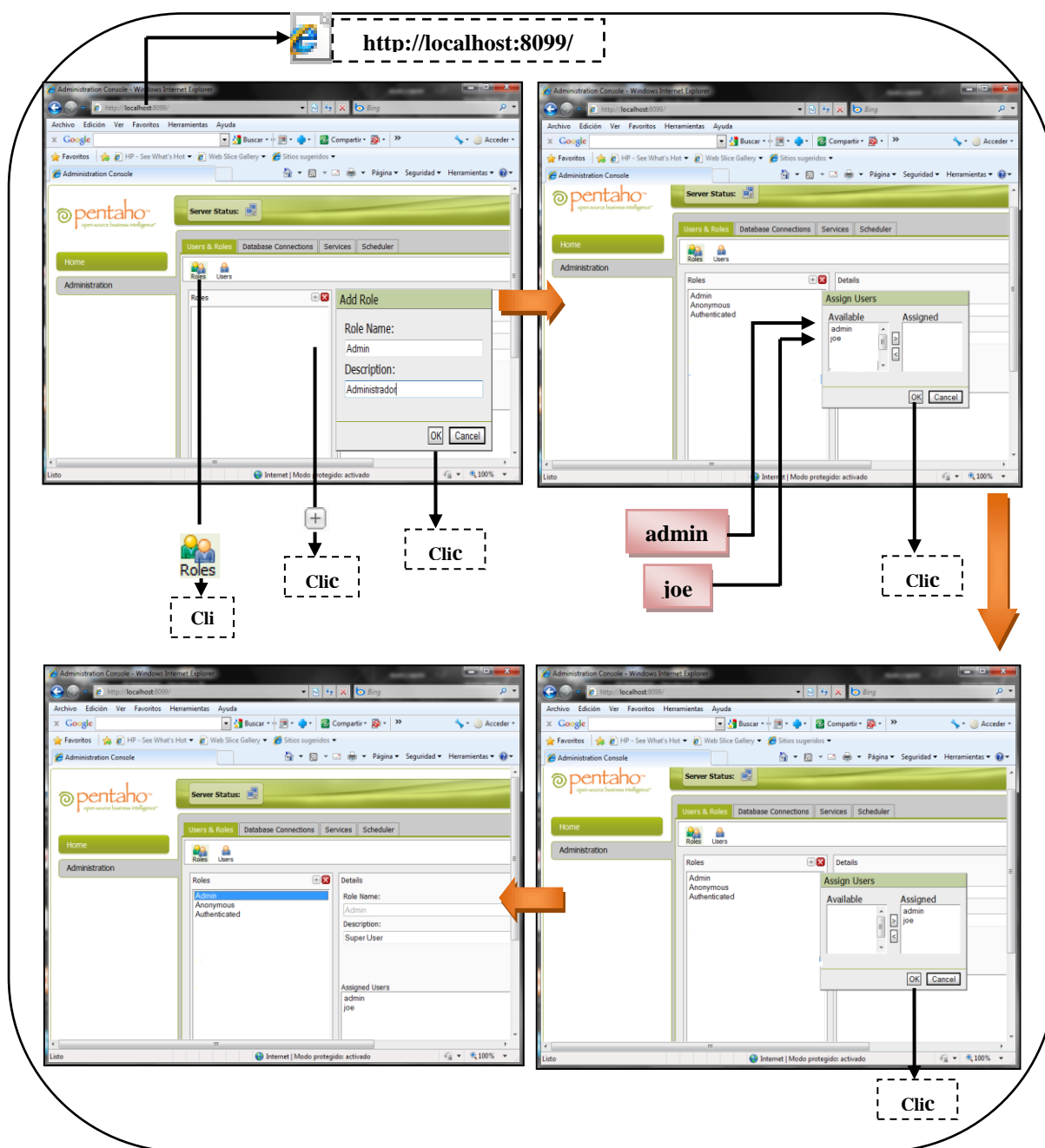


Figura. 4.48. Creación de Roles. (Consola de Administración de Pentaho Report Designer). Fuente: Elaboración propia

❖ **Publicación de Reportes en Pentaho User Server.**- Una vez creados los usuarios se procedió a la publicación de los reportes previamente diseñados que son el P.P. y el Menú de Consultas o Búsquedas de Acc.T.; cabe señalar que el *usuario joe* permitirá el ingreso a esta información (*Anexo 5. Manual de Usuario*) y el *usuario admin* permitirá el ingreso a la Consola de Administración de la

plataforma Pentaho Report Designer (Figura. 4.49.) para la creación de nuevos usuarios en el caso que sea necesario.

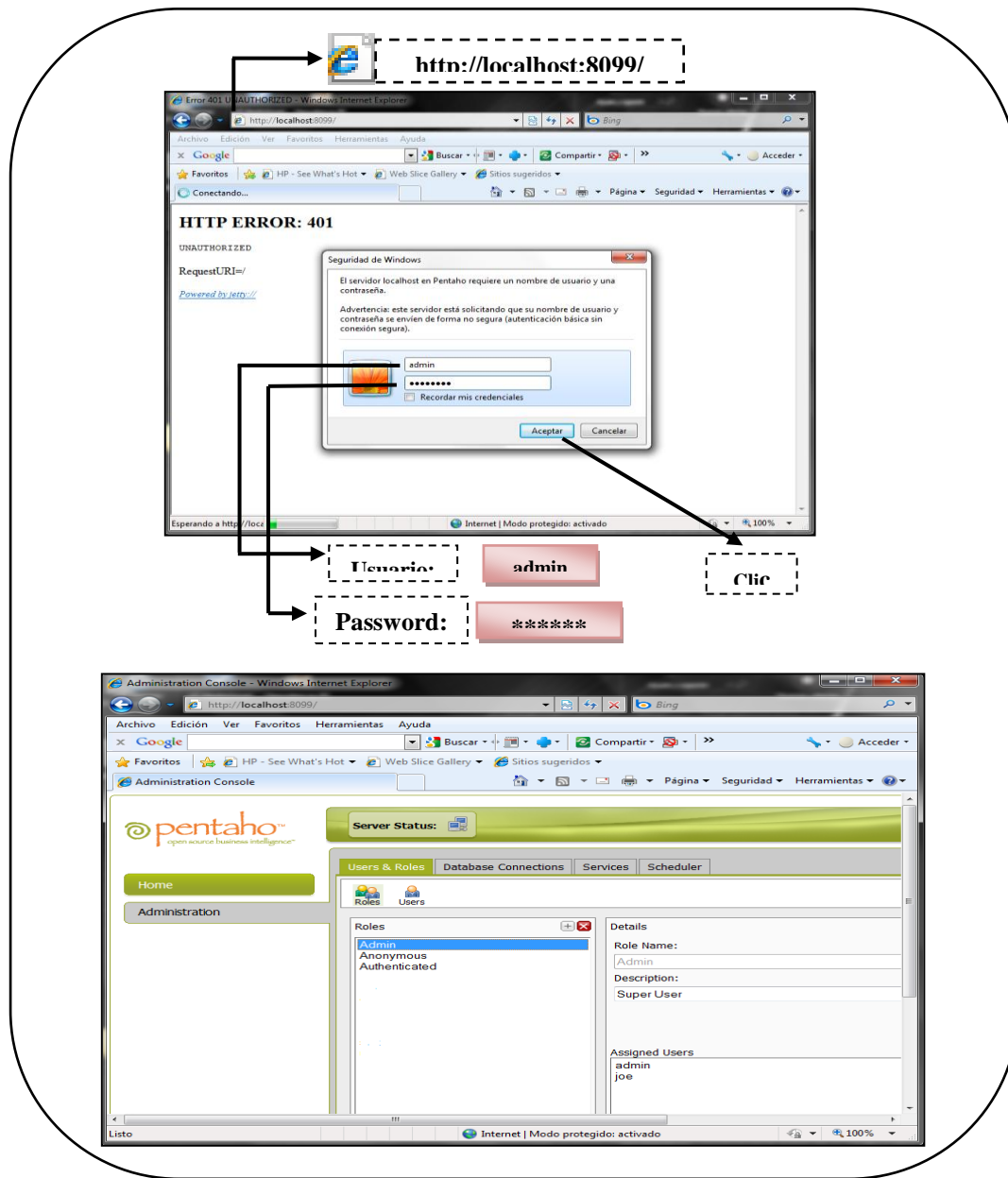


Figura. 4.49. Acceso Creación a Usuarios. (Consola de Administración de Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia

Para que el usuario final pueda ingresar a los reportes creados se debió asignar previamente esta información al *usuario joe* desde la plataforma Pentaho Report Designer de la siguiente manera (Figura 4.50.):

☑ Ingresar a la plataforma Pentaho Report Designer.

☑ Publishes the report on a Pentaho 

Server.

☑ Inscribir la siguiente información:

Dirección URL:

Nombre del usuario:

Contraseña:

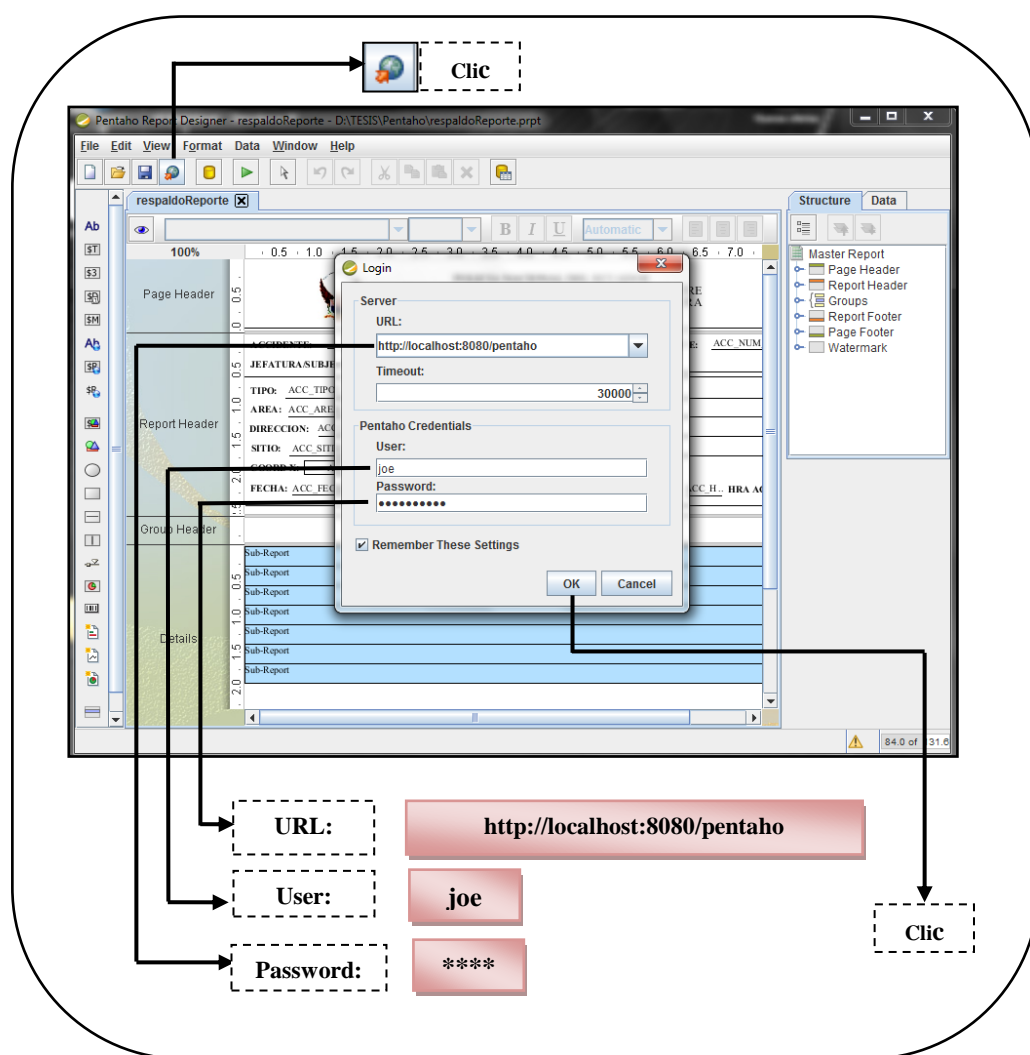


Figura. 4.50. Asignación de Reportes al Usuario joe. (Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia

- Creación de una nueva carpeta (Figura.4.51.):

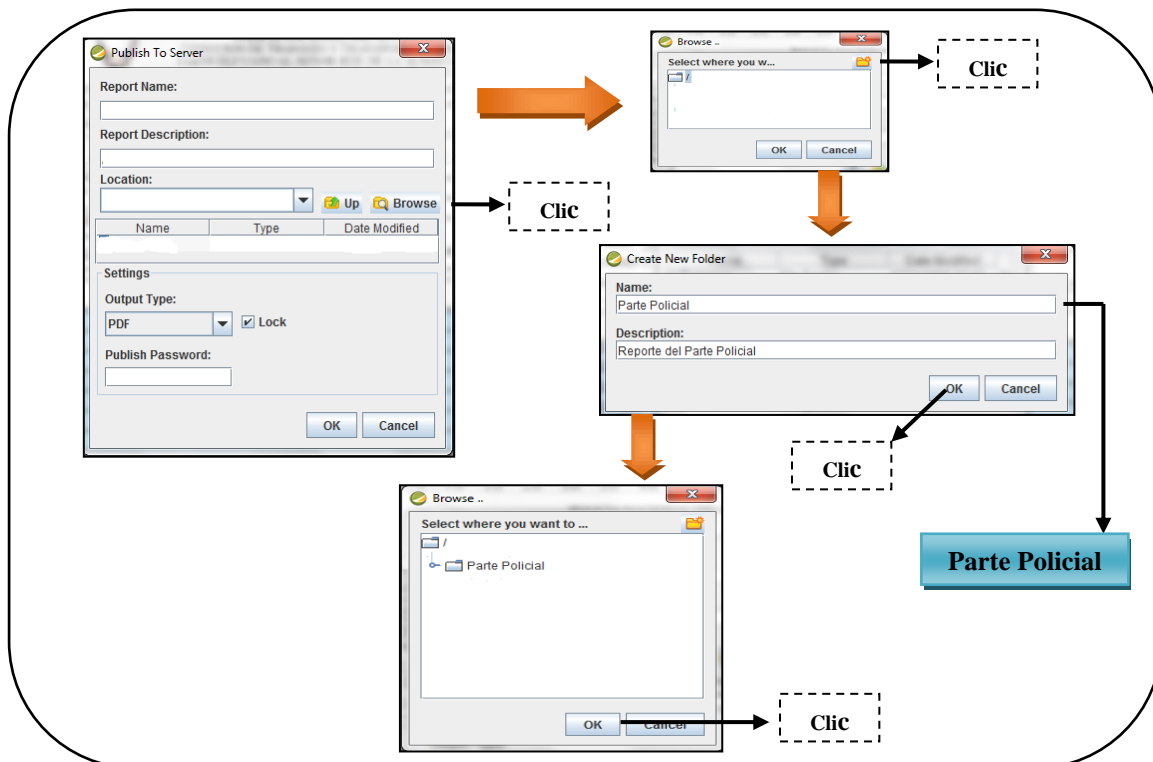


Figura. 4.51. Asignación de Reportes al Usuario joe. (Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia

- A la carpeta creada se le asignó los reportes y se los publicó ingresando la clave del usuario joe (Figura. 4.52.):

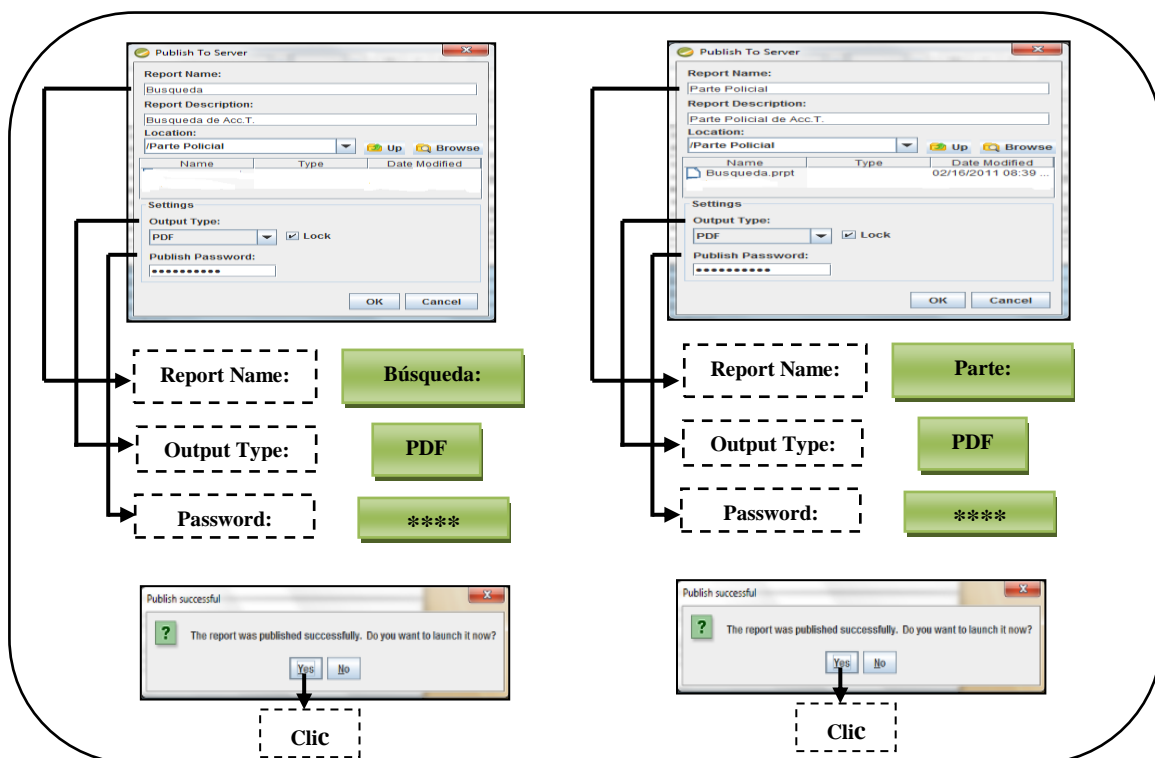


Figura. 4.52. Asignación de Reportes al Usuario joe. (Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia

- Al momento de aceptar la publicación de cada uno de los reportes se restringió las acciones que pueden realizar los usuarios finales; ésto se lo ejecutó desde Pentaho User Console (Figura. 4.53.):

Se debe determinar las acciones que se considere conveniente que realicen los usuarios finales.

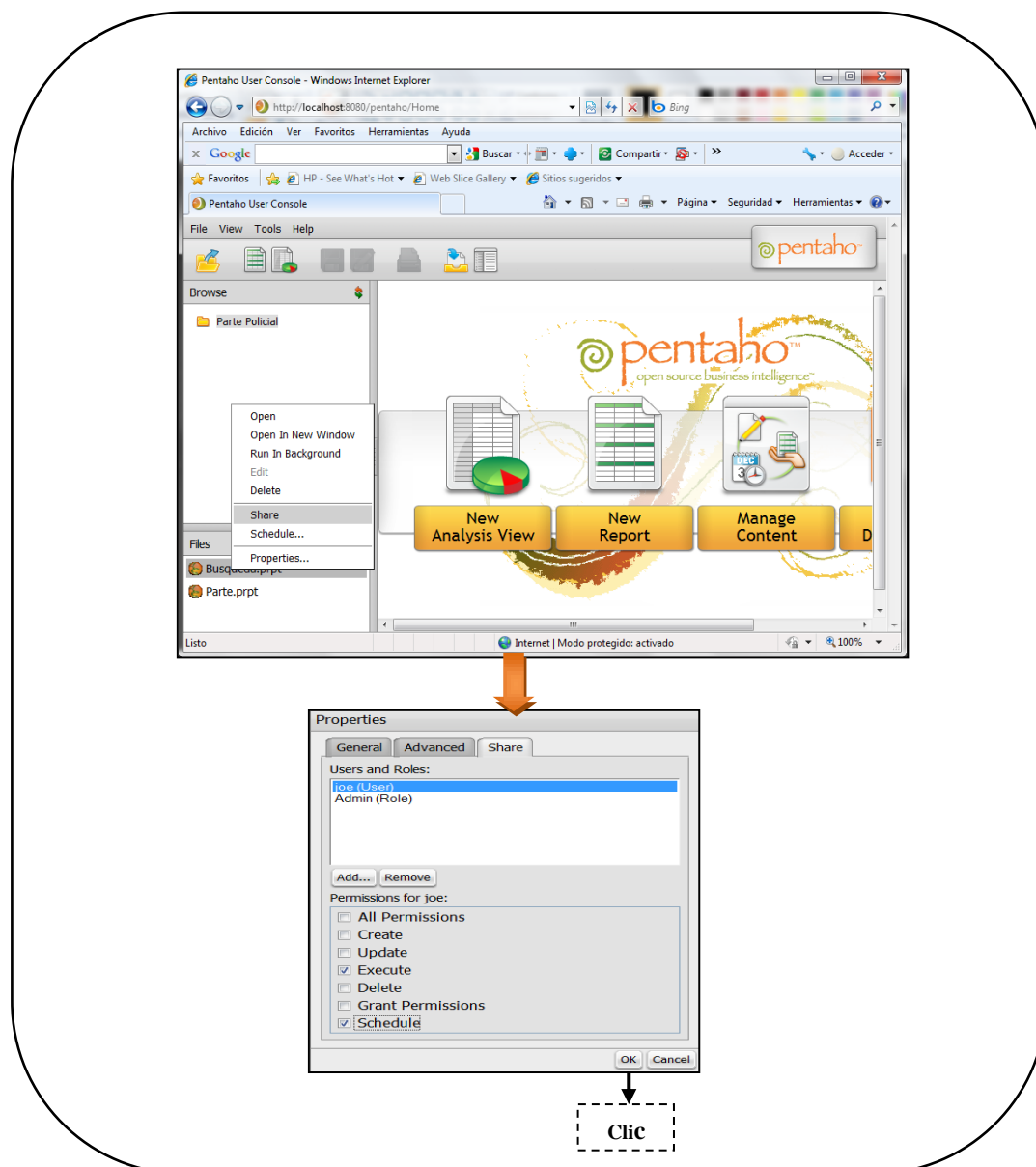


Figura. 4.53. Acciones a Ejecutar el Usuario Final. (Pentaho User Console).

Fuente: Elaboración propia

- Y finalmente se obtienen los reportes asignados al usuario joe y publicados, listos para que el usuario final pueda ingresar a realizar consultas desde Pentaho Server (ver Anexo 5. Manual de Usuario) (Figura. 4.54.):

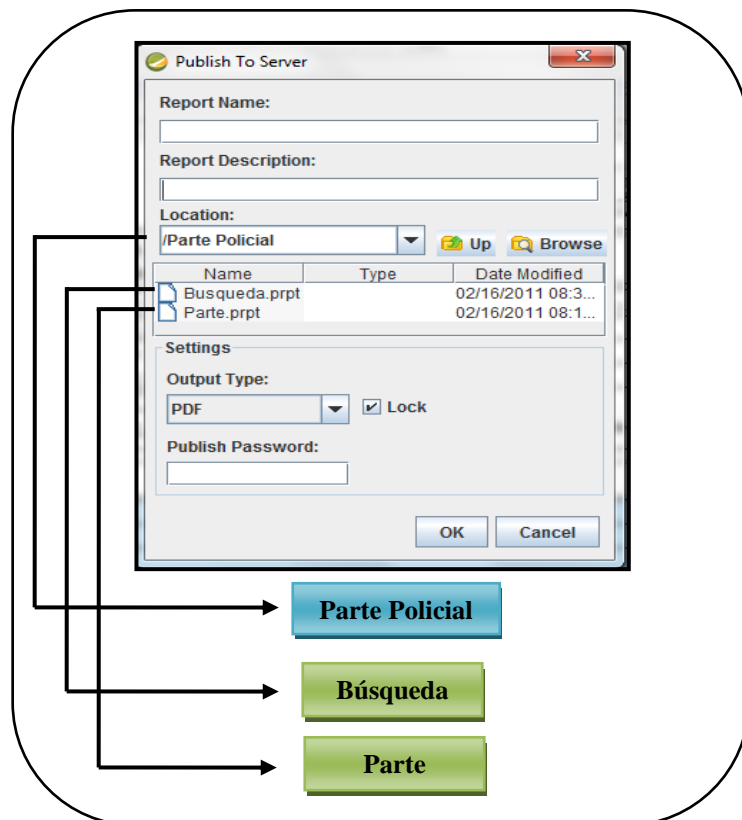


Figura. 4.54. Asignación de Reportes al Usuario joe. (Pentaho Report Designer).

Fuente: Elaboración propia

4.8. PRESENTACIÓN

La presentación de la aplicación de la B.D. MySQL permitirá a los usuarios finales ingresar nueva información de Acc.T., y de igual manera, la aplicación del reporte del P.P. a través de la consola de Pentaho, permitirá al usuario final observar la información de un Acc.T. y realizar su posterior impresión, además se podrá realizar consultas de los Acc.T. registrados a través del Menú de Consultas o Búsquedas.

El servidor de aplicación Tomcat y el servidor web Apache sirvieron para desarrollar la Interfaz entre el usuario final (Personal Policial) y la aplicación de la B.D.

La funcionalidad principal de la aplicación de la B.D., es el almacenamiento y actualización continua de los datos en la B.D. MySQL.

4.8.1. Presentación de la Aplicación de la B.D.

Permitirá el ingreso de los Acc.T y su visualización mediante pantallas lo cual se detalla en el *Anexo 5. Manual de Usuario Parte 5.2.*

4.8.2. Presentación de la Aplicación del Reporte del P.P. y Menú de Consultas

Con los reportes ya publicados, los usuarios finales pueden ingresar a realizar consultas u observar información de los Acc.T e imprimir los mismos, desde Pentaho User Console, cuyo proceso se observará en el *Anexo 5. Manual de Usuario Parte 5.3.* utilizando la siguiente dirección (Figura. 4.55.):

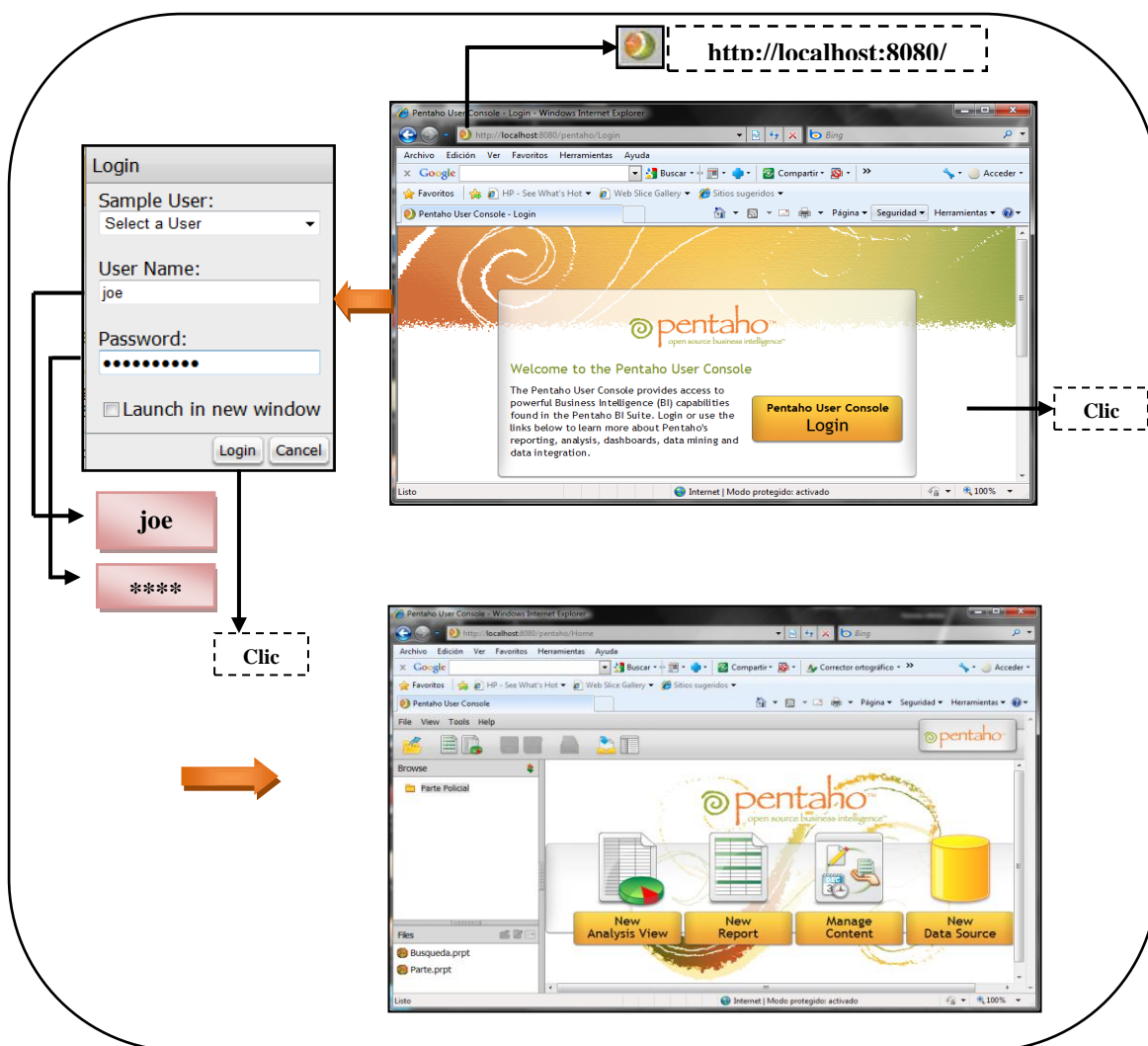


Figura. 4.55. Reporte Final del P.P. (Pentaho User Console)

Fuente: Elaboración propia

4.9. TIPOS DE USUARIO Y FUNCIONES PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PARTE POLICIAL

Una vez establecida toda la automatización del P.P., fue preciso determinar los tipos de usuario que van a administrar todo el sistema; en el esquema de la Figura. 4.56., se indican las funciones que cada usuario debe cumplir en las distintas etapas de la automatización.

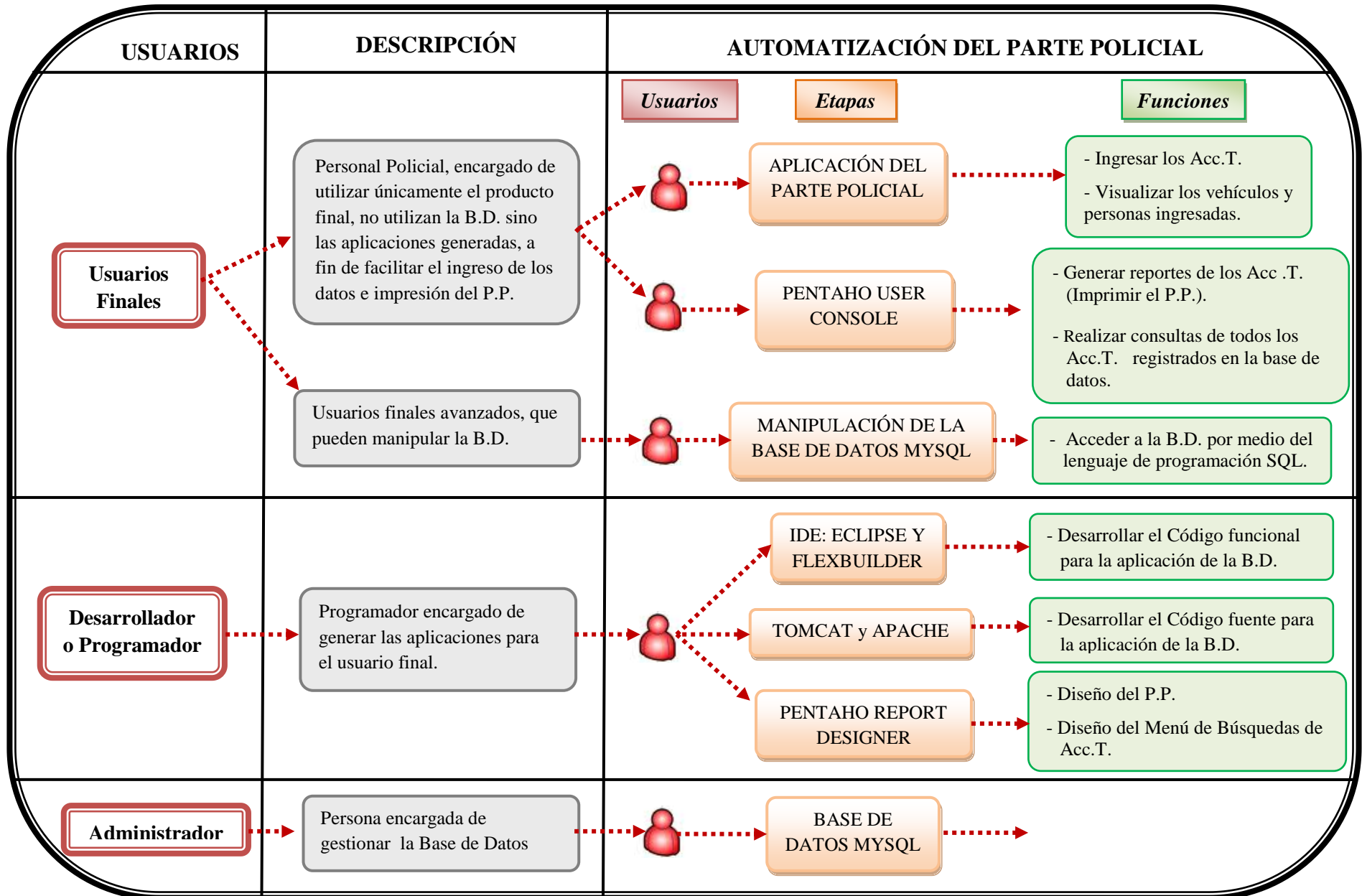


Figura. 4.56. Tipos de Usuario y Funciones para la Automatización del Parte Policial. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DESARROLLO, ANÁLISIS Y MODELAMIENTO ESPACIAL

5.1. INTRODUCCIÓN

Conjuntamente con la automatización del P.P., la S.J.C.R se vio en la necesidad de contar con una base gráfica, donde se encuentren espacializados los Acc.T. y se puedan determinar zonas susceptibles a los mismos. En teoría, la reducción en el número de Acc.T. se puede lograr mediante el empleo de acciones en el campo de la seguridad vial en sitios en los cuales durante el período de estudio la frecuencia de accidentes así lo amerite; sin embargo, en la práctica, la situación es más compleja, considerando que no se trata de uno o varios factores que puedan ser analizados individualmente, y que son muchas las variables involucradas. Dada la complejidad del tema, un primer propósito en el presente estudio consistió en realizar un análisis espacial de los Acc.T. con el apoyo de un SIG, donde dentro del sinnúmero de funciones y operaciones que este ofrece, se pudo realizar el análisis y modelado espacial de los datos que permitieron determinar las zonas susceptibles a Acc.T.

Existen distintos factores que intervienen cuando un Acc.T. ocurre, en distintas investigaciones se han centrado en factores relacionados con el: vehículo, conductor y con la vía. El presente estudio está enfocado a determinar zonas susceptibles a Acc.T. en intersecciones y tramos de la vía, a partir de factores o variables relacionados con la vía y al entorno físico donde ocurrió el accidente. Las variables físicas analizadas fueron: el número de carriles, velocidad permitida, tipo de rodadura, estado de la vía, clase de vía, ocupación del suelo, tipo de intersección y la cantidad de intersecciones; éstas permitieron explicar sus relaciones con el fenómeno de la Accidentabilidad (frecuencia de Acc.T.) en intersecciones y tramos del Cantón.

Mediante técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) se pudo dar tratamiento a las variables y a sus correspondientes factores o componentes, posteriormente se logró obtener mediante técnicas de análisis espacial, cuantitativas y/o estadísticas, un modelo de estimación de Acc.T. para intersecciones y otro para tramos, en los cuales se pudo observar zonas con mayor y menor probabilidad de que ocurran Acc.T. en el Cantón.

El SIG desarrollado principalmente servirá como propuesta para la toma de decisiones en los sitios que demuestren ser susceptibles a Acc.T.; en base a esto, la entidad policial encargada, en este caso la S.J.C.R., establecerá planes o programas que tengan como objetivo, reducir la incidencia de este fenómeno en el Cantón Rumiñahui.

5.2. RECOPIACIÓN, ACTUALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Para realizar el estudio de zonas susceptibles a Acc.T. fue necesario recopilar información existente, generar aquella que falta, evaluar la información y corregirla; facilitando de esta forma la organización y actualización de la información en la zona de estudio.

5.2.1. Recopilación de Insumos Cartográficos

❖ Mapa Base del Cantón Rumiñahui

El Mapa Base correspondiente al Cantón Rumiñahui fue realizado por la Dirección de Avalúos y Catastros del Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui (I.M.C.R.), este se encontraba en formato dwg y sus especificaciones técnicas fueron las siguientes:

- Sistema de Referencia: WGS 84
- Proyección: TM (Cantón Rumiñahui)
- Escala: 1:1000.
- Meridiano Central: 78.5°
- Falso Este: 778.275
- Falso Norte: 10'000.000
- Factor de escala: 1.00045840

❖ Ejes Viales

Un insumo cartográfico importante fueron los ejes viales (escala 1:10000) del Cantón Rumiñahui realizado por el Ing. Hurtado Jorge en el año 2008 en el proyecto de tesis de grado: “*Modelización de flujos viales y cálculo de índices de accesibilidad en la zona de Sangolquí y San Rafael y su aplicación a modelos para simulación de evacuación*”.

Los Ejes Viales se encontraban en formato shapefile (shp) y contaban con las mismas especificaciones técnicas del mapa base del Cantón Rumiñahui.

❖ Otros Insumos Cartográficos del Cantón Rumiñahui

Además de la cartografía base del Cantón Rumiñahui se recolectó la siguiente información cartográfica, elaborada de igual manera por el I.M.C.R. en formato dwg y con las mismas especificaciones técnicas mencionadas anteriormente, la cual sirvió para el desarrollo del análisis de las zonas susceptibles a Acc.T. principalmente para el estudio de variables. Los insumos cartográficos recolectados fueron los siguientes:

- Plan de Ocupación del Suelo (POS) esc. 1:1000, elaborado para el periodo 2007 - 2012.
- Tipo de Rodadura esc. 1:1000, de los años: 2008 y 2009
- Vías del Cantón Rumiñahui (Clase de vía) esc. 1:1000, de los años 2008.
- Nuevos carriles de la Av. General Rumiñahui, Farina, Megamaxi esc. 1:1000, del año 2008.

5.2.2. Actualización de Información Cartográfica

Con la información anteriormente adquirida se realizó una evaluación y se determinó los lugares que eran necesarios actualizar y generar nueva información cartográfica, este fue el caso de la Av. Gral. Rumiñahui, la cual, por tratarse de la vía principal de acceso al Cantón

por la parte norte, fue necesario realizar una actualización y modificación de ciertos tramos de la vía, ésta última se la realizó mediante un levantamiento topográfico.

De igual manera se digitalizó ciertos tramos del Boulevard Santa Clara que no estaban actualizados.

Los tramos actualizados y modificados fueron:

- ✓ *Tramo desde el Puente Colegio Giovanni Farina hasta la calle Isla Baltra, donde a fin de mejorar el tránsito vehicular, el I.M.C.R. eliminó los parterres para la edificación de un nuevo carril (Foto. 5.1.). En la cartografía se eliminaron los parterres mencionados.*



Foto. 5.1. Nuevo Carril tramo Colegio Giovanni Farina - Calle Isla Baltra

- ✓ *Tramo desde la Av. Ilaló (sector “El Triángulo”) hasta la octava transversal (altura Pollo Gus), en este tramo de igual manera, el I.M.C.R. eliminó los parterres para la construcción de un nuevo carril (Foto. 5.2.), el cual actualmente sirve como contraflujo en las horas de mayor congestión. De igual manera en la cartografía se eliminaron los parterres mencionados.*



Foto. 5.2. Nuevo Carril tramo “El Triángulo” - Octava transversal (“Pollo Gus”)

- ✓ *Boulevard Santa Clara* (Figura. 5.1.), ciertos tramos que no estaban actualizados se digitalizaron utilizando las imágenes satelitales QuickBird previamente georeferenciadas del año 2007 proporcionadas por la E.P.M.M.O.P. (Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas).
- ✓ Finalmente, se realizó una modificación y actualización de la cartografía, específicamente de la *ampliación de la Av. Gral. Rumiñahui que va desde El Centro Comercial San Luís hasta el redondel “El Colibrí*, mediante un levantamiento topográfico” (Figura. 5.1.).

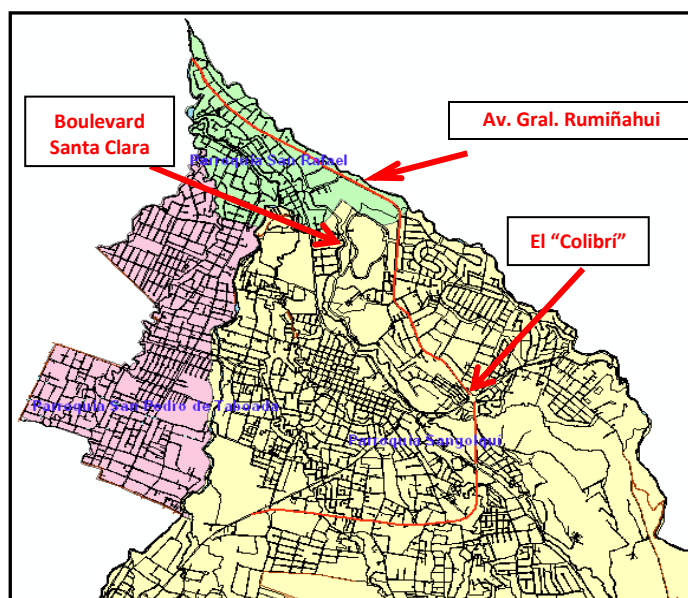


Figura. 5.1. Modificación de Información Cartográfica, Av. Gral. Rumiñahui y Boulevard Santa Clara. Fuentes: Mapa Base, Municipio del Cantón Rumiñahui. Ejes viales, Hurtado, J.

5.2.3. Corrección de la Información Cartográfica

La cartografía del Cantón Rumiñahui, presentó fallas como cualquier cartografía existente en una municipalidad, es decir, errores gráficos menores como son: la saturación de capas (layers), líneas duplicadas, sobrepuestas, colgantes, polígonos sin cerrar, basura, etc. Por lo tanto, antes de implementar la información cartográfica a un SIG, se realizó una corrección geométrica mediante la utilización de un cad (Microstation Geographics V8) de los siguientes elementos gráficos:

- ✓ *Manzanas*, se realizó la corrección geométrica (cierre de polígonos) de un total de **1558 manzanas** del Cantón Rumiñahui. Cabe recalcar que fue importante estructurar las manzanas ya que fueron la base cartográfica que indicaron los límites de las vías y éstas posteriormente, fueron la unidad de análisis de estudio representadas por los ejes viales.
- ✓ *Ríos dobles, ríos simples*.
- ✓ *Ejes Viales*, se corrigieron y se digitalizaron ciertos ejes viales que faltaban en el cantón Rumiñahui, las correcciones fueron realizadas para los ejes viales del año 2009; para esto se utilizó las imágenes Quickbird y el levantamiento de información realizado en campo de todo el Cantón Rumiñahui, que más adelante se explicará.

También cabe indicar que no se utilizaron los Ejes Viales que correspondían a calles menores a 3 metros de ancho, ya que se consideró este ancho como mínimo para la circulación de vehículos.

- ✓ Además se realizó la *corrección de la Información que contenía* la cartografía base, es decir, se corrigieron nombres de: instituciones educativas, edificaciones principales, urbanizaciones y parques; esto se realizó con la finalidad de que sirva como referencia al momento de ocurrir un Acc.T.

5.3. CONVERSIÓN DE FORMATOS

Una vez que la información cartográfica fue recopilada, generada y corregida, fue convertida en su totalidad a formato shp (shapefile), ya que esta información como se

mencionó anteriormente se encontraba en distintos formatos, como archivos cad (dwg) y shapefile (shp).

Para realizar el proceso de conversión a formato shp, se utilizó la herramienta “Export to shapefile”, mediante ArcCatalog.

5.4. ESPACIALIZACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Con la información base adquirida anteriormente e introducida en el SIG se procedió a espacializar los Acc.T., esto permitió conocer la realidad del fenómeno a estudiar y fue de gran utilidad para el desarrollo del análisis y modelamiento espacial.

Se espacializaron los Acc.T. registrados tanto en los P.P. de la S.J.C.R. como en la B.D. realizada en este proyecto denominada “*Gispol*”, de los años 2005 al 2009. Los Acc.T. fueron espacializados sobre los ejes viales del Cantón Rumiñahui.

A continuación se indica el total de Acc.T. registrados en la B.D. (*Gispol*), y el total de Acc.T. espacializados en el SIG (Tabla. 5.1.).

Tabla. 5.1. Accidentes de Tránsito Registrados y Espacializados de los años 2005 – 2009 en el Cantón Rumiñahui. Fuente. Elaboración Propia.

ACCIDENTES	ACC_REGISTRADOS	ACC_ESPACIALIZADOS
2005	29	26
2006	16	12
2007	102	88
2008	145	128
2009	155	141
TOTAL	447	395
%	100	88,4

A continuación se indica el total de Acc.T. registrados en la B.D. (Gispol), y el total de Acc.T. espacializados en el SIG (Tabla. 5.1.) y (Figura. 5.2.):

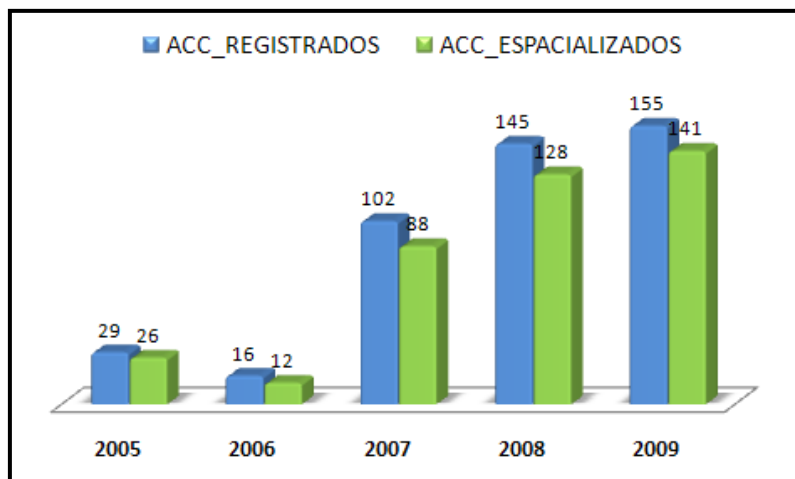


Figura. 5.2. Accidentes de Tránsito Registrados y Espacializados de los años 2005 - 2009.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla. 5.1. se registraron un total de **447 Acc.T.** ocurridos en el Cantón Rumiñahui en los años mencionados; de este total de accidentes se pudieron espacializar en el SIG un total de **395 Acc.T.**, es decir el 88,4% del total de accidentes registrados. En la Figura. 5.2. de igual manera se puede observar los Acc.T registrados y los espacializados, notando la diferencia entre ambos, posteriormente se explican las limitantes por las cuales no se pudieron espacializar en su totalidad.

Los Acc.T. espacializados de cada año se pueden observar en las siguientes figuras (Figura. 5.3., 5.4., 5.5., 5.6., 5.7.):

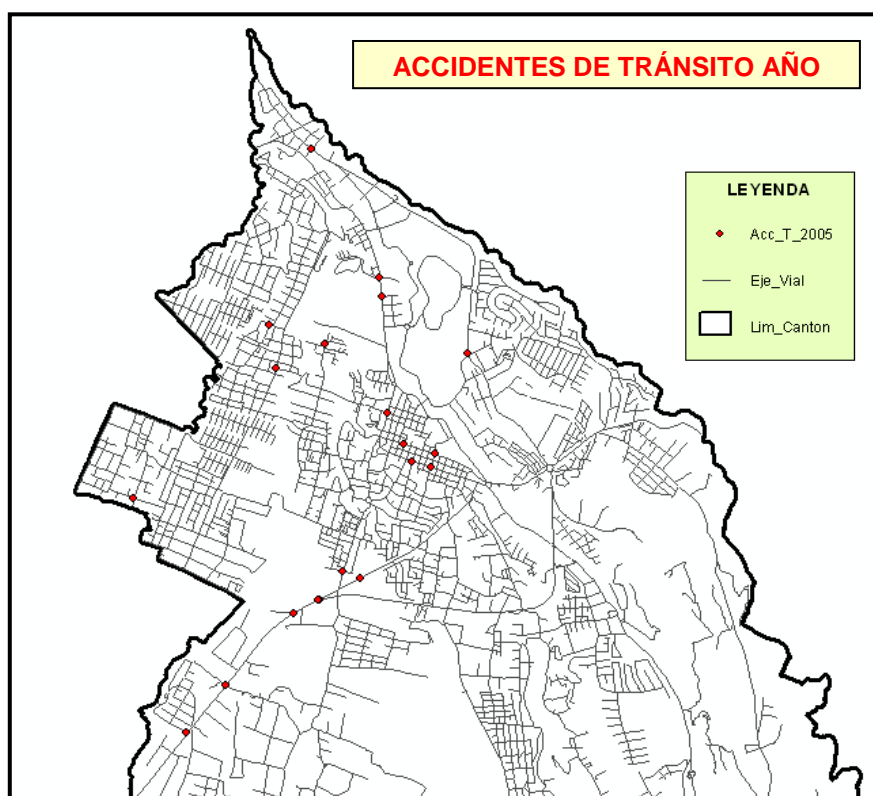


Figura. 5.3. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2005. Fuente: Elaboración propia.

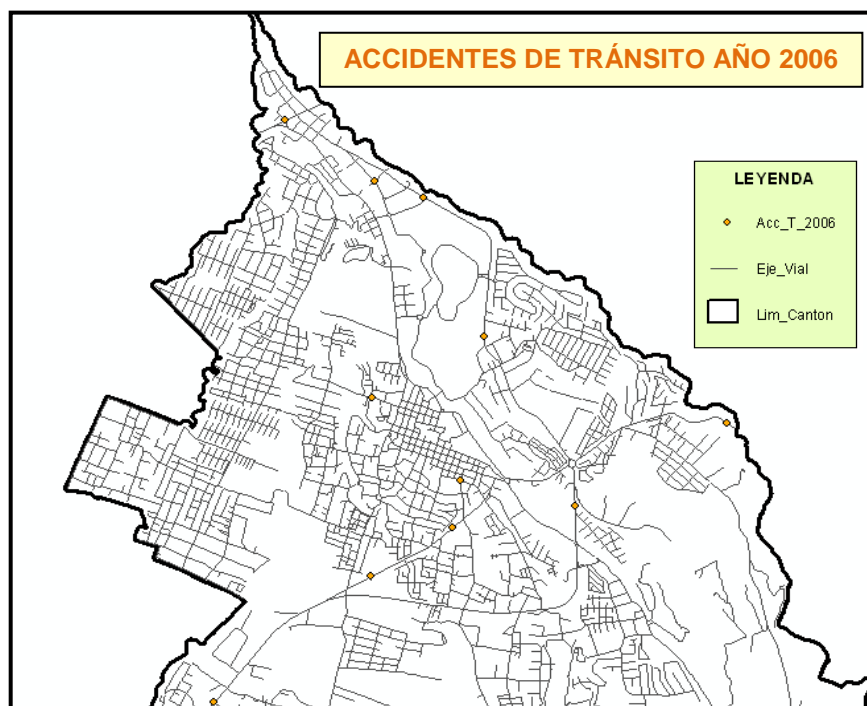


Figura. 5.4. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2006. Fuente: Elaboración propia.

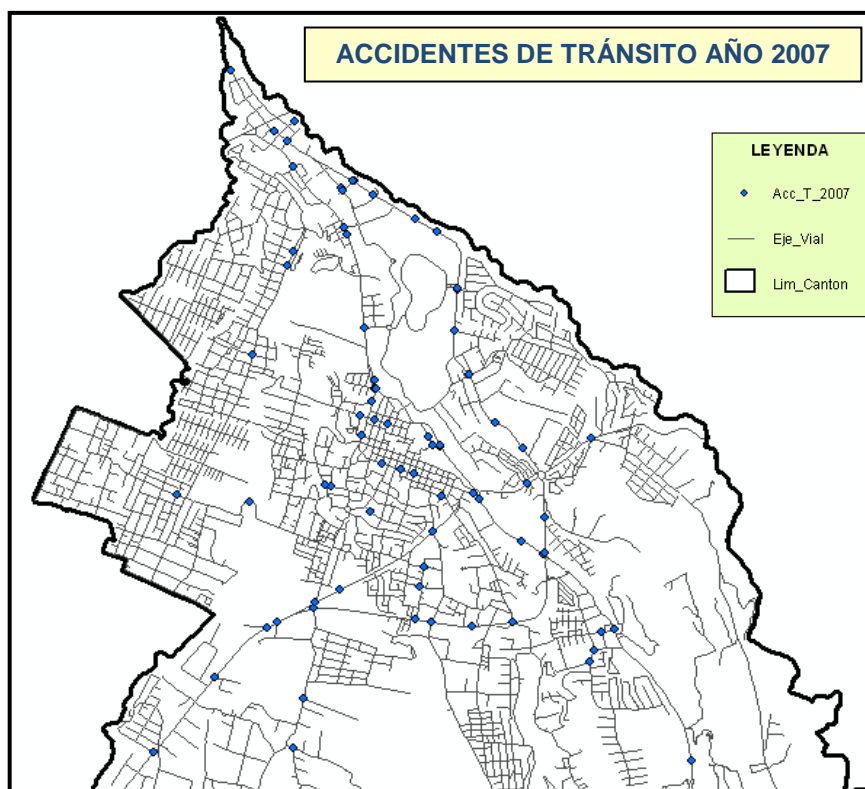


Figura. 5.5. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2007. Fuente: Elaboración propia.

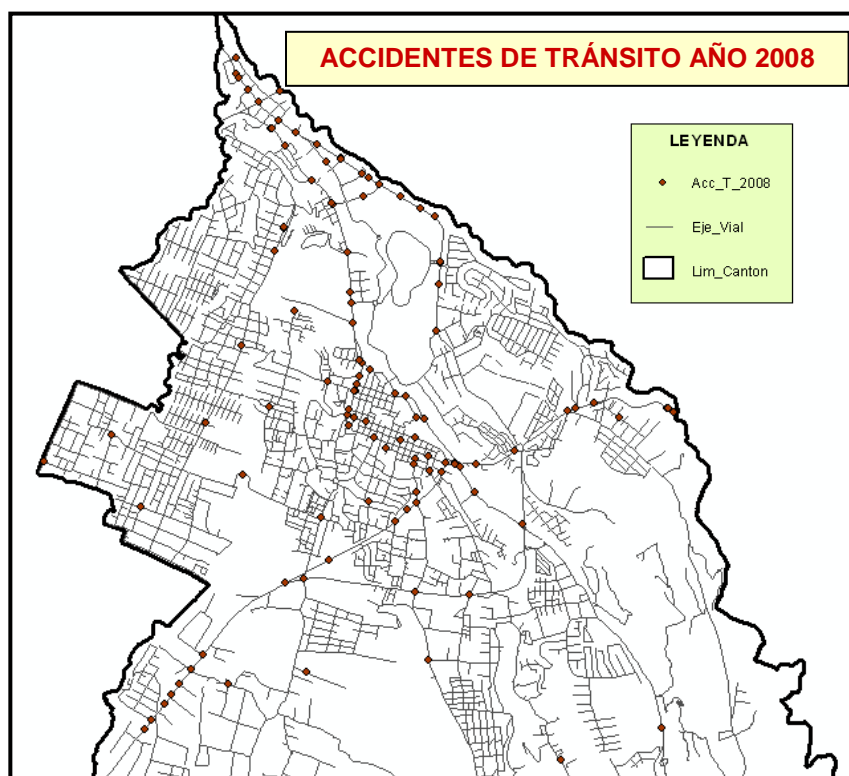


Figura. 5.6. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2008. Fuente: Elaboración propia.

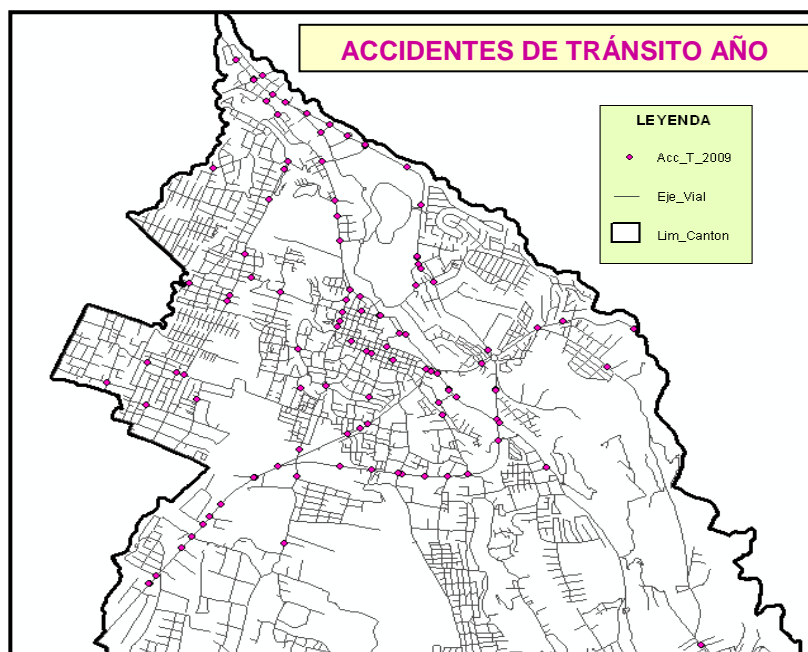


Figura. 5.7. Accidentes de Tránsito Espacializados año 2009. Fuente: Elaboración propia.

5.4.1. Criterios adoptados en la Espacialización de los Accidentes de Tránsito

Hay que tomar en cuenta que la ubicación de los Acc.T. sólo representan una aproximación del lugar de donde originalmente debió haber ocurrido el accidente, es decir, no se puede saber con exactitud el sitio del Acc.T., ya que por ejemplo, en un choque los automóviles involucrados, al momento de que la policía acude al lugar de los hechos, estos ya se abrían movido del lugar original.

En cuanto a los criterios adoptados en el proceso de espacialización de los Acc.T. éstos fueron los siguientes:

- Se espacializaron los Acc.T. sobre los ejes viales a la escala determinada para el proyecto, es decir a esc. 1:10000; esta fue establecida, debido que los resultados que se pretenden obtener son la accidentabilidad en los ejes viales. Para dicha escala, se obtuvo una resolución espacial de 3 metros, la cual estuvo dentro de los fines de análisis, por ejemplo, una calle de un solo carril en el Cantón tiene aproximadamente 3.5 metros de ancho, y a esa escala resultaría suficiente el análisis y modelamiento de Acc.T.

Para el análisis de Acc.T. se utilizó un factor de resolución de 0.3 milímetros (determinado por el IPGH “Instituto Panamericano de Geografía e Historia”).

$$\text{Resolución espacial} = \text{Factor de escala} * \text{Factor de resolución}$$

$$\text{Resolución espacial} = (10000) * (0.0003) = 3 \text{ metros.}$$

Nota.- esto se podrá observar de manera más clara en el *análisis y tratamiento de variables en el SIG*, específicamente en la conversión de *Vector a Raster de las variables*, previo al desarrollo del modelamiento espacial.

- Para poder espacializar los Acc.T. se tomó en cuenta la dirección, sitio de referencia, croquis, versiones de los conductores, víctimas, testigos y/o del agente policial.

5.4.2. Limitantes en la Espacialización de los Accidentes de Tránsito

Las limitantes por las cuales no se lograron espacializar en su totalidad los Acc.T. registrados en cada año, nacen desde su propia fuente (los P.P. de Acc.T. de la S.J.C.R.) y se detallan a continuación:

- Acc.T. no especificaban su ubicación.
- Acc.T. no pertenecían al Cantón Rumiñahui.
- Acc.T. habían ocurrido en parqueaderos.

❖ Acc.T. no especificaban su ubicación

Una de las limitaciones más notorias en la espacialización de los Acc.T. se encontró en la ubicación de los mismos, debido a que las referencias de los sitios resultaron ser muy generales o vagas, como por ejemplo, se indicaba únicamente el nombre de una calle donde ocurrió el Acc.T., las calles proporcionadas resultaban ser paralelas y nunca se cruzaban o tomaban referencias de establecimientos con denominaciones locales difíciles de entender.

❖ **Acc.T. no pertenecían al Cantón Rumiñahui**

Otra limitación fue que existieron P.P. con Acc.T. registrados en lugares que no pertenecían al Cantón Rumiñahui y se ubicaban en otro Cantón como por ejemplo: Mejía o Quito.

❖ **Acc.T. habían ocurrido en parqueaderos**

Se decidió no espacializar los Acc.T. ocurridos en los parqueaderos, ya que por lo general se trata de accidentes que son muy leves, es decir son de tipo: rozamiento, y uno de los vehículos suele encontrarse estacionado, de igual manera no se los consideró como importantes para el análisis, debido a que en los parqueaderos no existe un flujo vehicular considerable como en las vías.

5.5. INTEGRACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO ESPACIALIZADOS CON LA BASE DE DATOS (GISPOL)

Para poder integrar los Acc.T. espacializados con la B.D. “Gispol” realizada en MySQL, fue necesario realizar el siguiente proceso:

- ☑ Se añadió un campo el cual correspondía al identificador del accidente denominado: “*ACC_ID*” (tipo de dato: Long Integer) en cada cobertura de Acc.T. (esto se realizó para cada año). Este campo debía tener el mismo nombre y ser del mismo tipo de dato que el que constaba en la B.D. “Gispol”.
- ☑ En ArcCatalog y a través de Database Connections se conectó las tablas de la B.D. “Gispol” de MySQL con ArcGis, esto se lo realizó por medio de un ODBC (Object Database Connection) driver para MySQL 5.0.
- ☑ Una vez conectadas las tablas en ArcGis, se relacionó el *ACC_ID* de las mismas con el *ACC_ID* de los Acc.T. del SIG, esto se lo realizó utilizando la herramienta: join attributes from a table de ArcGis.

- ☑ Se relacionó únicamente la tabla “ACCIDENTE” de la B.D. con los Acc.T. espacializados, debido que era una de las tablas principales con la información más relevante del Accidente y básicamente servía para el análisis de datos estadísticos.

Para un mejor entendimiento de la integración de la B.D. “Gispol” con el SIG, se generó el siguiente esquema general (Figura. 5.8.).

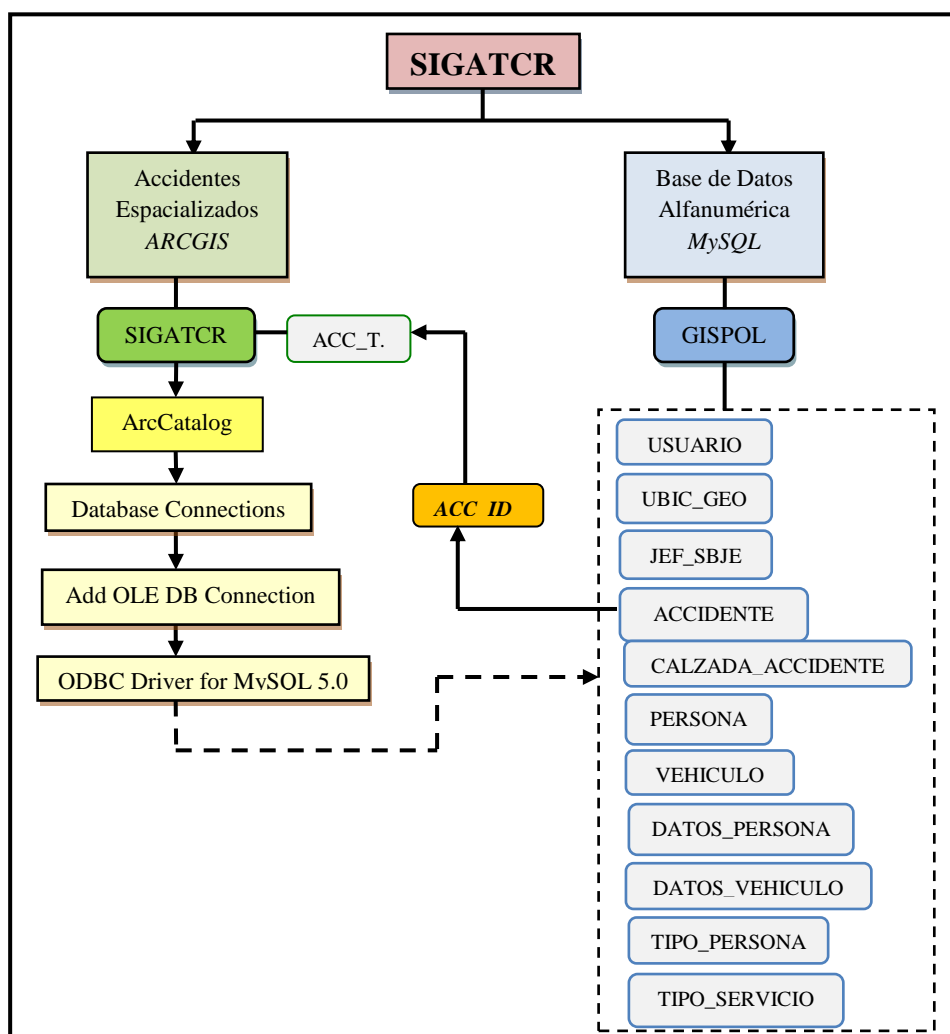


Figura. 5.8. Esquema general de la integración del SIG de Acc.T. “SIGATCR” con la Base de Datos “GISPOL”. Fuente: Elaboración propia.

Nota.- El contenido de la tabla “ACCIDENTE” y la descripción del campo “ACC_ID” se lo puede observar en el Anexo 2. *Diccionario de Datos*.

5.5.1. Estadísticas Generales de los Accidentes de Tránsito Espacializados del año 2009

Una vez espacializados los Acc.T. se obtuvieron estadísticas en general para poder observar el comportamiento y distribución espacial del fenómeno en estudio en el Cantón Rumiñahui.

A continuación se presentan las distintas estadísticas obtenidas para el año 2009:

❖ Accidentes de Tránsito a nivel Parroquial año 2009

De los 141 Acc.T. espacializados del año 2009, se obtuvo que el 100% de los Acc.T. se concentran en el área urbana, es decir en las parroquias de Sangolquí, San Rafael y San Pedro de Taboada; siendo Sangolquí la parroquia con mas alta accidentabilidad en el Cantón, y las parroquias rurales como Cotogchoa y Rumipamba con cero accidentabilidad (ver Figura. 5.9.).

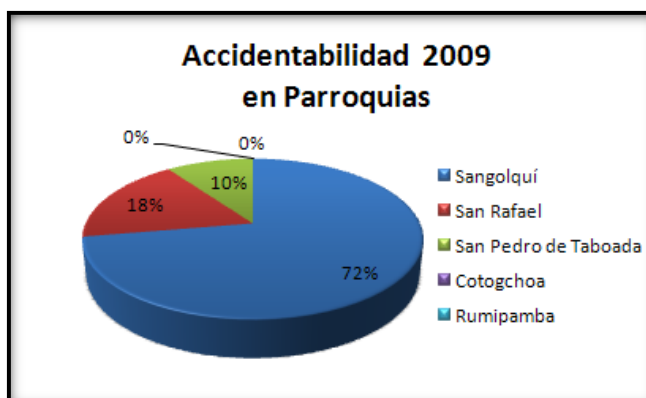


Figura. 5.9. Accidentabilidad en las Parroquias del Cantón Rumiñahui año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

La Accidentabilidad (Núm. Acc.T. /año) en las parroquias puede también observarse en el Anexo 6. “Mapa de de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009”, Mapa Nro. 1.

❖ Tipos de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009

De los 141 Acc.T. espacializados del año 2009, se obtuvo que los tres tipos de Acc.T. que predominan en el Cantón son: los Choques con el 46%, Atropellos con

el 20% y los Estrellamientos con el 17% esto se puede observar en la Figura. 5.10. y Tabla. 5.2.

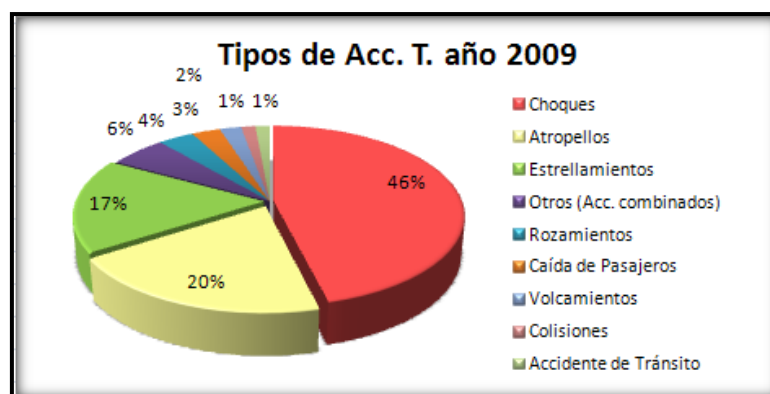


Figura. 5.10. Tipos de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.2. Tipos de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

Orden	TIPOS ACC	TOTAL ACC AÑO	Porcentaje
1	Choques	65	46%
2	Atropellos	28	20%
3	Estrellamientos	24	17%
4	Otros (Acc. combinados)	8	6%
5	Rozamientos	5	4%
6	Caída de Pasajeros	4	3%
7	Volcamientos	3	2%
8	Colisiones	2	1%
9	Accidente de Tránsito	2	1%
TOTAL AÑO		141	100%

Nota.- El tipo de accidente “*Otros*”, se refiere a tipos de Acc.T. combinados, por ejemplo pudo haber ocurrido un Choque seguido de un Volcamiento. “*Accidente de tránsito*” se refiere cuando se desconoce el Tipo de Accidente ocurrido.

❖ Causas de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009

Las causas de los Acc.T. en el Cantón fueron únicamente basales, es decir, se les determinó en función de las observaciones que constaban en los P.P. En base a esto se obtuvo que el 50% de los Acc.T. se debe a causas aún desconocidas, el 21% a causa de la Impericia/Imprudencia del Conductor, el 11% se debe al estado

de embriaguez del Conductor y el resto corresponde a otras causas. Esto se puede observar en la Figura. 5.11. y en la Tabla. 5.3.

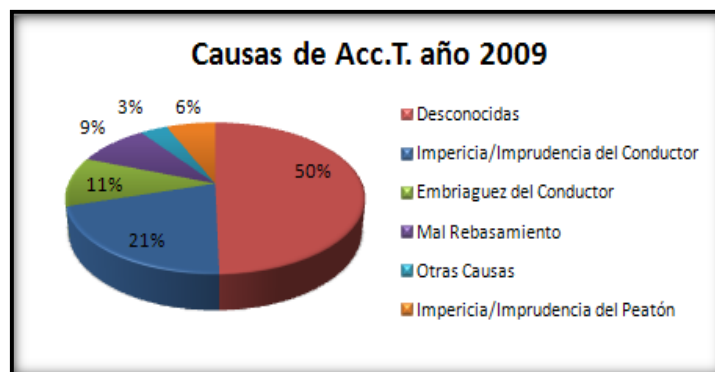


Figura. 5.11. Causas de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.3. Causas de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

Orden	CAUSAS_ACC	TOTAL_ACC_AÑO	Porcentaje
1	Desconocidas	70	50%
2	Impericia/Imprudencia del Conductor	29	21%
3	Embriaguez del Conductor	15	11%
4	Mal Rebasamiento	13	9%
5	Otras Causas	5	4%
6	Impericia/Imprudencia del Peatón	9	6%
TOTAL_AÑO		141	100%

Nota.- "*Otras Causas*" se refiere a: No respetar señales de tránsito, caso fortuito, factores climáticos.

❖ **Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009**

Según los datos registrados, no se determinó una tendencia de los días de mayor ocurrencia de Acc.T. Sin embargo a pesar de la calidad de la información, se obtuvieron los siguientes resultados, que podrían servir como una idea de lo que sucede en el Cantón Rumiñahui (Figura. 5.12.) y (Tabla. 5.4.).

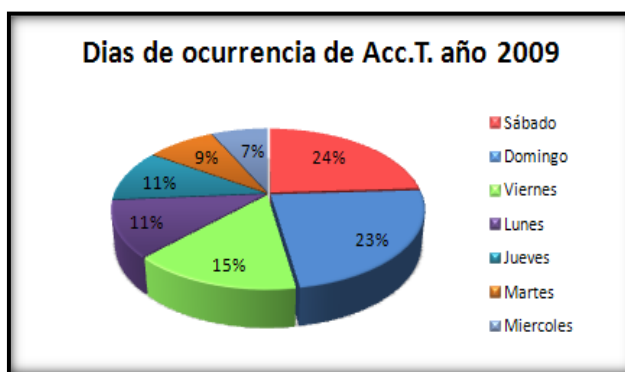


Figura. 5.12. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009. Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.4. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009. Fuente: Elaboración propia.

Orden	DIAS_ACC	TOTAL_ACC_AÑO	Porcentaje
1	Sábado	34	24%
2	Domingo	33	23%
3	Viernes	21	15%
4	Lunes	16	11%
5	Jueves	15	11%
6	Martes	12	9%
7	Miércoles	10	7%
TOTAL_AÑO		141	100%

Según los resultados obtenidos estos indican que los días Sábados y Domingos son los días que ocurren la mayoría de Acc.T. en el Cantón, esto podría deberse a que los fines de semana existe mayor tránsito vehicular, ya que la gente especialmente de Quito acude al Valle de los Chillos por el turismo principalmente.

❖ **Horas de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009**

De igual manera por falta de información no se pudo obtener resultados concisos de las horas que ocurren mas Acc.T. Sin embargo, en base a la información recopilada se obtuvo que los Acc.T. están ocurriendo levemente en el horario de la mañana: de 9am a 12pm y en horarios de la tarde y noche: 1:30pm a 4pm y de 6:30 pm a 8pm (Figura. 5.13.) y (Tabla. 5.5.).

Estos intervalos de hora fueron realizados en función de los tres momentos críticos que presenta el tráfico diario en el Cantón Rumiñahui, uno en la mañana de 7:00am a 9:00am, otro al medio día de 12:00pm a 1:30pm, y un último en la noche de 6:30pm a 8:00pm (Hurtado, J., 2008).

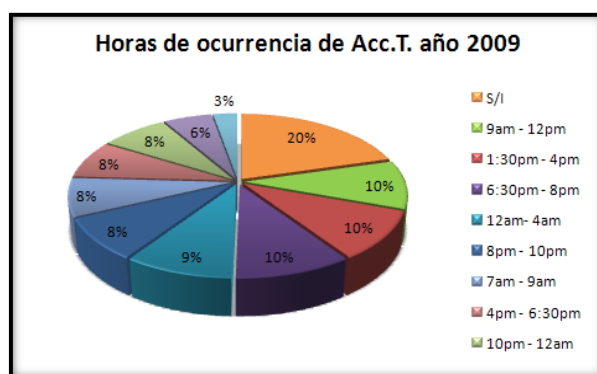


Figura. 5.13. Horas de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009. Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.5. Horas de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui año 2009. Fuente: Elaboración propia.

Orden	HORAS_ACC	TOTAL_ACC_AÑO	Porcentaje
1	S/I	29	20%
2	9am - 12pm	14	10%
3	1:30pm - 4pm	14	10%
4	6:30pm - 8pm	14	10%
5	12am - 4am	13	9%
6	8pm - 10pm	12	8%
7	7am - 9am	11	8%
8	4pm - 6:30pm	11	8%
9	10pm - 12am	11	8%
10	4am - 7am	8	6%
11	12pm - 1:30pm	4	3%
TOTAL_AÑO		141	100%

5.6. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

En base a la información que se obtuvo (insumos cartográficos) y la que se generó (Espacialización de los Acc.T.), se realizó un análisis de las variables que podrían intervenir en la determinación de zonas susceptibles a Acc.T.

Para poder determinar estas variables y las relaciones que tienen éstas con el fenómeno de Acc.T., se consideró lo siguiente:

- ✓ Proyectos e investigaciones previas al respecto.
- ✓ Criterios técnicos.
- ✓ Zona de estudio.
- ✓ Disponibilidad de información.
- ✓ Análisis de acontecimientos previos en el área de estudio (estadísticas de Acc.T.).

De igual manera para poder determinar las variables en estudio, fue necesario tomar en cuenta la naturaleza de las mismas, es decir, considerar las siguientes características que como variables deben presentar:

- Deben comportarse como “variables”, es decir estas deben cambiar de estado.
- Deben ser medibles.
- Deben relacionarse con el fenómeno de estudio.
- Deben tener una funcionalidad operativa, es decir a las variables se las debe observar desde una perspectiva operacional.



5.6.1. Información y datos de las Variables

Analizando los criterios anteriores y la influencia que cada variable podría tener con el fenómeno de Acc.T., se determinaron las siguientes variables en estudio. El desarrollo de las variables en el SIG se podrá observar en el apartado 5.8. *Análisis de las Variables Independientes, Modelo_Cartográfico_2: Variables Independientes para el Análisis de Zonas Susceptibles a Accidentes de Tránsito* (Figura. 5.22.).

La Tabla. 5.6. indica las variables analizadas que se utilizó para realizar el análisis y modelamiento espacial.

Tabla. 5.6. Variables en estudio para el análisis y modelamiento espacial.

Fuente: Elaboración propia.

No.	VARIABLE EN ESTUDIO	INFORMACIÓN GENERADA EN COBERTURA "EJE VIAL" 	INFORMACIÓN GENERADA/OBTENIDA EN COBERTURA POLÍGONO 
1	Número de Carriles	✓	
2	Velocidad	✓	
3	Tipo de Rodadura	✓	
4	Estado de la Vía	✓	
5	Clase de Vía	✓	
6	Tipo de Intersección		✓
7	Cantidad de Intersecciones		✓
8	Ocupación del Suelo		✓

Todas las variables exceptuando *Tipo de Intersección*, *Cantidad de Intersecciones* y *Ocupación del Suelo* fueron incorporadas en la cobertura "Eje_Vial" que corresponde al año 2009 (año sobre el cual se va a generar el modelamiento espacial de Acc.T.); esto se puede observar más adelante en el apartado 5.8. *Análisis de variables independientes*.

Cabe recalcar que los *Ejes Viales* en su cobertura original estuvieron digitalizados de acuerdo a la forma de circulación, es decir donde existía una intersección se encontraba un nodo (que es donde se intersecan dos ejes o más), adicionalmente a esto, a ciertos ejes viales se les modificó de acuerdo a su variable, es decir, fueron digitalizados de acuerdo al cambio de estado que estos presentaban.

De las variables en estudio: *el Tipo de Rodadura*, *Clase de Vía* y *Ocupación del Suelo*, fueron obtenidas como se mencionó en el inicio de este capítulo, de los insumos cartográficos proporcionados por el I.M.C.R.

Las variables: *Número de Carriles*, *Estado de la Vía* y también *Tipo de Rodadura* fueron levantadas con información en campo en todo el Cantón Rumiñahui en el año 2009.

La variable *Velocidad* fue obtenida de la cobertura de Ejes Viales del proyecto de Tesis del Ing. Hurtado, J.

Las variables: *Tipo de Intersección y Cantidad de Intersecciones* fueron generadas en el desarrollo de este proyecto, esto se podrá observar más adelante.

5.6.2. Relaciones de las variables con el fenómeno de Accidentes de Tránsito

Las variables determinadas para el análisis de zonas susceptibles a Acc.T., permitieron determinar la relación que cada una de ellas tiene con el fenómeno en estudio, esto se explica a continuación:

❖ Número de Carriles

Esta variable indica el número de carriles existentes en las vías del C.R., se analizó este factor porque podría presentarse el caso, que mientras mayor sea el número de carriles en una vía, esta podría convertirse en una situación crítica para los vehículos, ya que existiría mayor flujo vehicular y mayor congestión, los cuales podrían influir en la ocurrencia de Acc.T.

El número de carriles obtenidos en las vías del C.R. para el año 2009 se indica en la siguiente Tabla. 5.7.

Tabla. 5.7. Número de Carriles existentes en las vías del C.R. año 2009.

Fuente: Elaboración propia

No.	NÚMERO DE CARRILES (AÑO 2009)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

Estas variables a más de ser obtenidas en campo fueron comprobadas con la “*Propuesta operativa de Ordenamiento territorial del C.R., Vialidad, Tránsito y Transporte*” proporcionada por el I.M.C.R. en el año 2009.

❖ **Velocidad**

Esta variable indica la velocidad permitida en las vías, esta originalmente puede depender de dos factores: del Tipo de rodadura o de la Clase de vía; pero en vista de que en dichos factores, la velocidad permitida tenía una clasificación muy general,, se consideró la “velocidad permitida” según la clasificación de la vía, es decir si es:

- Avenida,
- Calle,
- Pasaje,
- Puente,
- Redondel y/o
- Isleta.

Se analizó este criterio ya que podría influir en la ocurrencia de Acc.T., debido a que una de las causas primordiales por las cuales existe un elevado índice de accidentabilidad, es por el exceso de velocidad, por lo tanto, cuanto más velocidad lleva un automóvil, más difícil es controlarlo en caso de una emergencia.

Por motivos de que no se cuenta con información real de la velocidad a la que el vehículo circulaba en el momento del Acc.T., se decidió tomar como variable, para el análisis y modelamiento, la velocidad permitida en las vías del C.R.ver Tabla. 5.8.

Tabla. 5.8. Velocidad permitida en las vías de todo tipo (Av., Calle, Pasaje, Puente, Redondel e Isleta) del C.R.

No.	VELOCIDAD PERMITIDA (KM/H)
1	5
2	25
3	30
4	35
5	40
6	50
7	55
8	60
9	70
10	80

Esta velocidad fue obtenida del Proyecto de Grado del Ing. Hurtado, J.; de donde se tomó la Velocidad a flujo libre tanto para calles como para avenidas de todo tipo.

La velocidad libre en el proyecto mencionado fue obtenida según los valores de diseño geométrico de las vías presentes en la Tabla de Especificaciones Técnicas del MOP (T.E.T.M.).

“Como no se conoce las especificaciones técnicas de diseño con que fueron construidas las vías, solo se tomaron los valores de velocidad de la T.E.T.M que corresponden a la sección “ABSOLUTO”, debido a que no se quiso sobrevalorar la velocidad en ningún momento” (Hurtado, J., 2008).

El procedimiento para asignar la velocidad libre en dicha tesis, fue que primero homogenizó todo el área de estudio (C.R. y parte del Cantón Quito) en zonas de condiciones viales homogéneas, estas fueron homogenizadas de acuerdo al tipo de pavimento y a las condiciones de pavimento de cada vía. Posteriormente para asignar la velocidad libre asumió las peores condiciones de diseño, es decir valores de la categoría ABSOLUTO de la T.E.T.M. Si se desea conocer más información sobre la metodología empleada para la obtención de la velocidad libre se puede consultar el proyecto de grado mencionado.

Nota: Se recomienda para futuros estudios analizar la velocidad a la que el automóvil circulaba en el momento del Acc.T., la cual reflejaría mas la realidad del fenómeno en estudio.

❖ Tipo de rodadura

Esta variable indica el tipo de rodadura presente en las vías, varía según el material por el cual están elaboradas las mismas, y proporcionan la superficie de rodamiento. El tipo de rodadura podría considerarse como una condicionante de la accidentabilidad, aunque existen varios índices que expresan la ocurrencia de Acc.T. en función del tipo de rodadura como: el coeficiente de fricción o de rozamiento, el estado del tipo de rodadura, etc., se consideró el tipo de material de la vía como el adecuado, por la disponibilidad de información; así, una vía de Asfalto podría influir a que ocurran Acc.T., ya que los vehículos que circulan sobre este tipo de rodadura, pueden llevar mayor velocidad que en una vía de Hierba o Gress. En la Tabla. 5.9. se puede observar el tipo de rodadura presente en las vías del Cantón.

Tabla. 5.9. Tipo de rodadura de las vías del C.R. año 2009.

Fuente: I.M.C.R.

No.	TIPO DE RODADURA
1	Asfalto
2	Adoquín
3	Empedrado
4	Afirmado
5	Lastre
6	Gress
7	Hierba
8	Camino de herradura

❖ Estado de la vía

Esta variable se refiere a la identificación visual del “estado de las vías”; este es un factor que influye en la ocurrencia de Acc.T., ya que se puede asumir que si una vía presenta mal estado esta tiende a ser más insegura para la circulación vehicular. Fue importante considerar esta variable dentro del estudio, ya que se la analizó bajo una perspectiva operacional, es decir, es necesario que entidades

como el Municipio del Cantón Rumiñahui y Policía Nacional intervengan en el mantenimiento y mejoramiento de las vías para disminuir la accidentabilidad. En la Tabla 5.10. se indica el estado de las vías según la D.N.C.T.S.V., donde determinan los tipos de estado de la vías según la presencia de fisuras y baches, ver Tabla. 5.10.:

Tabla. 5.10. Tipo de estado de las vías.

Fuente: Departamento de Ingeniería de tránsito (D.N.C.T.S.V.).

No.	TIPO DE ESTADO DE LAS VÍAS	DESCRIPCIÓN
1	Bueno	En 100mt. lineales no existen baches ni fisuras.
2	Regular	En 100mt. lineales existe un 30% de baches y fisuras.
3	Malo	En 100mt. lineales existe un 60% de baches y fisuras

❖ Clase de Vía

Esta variable fue analizada ya que según análisis obtenidos de acontecimientos previos en el área (estadísticas del C.R.) y según criterios técnicos de la Policía Nacional, la clase de vía es una variable que condiciona la ocurrencia de Acc.T., debido que suele ocurrir mayor cantidad de Acc.T. en vías Expresas o Arteriales que en vías Colectoras o Locales, esto por la razón de que las primeras pertenecen a la red vial fundamental y las segundas a la red vial secundaria respectivamente, estas características se explican en la Tabla. 5.11., la cual fue realizada según la Ordenanza de Circulación del Cantón Rumiñahui, Art.6. Jerarquización Vial.

Tabla. 5.11. Jerarquización Vial.

Fuente: Ordenanza de Circulación del Cantón Rumiñahui. Art.6.





No.	RED VIAL	CLASE DE VIA	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD PERMITIDA (KM/H) SEGÚN LA CLASE DE VÍA
1	Red Vial Fundamental	- Autopistas - Vías Expresas	Forman un circuito alrededor de la ciudad, son vías interurbanas que conectan cantones.	80 a 90
		- Vías Arteriales	Forman anillos viales y son las vías principales dentro de la ciudad.	60
2	Red Vial Secundaria	- Vías Colectoras	Se encuentran dentro los anillos viales de las vías arteriales.	40
3	Red Vial restante de la ciudad	- Vías Locales	Corresponden a las vías restantes de la ciudad.	30

❖ Tipo de Intersección

Este criterio indica los tipos de intersección existentes en el área de estudio, se consideró para el análisis ya que según estadísticas y criterios de la Policía Nacional, ocurren mayor cantidad de Acc.T. en intersecciones o redondeles que tienen mayor cantidad de ramales o vías. Los tipos de intersecciones existentes en el Cantón Rumiñahui se observan en la siguiente Tabla. 5.12.

Tabla. 5.12. Tipo de Intersecciones

Fuente: Elaboración Propia.

No.	TIPO DE INTERSECCIONES	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	Tipo "T" o Tipo "Y"	 	Contienen 3 ramales o ejes
2	Tipo Cruz		Contienen 4 ramales o ejes
3	Tipo Estrella		Contienen 5 ramales o ejes

❖ Cantidad de Intersecciones

Esta variable se consideró en el estudio ya que podría ocurrir que mientras mayor cantidad de intersecciones se aglomeran en un sitio, mayor sería la probabilidad de que ocurra un Acc.T., esto por motivo, de que influyen mayor cantidad de ejes viales y por ende mayor circulación vehicular.

❖ Ocupación del Suelo

Esta variable se estableció como condicionante de la accidentabilidad, debido que por ejemplo, una zona de tipo Industrial o de Vivienda, Comercio y Oficinas podría ocasionar que exista una mayor afluencia de vehículos y de peatones por las características de las zonas presentadas, provocando así, algún tipo de Acc.T. Los distintos tipos de suelo existentes en el Cantón se observan en la Tabla. 5.13.

Tabla. 5.13. Ocupación del Suelo en el Cantón Rumiñahui.

Fuente: I.M.C.R.

No.	OCUPACIÓN DEL SUELO
1	Vivienda
2	Vivienda Restringida
3	Parques Lineales
4	Industrial
5	No Definida
6	Vivienda, Comercio y Oficinas

5.7. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

La naturaleza de las observaciones es de gran importancia a la hora de elegir el método estadístico más apropiado para abordar un análisis. En este contexto, las variables constituyen la unidad básica de toda investigación.

La **variable dependiente** o *variable de respuesta* analizada para estudiar al fenómeno de la accidentabilidad, fue la **Frecuencia de Acc.T.**, esta fue determinada en lugar de otras medidas como la tasa de Acc.T., ya que la frecuencia de Acc.T. no considera la exposición al tráfico en su análisis, es decir, para establecer la frecuencia se requiere únicamente conocer el número de Acc.T. que ocurren en un determinado sitio (intersección y/o tramo) y en un determinado tiempo, por lo general debe ser en un año.

En este contexto, en el SIG se necesitó determinar el número de Acc.T. que ocurrieron al año en las intersecciones y en los tramos del Cantón Rumiñahui, para de esta manera obtener los modelos de susceptibilidad a Acc.T. que fueron:

- ✓ *Modelo de Susceptibilidad a Acc.T. en Intersecciones*
- ✓ *Modelo de Susceptibilidad a Acc.T. en Tramos.*

5.7.1. Frecuencia de Accidentes de Tránsito en Intersecciones y Tramos (año 2009)

La frecuencia de Acc.T. se registró en todas las intersecciones y tramos del Cantón Rumiñahui para el año 2009, obteniendo un total de **141 Acc.T.** a lo largo de todo el Cantón.

Para obtener la frecuencia de Acc.T. tanto en Tramos como en Intersecciones se desarrolló una metodología para cada una de ellas, que se describe a continuación:

❖ Frecuencia de Accidentes de Tránsito en Intersecciones (Frec_Inters_20m)

La frecuencia de Acc.T. al año (2009), se determinó en todas las intersecciones existentes en el Cantón Rumiñahui, se encontraron un total de **1928 intersecciones**, considerando que una intersección es la formada a partir de tres ramales o ejes viales; la metodología generada para determinar las intersecciones con sus respectivas frecuencias de Acc.T. se puede observar en el *Modelo_Cartográfico_1: Generación de la variable Dependiente (Frecuencia de Acc.T. en Intersecciones y Tramos)* (Figura. 5.14.).

La técnica generada consistió en contabilizar los puntos ubicados (Acc.T.) en un determinado lugar; de esta manera, se localizaron todas las intersecciones de la red vial del Cantón Rumiñahui con su respectiva frecuencia de eventos.

Debido a las dificultades que se encontró al espacializar los Acc.T. ocurridos en una intersección, ubicándolos exactamente en las mismas coordenadas, se decidió

ejecutar un buffer de 1m alrededor de todos los nodos generados de la red vial, se determinó esta distancia ya que representó una distancia: “menor que la mitad del segmento más corto de la red vial (eje más corto = 2.62m); todo esto fue realizado con la finalidad de poder determinar la Intersección, el Tipo de intersección y la frecuencia de Acc.T. El Contador de puntos medios “*Contador_Ptos_medios*” indica principalmente a través de un campo denominado contador “*Count*”, el número de ejes o ramales presentes en una intersección, por esta razón se exportó los valores de 3, 4 y 5, obteniendo así las *intersecciones* y el *Tipo de intersección* (ésta última se utilizó como variable para el presente estudio). Posteriormente se añadió un código de intersección útil para la identificación de cada intersección que posteriormente sirvió para la generación de la matriz de datos para el modelo espacial de Acc.T. en las intersecciones.

A las intersecciones identificadas en todo el Cantón “*Inters_1m*” se les añadió manualmente los Acc.T., esto con la finalidad de obtener la Frecuencia de Acc.T. en Intersecciones (*Frec_Inters_1m*) a través de un spatial join. Adicionalmente a esto se determinó para el análisis y modelamiento de los Acc.T. en intersecciones, una área de influencia o buffer de 20m, esto fue considerado de acuerdo a técnicos de la Policía Nacional como la distancia suficiente que puede intervenir o influir una intersección sobre la ocurrencia de Acc.T.; por lo tanto los Acc.T. que se encontraban próximos a las intersecciones fueron aproximados a la intersección más próxima de acuerdo a su dirección o sitio de referencia dado; mientras que el resto de Acc.T. se los dejó donde se encontraban (estos Acc.T. como se observa más adelante, serán utilizados para el modelo de tramos).

De esta manera se obtuvo la frecuencia de Acc.T. en cada intersección con un área de influencia de 20m “*Frec_Inters_20m_1*”. Cabe recalcar que la frecuencia se mantiene de la obtenida en “*Frec_Inters_1m*”, esto por motivos de que se decidió por análisis, no sumar las frecuencias obtenidas en intersecciones próximas o que se crucen, y mantener la frecuencia original encontrada inicialmente en cada una de las intersecciones del Cantón Rumiñahui.

Se encontraron un total de **1928 intersecciones** en todo el Cantón Rumiñahui, en las cuales se determinó la frecuencia de accidentes en todas ellas, dando como resultado una frecuencia mínima de: 0 Acc.T. y una máxima de: 7 Acc.T.

En base a esto, para poder analizar la accidentabilidad actual (año 2009) en el Cantón y para realizar un análisis de las intersecciones críticas, se seleccionaron las intersecciones donde ocurrió al menos un Acc.T., dando como resultado: **73 intersecciones** en el año 2009 (ver Tabla. 5.14.).

En las 73 intersecciones se encontró una frecuencia mínima de: 1Acc.T. y una frecuencia máxima de: 7 Acc.T. De igual manera se obtuvo un total de 104 Acc.T. en las intersecciones de todo el Cantón (Tabla. 5.14.).

Tabla. 5.14. Total de Accidentes de Tránsito en las Intersecciones del Cantón Rumiñahui.

Fuente: Elaboración propia

TOTAL DE INTERSECCIONES:	1928
INTERSECCIONES CON ACC.T.:	73
FREC. ACC.T. MIN_INTERS:	1
FREC. ACC.T. MÁX_INTERS:	7
TOTAL DE ACC.T. EN INTERS:	104

Las 73 intersecciones donde ocurrieron Acc.T. se pueden observar en el *Anexo 7. Tabla. A7.1 Frecuencia de Accidentes de Tránsito en las Intersecciones del Cantón Rumiñahui (2009)*.

En base a esta metodología se obtuvo: *El Mapa de la Frecuencia de Acc.T. y Puntos Críticos en las Intersecciones del Cantón Rumiñahui (2009)*, el cual se puede observar en el *Anexo 8. Mapa Nro. 2*.

❖ **Frecuencia de Accidentes de Tránsito en Tramos (Frec_Tramos_1)**

De igual manera fue necesario determinar los Acc.T. que ocurrieron a lo largo de los tramos o segmentos de la vía, considerando que un tramo se refiere a: un

segmento de la vía que posee características físicas y operativas iguales en toda su longitud. Esta definición de longitud de un “tramo” en una red vial, varía de acuerdo al tipo de análisis que se pretenda realizar.

Los tramos para este estudio fueron obtenidos a partir de los ejes viales; es decir, los ejes viales fueron digitalizados de acuerdo al sentido de circulación de los vehículos (cada intersección o pare en las vías, representaba un nodo) y de acuerdo a las características de las variables a lo largo de la vía (número de carriles y velocidad principalmente).

Todo el proceso de obtención de los tramos se puede observar en la Figura. 5.14. *Modelo_Cartográfico_1: Generación de la variable Dependiente (Frecuencia de Acc.T. en Intersecciones y Tramos)* y lo que se realizó fue determinar como “Tramos” a todo lo que se encuentre fuera del área de influencia de 20mt de las intersecciones (*Eje_Vial_Tramos_1*); de estos “Tramos” se eliminaron todos los que eran menor a 3m, por no considerarse útiles para el análisis por motivo de la escala de trabajo, ya mencionada en este capítulo. Posteriormente se aplicó un buffer de 3m alrededor de los “tramos” (*Eje_Vial_Tramos_1*), distancia determinada igual por la resolución espacial a trabajar en este proyecto que es de 3m obtenida de: escala de trabajo: 1:10000 obteniendo como resultado la cobertura “*Tramos_1*”. Finalmente se realizó un *spatial join* (unión espacial) de “*Tramos_1*” con los Accidentes de Tránsito “*Acc.T*” obteniendo como producto la frecuencia de Acc.T. en tramos “*Frec_Tramos_1*”. (Figura. 5.14.).

Se encontraron un total de **3138 tramos** en el Cantón Rumiñahui, en donde se registró la frecuencia en todos ellos, dando como resultado una frecuencia mínima de: 0 Acc.T. y una máxima de: 3 Acc.T. para el año 2009.

En este contexto, para realizar un análisis de los tramos críticos, se seleccionaron los tramos donde ocurrió al menos un accidente, dando como resultado: 27 tramos para el año 2009 (Tabla. 5.15.).

En los 27 tramos se encontró de 1 a 3 Acc.T., obteniendo un total de 37 Acc.T. en todo los tramos del Cantón (Tabla. 5.15.).

Tabla. 5.15. Total de Accidentes de Tránsito en los Tramos del Cantón Rumiñahui.

Fuente: Elaboración propia

TOTAL DE TRAMOS:	3138
TRAMOS CON ACC.T.:	27
FREC. ACC.T. MIN_TRAM:	1
FREC. ACC.T. MÁX_TRAM:	3
TOTAL DE ACC.T. EN TRAM:	37

Los 27 tramos donde ocurrieron Acc.T. se pueden observar en el *Anexo 9. Tabla. A9.1 Frecuencia de Accidentes de Tránsito en los Tramos del Cantón Rumiñahui (2009)*.

De igual manera se obtuvo: *El Mapa de la Frecuencia de Acc.T. y Puntos Críticos en los Tramos del Cantón Rumiñahui (2009)*, el cual se puede observar en el *Anexo 10. Mapa Nro. 3*.

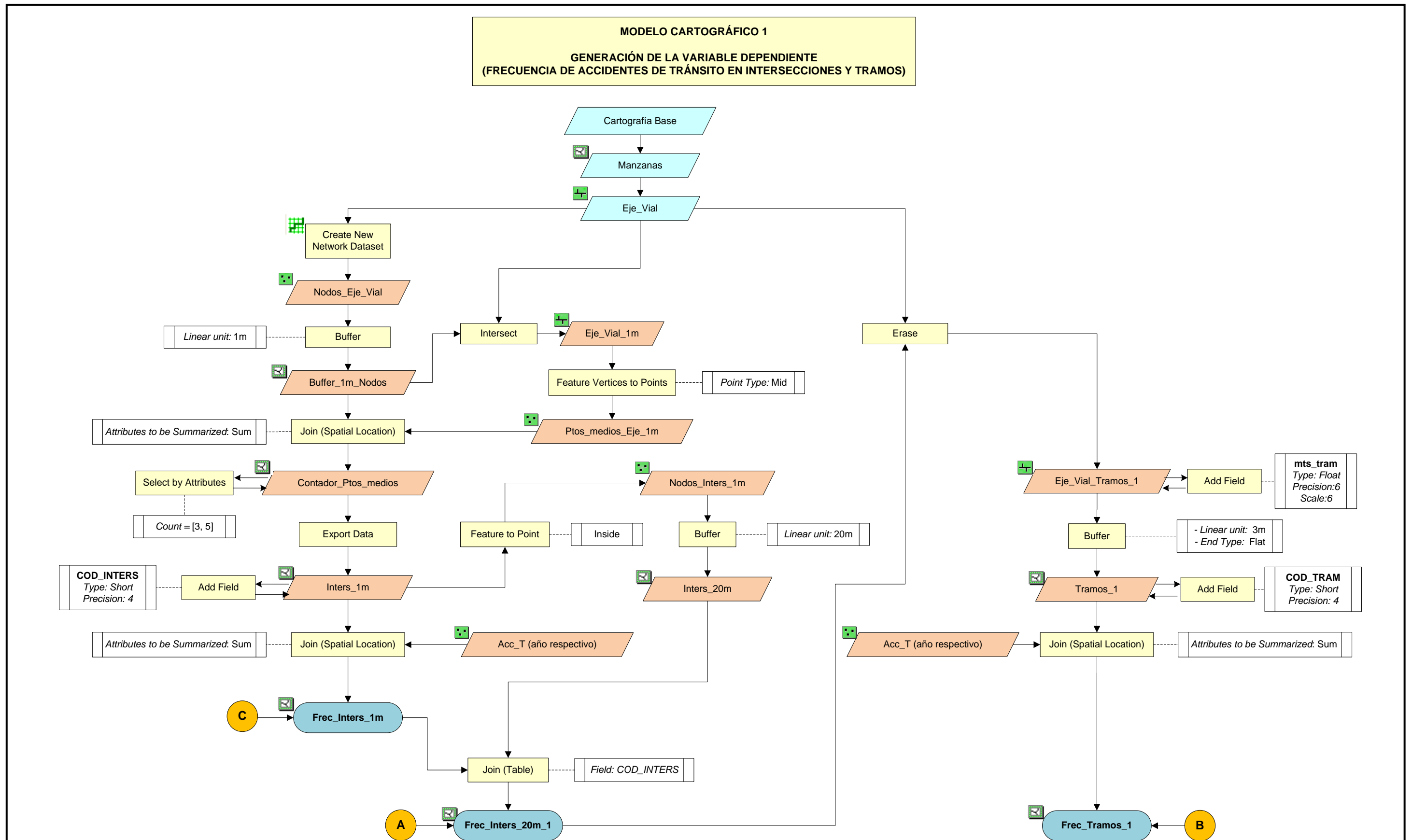


Figura. 5.14. Modelo_Cartográfico_1: Generación de la variable Dependiente (Frecuencia de Acc.T. en Intersecciones y en Tramos). Fuente: Elaboración propia.

Nota.- En el modelo cartográfico la cobertura “Eje Vial” corresponde al año 2009 y contiene información de las variables:

- Número de carriles
- Velocidad
- Tipo de rodadura
- Estado de la vía
- Clase de vía

Con la metodología descrita anteriormente se pudo obtener que de los 141 Acc.T. que ocurrieron en el Cantón en el año 2009, el 74% de los mismos ocurrieron en intersecciones, por lo que se podría decir que las intersecciones son mucho más críticas que los tramos (Figura. 5.15.); esto se podrá observar posteriormente en los distintos modelos que se realizaron.

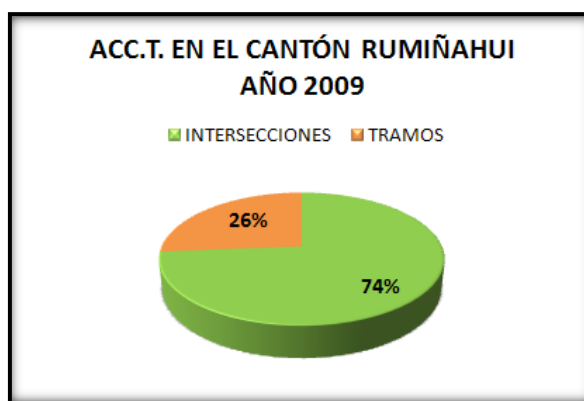


Figura. 5.15. Porcentaje de Accidentes de Tránsito en Intersecciones y Tramos del Cantón Rumiñahui año 2009. Fuente: Elaboración propia.

5.7.2. Puntos Críticos en las Intersecciones y Estadísticas generales (año 2009)

Un Punto Crítico es denominado por la Policía Nacional como el sitio (intersección y/o tramo) donde ocurren más de 3 Acc.T. al año. Actualmente la S.J.C.R. ha determinado que si ocurre al menos 1 o 2 Acc.T. en un mismo sitio, se lo debe considerar como crítico y no esperar a que sucedan 3 Acc.T. como se plantea a nivel general.

Se determinaron los puntos críticos en las intersecciones del Cantón Rumiñahui a los sitios donde ocurrieron al menos 2 Acc.T., así se obtuvo que 17 intersecciones son las más críticas en el Cantón, esto se lo puede observar en el *Mapa de la Frecuencia de Acc.T. y Puntos Críticos en las Intersecciones del Cantón Rumiñahui (2009)* el cual se encuentra en el *Anexo 8. Mapa Nro. 2.*

De igual manera se obtuvo las siguientes estadísticas a nivel de intersecciones:

❖ Tipos de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009

De los 104 Acc.T. registrados en las intersecciones se obtuvo que los tres tipos de Acc.T. que predominan en el Cantón son: los Choques con el 49%, Atropellos con el 22% y los Estrellamientos con el 12%, esto se puede observar en la Figura. 5.16. y Tabla. 5.16.

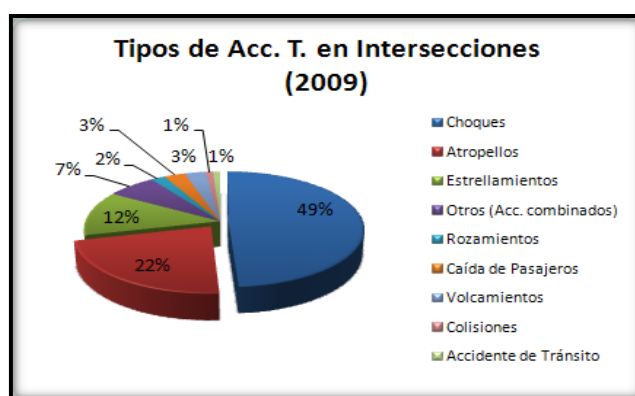


Figura. 5.16. Tipos de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009. Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.16. Tipos de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.

Orden	TIPOS_ACC	INTERSECCIONES (Acc/año)
1	Choques	51
2	Atropellos	23
3	Estrellamientos	13
4	Otros (Acc. combinados)	7
5	Rozamientos	2
6	Caída de Pasajeros	3
7	Volcamientos	3
8	Colisiones	1
9	Accidente de Tránsito	1
TOTAL AÑO		104

El Mapa de los tipos de Acc.T. ocurridos en las intersecciones del Cantón Rumiñahui (2009) se puede observar en el Anexo. 11. Mapa Nro. 4.

❖ Causas de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009

En la Figura 5.17. y Tabla. 5.17. se encuentran las causas identificadas en las intersecciones del Cantón Rumiñahui.

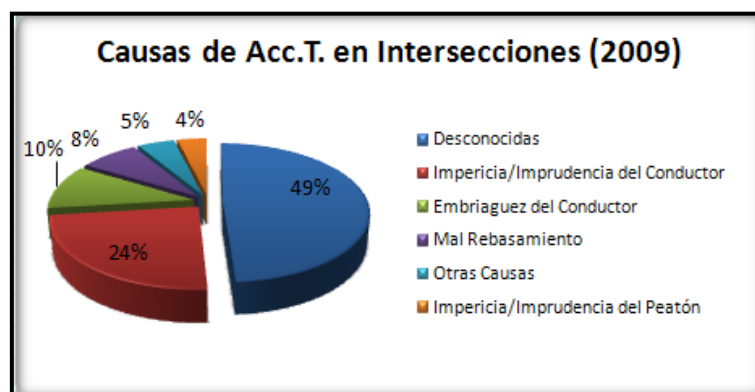


Figura. 5.17. Causas de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.17. Causas de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.
Fuente: Elaboración propia.

Orden	CAUSAS_ACC	INTERSECCIONES (Acc/año)
1	Desconocidas	51
2	Impericia/Imprudencia del Conductor	25
3	Embriaguez del Conductor	11
4	Mal Rebasamiento	8
5	Otras Causas	5
6	Impericia/Imprudencia del Peatón	4
TOTAL_AÑO		104

❖ Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009

En la Figura. 5.18. y Tabla. 5.18. se encuentran los días que ocurren mayoritariamente Acc.T. en las intersecciones del Cantón Rumiñahui.

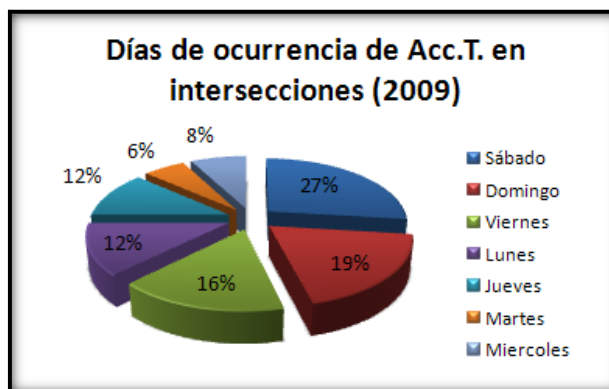


Figura. 5.18. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.18. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en las intersecciones año 2009.
Fuente: Elaboración propia.

Orden	DIAS_ACC	INTERSECCIONES (Acc/año)
1	Sábado	28
2	Domingo	20
3	Viernes	17
4	Lunes	13
5	Jueves	12
6	Martes	6
7	Miércoles	8
TOTAL_AÑO		104

5.7.3. Puntos Críticos en los Tramos y Estadísticas generales año 2009

Debido a que la frecuencia de Acc.T. en tramos es inferior se consideró como tramos críticos aquellos que presentaron al menos 1 Acc.T., obteniendo 27 tramos que representan lugares críticos para el Cantón, en el *Mapa de la Frecuencia de Acc.T. y Puntos Críticos en Tramos del Cantón Rumiñahui (2009) Anexo 10. Mapa Nro. 3.* se puede observar esta información.

Se obtuvo las siguientes estadísticas a nivel de tramos:

❖ Tipos de Accidentes de Tránsito en los Tramos año 2009

De los 37 Acc.T. registrados en los tramos los tipos de Acc.T. que predominan son: Choques 38%, Estrellamientos 30% y Atropellos 13%, Figura. 5.19. y Tabla. 5.19.

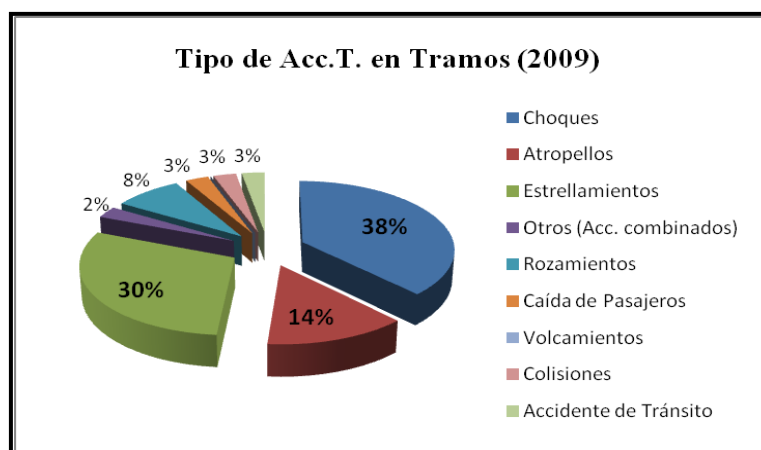


Figura. 5.19. Tipos de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009. Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.19. Tipos de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

Orden	TIPOS_ACC	TRAMOS
1	Choques	14
2	Atropellos	5
3	Estrellamientos	11
4	Otros (Acc. combinados)	1
5	Rozamientos	3
6	Caída de Pasajeros	1
7	Volcamientos	0
8	Colisiones	1
9	Accidente de Tránsito	1
TOTAL_AÑO		37

El Mapa de los tipos de Acc.T. ocurridos en Tramos del Cantón Rumiñahui (2009) se puede observar en el Anexo. 12. Mapa Nro. 5.

❖ Causas de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009

En la Figura 5.20. y Tabla. 5.20. se encuentran las causas identificadas tramos del Cantón Rumiñahui.

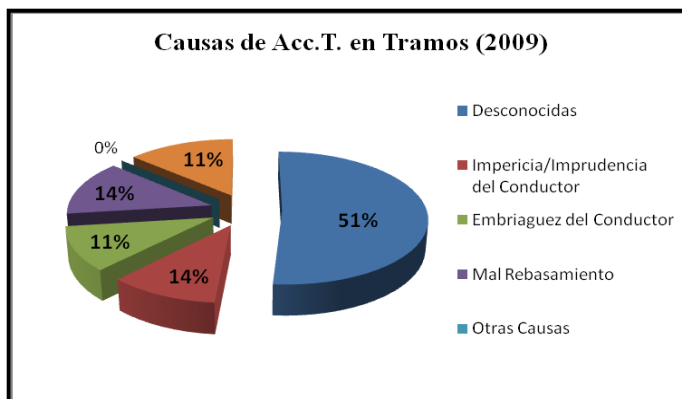


Figura. 5.20. Causas de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.20. Causas de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.
Fuente: Elaboración propia.

Orden	CAUSAS_ACC	TRAMOS
1	Desconocidas	19
2	Impericia/Imprudencia del Conductor	4
3	Embriaguez del Conductor	4
4	Mal Rebasamiento	5
5	Otras Causas	0
6	Impericia/Imprudencia del Peatón	5
TOTAL_AÑO		37

❖ **Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009**

En la Figura. 5.21. y Tabla. 5.21. se encuentran los días que ocurren mayoritariamente Acc.T. en tramos del Cantón Rumiñahui, obteniendo que los domingos son los días con mayor presencia de Acc.T. seguido de el sábado y martes.

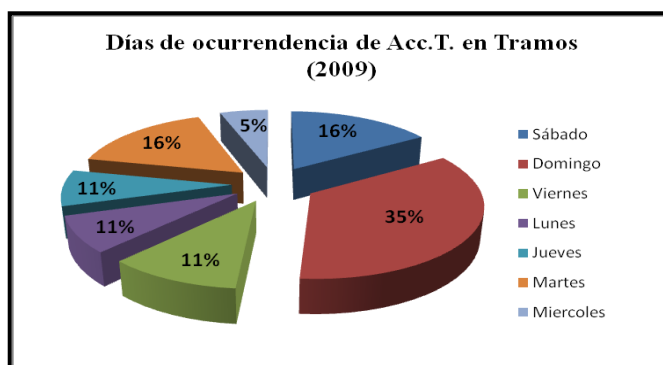


Figura. 5.21. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009. Fuente: Elaboración propia.

Tabla. 5.21. Días de ocurrencia de Accidentes de Tránsito en Tramos año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

Orden	DIAS_ACC	TRAMOS
1	Sábado	6
2	Domingo	13
3	Viernes	4
4	Lunes	3
5	Jueves	3
6	Martes	6
7	Miércoles	2
TOTAL_AÑO		37

5.8. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables mencionadas anteriormente en el apartado 5.6. *Determinación de las variables en estudio*, son las llamadas variables independientes o explicativas de un fenómeno en estudio, en este caso son las que van a estimar a la variable dependiente, es decir a la Accidentabilidad expresada como la frecuencia de Acc.T.

Las variables independientes fueron generadas en el SIG como se ilustra en el *Modelo_Cartográfico_2: Variables Independientes para el Análisis de zonas susceptibles a Accidentes de Tránsito* (Figura. 5.22.); la información de las variables fueron obtenidas y generadas como se menciona en el apartado 5.6.1. *Información y Datos de las Variables* y en el apartado 5.6.2. *Relaciones de las variables con el fenómeno de Accidentes de Tránsito*. Se añadieron campos en la cobertura de los Ejes Viales (“Eje_Vial”) correspondiente al año 2009, en estos campos se añadió información del: *Número de carriles, Velocidad, Tipo de rodadura, Estado de la vía y Clase de vía*, estos fueron exportados a coberturas individuales, para realizar el análisis individual de cada variable con la *Frecuencia de Acc.T.* tanto en el modelo de intersecciones como en el de tramos.

Las coberturas: *Tipo de Intersección y Cantidad de intersecciones* fueron generadas a partir del *Modelo_Cartográfico_1: Generación de la variable Dependiente (Frecuencia de Acc.T. en Intersecciones y Tramos)* (Figura. 5.14.) y la explicación de cada una de ellas se encuentra en el *Modelo Cartográfico 8 y 9* respectivamente.

La cobertura: *Ocupación del Suelo* se obtuvo a partir de la fuente ya mencionada en el apartado 5.6.1. *Información y Datos de las Variables*.

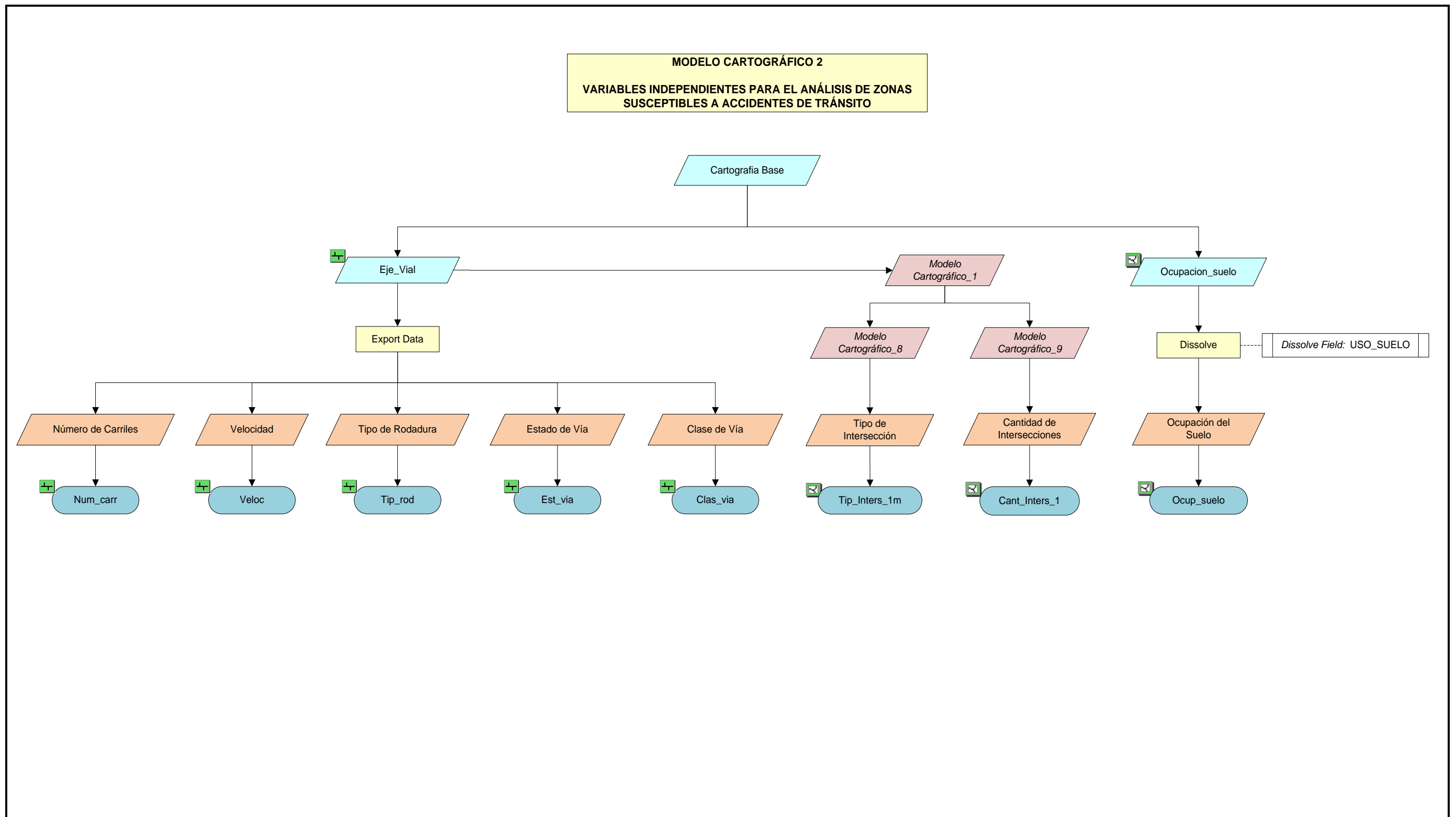


Figura. 5.22. Modelo_Cartográfico_2: Variables Independientes para el Análisis de Zonas Susceptibles a Accidentes de Tránsito. Fuente: Elaboración Propia

5.8.1. Análisis de los Factores de las Variables Independientes

El año en el cual se realizó el análisis es el perteneciente al 2009, debido que la fuente de información es más confiable que el resto de años.

Los factores de cada una de las variables, sean cualitativas o cuantitativas, deben ser normalizados, es decir, que los criterios han de estar medidos en la misma escala, para ello se realizó la puntuación y consecuentemente su normalización, este proceso se lo detallará más adelante.

Se realizó una metodología de análisis de los factores de las variables para las intersecciones y otra metodología en tramos.

Una vez que se realizó el análisis de cada una de las variables y se obtuvo el raster de estas se procedió a al modelado cuyo proceso se observa en el *Modelo_Cartográfico17.- Susceptibilidad a Accidentes de Tránsito en Intersecciones* y *Modelo_Cartográfico18.- Susceptibilidad a Accidentes de Tránsito en Tramos*.

Para obtener el valor normalizado de las variables se las clasificó en dos grupos. En el primer grupo se encuentran las cualitativas y en el segundo grupo las cuantitativas.

❖ Variables Cualitativas

Las variables cualitativas utilizadas para el modelo son las siguientes:

Tabla. 5.22. Variables Cualitativas año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

No.	Nombre_Variables_Cualitativas
1	Tipo de Rodadura (Tip_rod)
2	Estado de Vía (Est_vía)
3	Clase de Vía (Clas_vía)
4	Tipo de Intersección (Tip_inters)
5	Ocupación del Suelo (Ocup_suelo)

Primero se realizó la puntuación de los factores de las variables y posteriormente se normalizó estos valores, como se detalla:

- **Puntuación de Factores.-** Previo a la normalización estas variables deben ser puntuadas, el decisor tiene q ordenar los criterios en función de la importancia que les otorgue a cada uno, en la presente metodología, el criterio más importante tuvo el valor de 1, el siguiente el valor de 2 y así sucesivamente en una escala ascendente.

Para asignar y justificar el orden o puntuación de los distintos factores de las variables, fue importante considerar el siguiente aspecto:

- La condición más crítica para que ocurra un Acc.T. en relación a cada factor.

- **Normalización de Factores.-** La normalización de los factores fue obtenida mediante el método de ponderación “*Ordenación Simple o Ranking Methods*”, utilizando la siguiente fórmula:

$$W_i = \frac{N - O_i + 1}{\sum_i (N - O_k + 1)}$$

Donde: - $W_i =$ *Peso del criterio.*

- $N =$ *Número de criterios utilizados.*
- $O_i =$ *Número de orden del criterio.*
- $\sum_i (N - O_k + 1) =$ *Suma de todos los pesos (puntuación) obtenidos.*

Nota.- Los Valores obtenidos de cada factor también se les conoce como “*Pesos (Wi)*” debido a la fórmula empleada, cabe recalcar que el termino *Pesos* es un valor cuantitativo que expresa una importancia relativa entre *factores o variables*, por lo general se asigna el nombre de *Pesos* a las

variables, esto se observará claramente en el modelo final, en donde a los coeficientes de cada variable se los denominará como *Pesos*.

❖ Variables Cuantitativas

Las variables cualitativas utilizadas para el modelo son las siguientes:

Tabla. 5.23. Variables Cuantitativas año 2009.

Fuente: Elaboración propia.

No.	Nombre_Variables_Cuantitativas
1	Número de Carriles (Num_carr)
2	Velocidad (Veloc)
3	Cantidad de Intersecciones (Cant_inters)

- **Normalización de Factores.-** La normalización de los factores fue obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$m_i = \frac{x_{ij}}{\max .x_{ij}}$$

Donde: - ***mi*** = Valor o Peso Normalizado del criterio.

- ***xij*** = Valor del criterio.

-***max.xij*** = Máximo valor de los criterios.

Este proceso de normalización es relativamente sencillo, dividiendo cada uno de los valores para el máximo valor, de esta manera los valores finales tendrán una valoración entre 0 y 1.

5.9. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA EN INTERSECCIONES

El proceso de obtención de cada una de las variables independientes para intersecciones se lo puede observar en el *Modelo_Cartográfico_2.-Variables Independientes para el Análisis de Zonas Susceptibles a Accidentes de Tránsito.*

5.9.1. Número de Carriles (*Num_carr_Inters_1*)

El valor de estos factores es la suma de los carriles que llegan a una intersección (ver ejemplo Figura.5.23.)

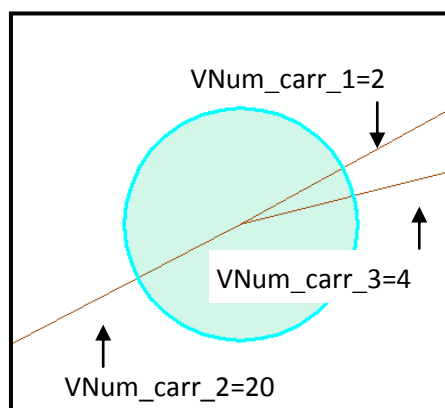


Figura. 5.23. Ejemplo de Obtención de los Factores de Número de carriles en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Donde: - Sum_Num_ca} = (2 + 20 + 4) = 26$$

La obtención de los factores y la normalización se los puede observar en el *Modelo_Cartografico_3.- Análisis del Número de Carriles en Intersecciones* (Figura. 5.24.), cuyo procedimiento se explica a continuación

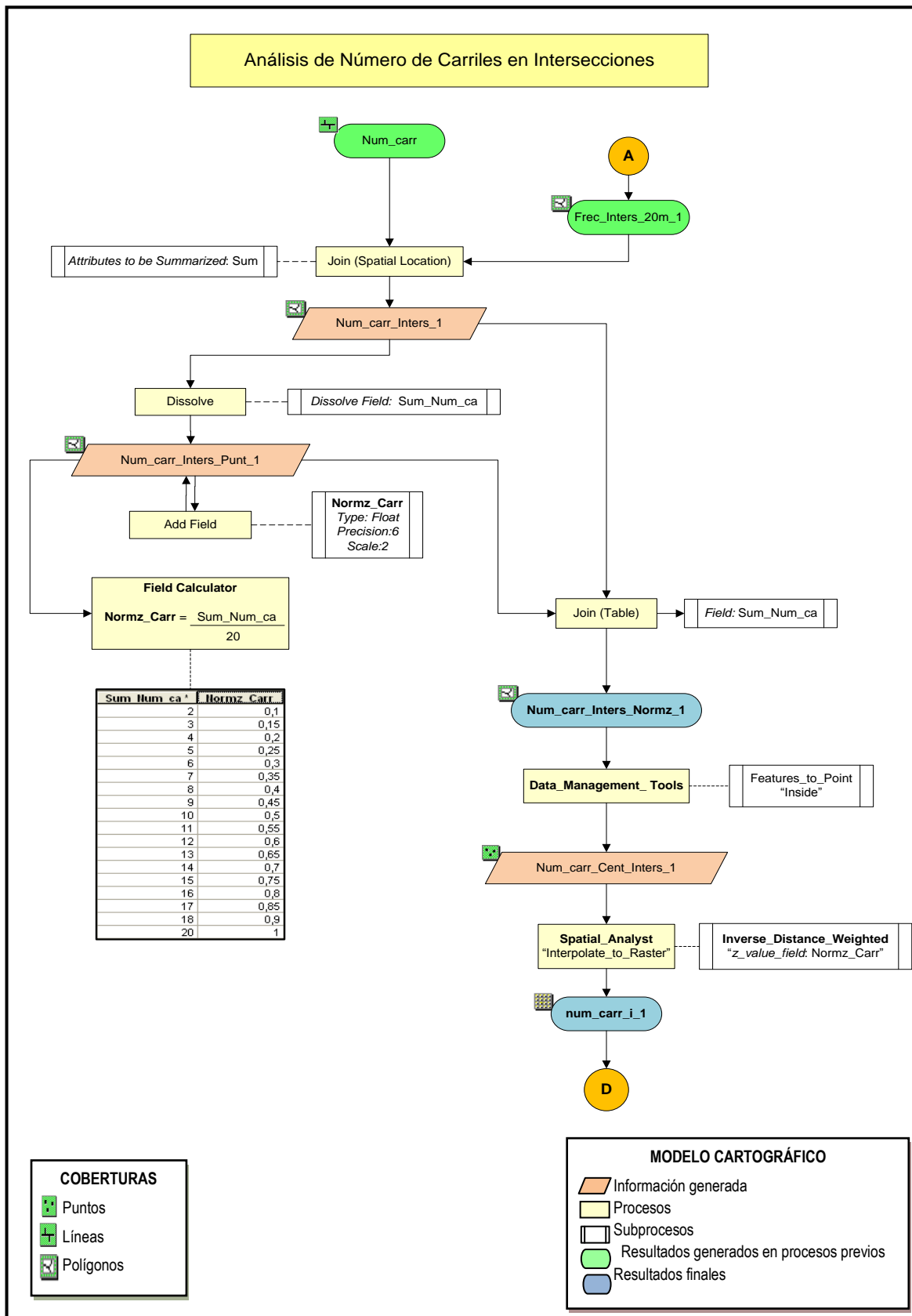


Figura. 5.24. Modelo_Cartográfico_3: Análisis del Número de Carriles en Intersecciones.

Fuente: Elaboración Propia

❖ **Normalización de los factores de la variable Número de Carriles en Intersecciones (Num_carr_Inters_Normz_1)**

La cobertura *Num_carr_Inters_1* es el resultado de un *Join (Spatial Location)* entre las coberturas *Num_carr* y *Frec Inters_20m_1*, esta operación permitió conocer los factores de esta variable.

$$\begin{array}{c} \text{SUM Num carr} \\ \text{min} = 2 \\ \text{max} = 20 \end{array}$$

A continuación se describe brevemente el proceso realizado:

De la cobertura *Num_carr_Inters_1* obtuvimos la cobertura *Num_carr_Inters_Punt_1*, a la cual añadimos el campo *Normz_Carr*. Para que todos los valores (*Sum_Num_ca*) queden estandarizados, es decir en una misma escala, se realizó la normalización. Utilizando el método ya descrito:

$$m_i = \frac{x_{ij}}{\max .x_{ij}}$$

Donde: - $m_j = \text{Normz_Carr}$

- $x_{ij} = \text{Sum_Num_ca}$

- $\text{max}.x_{ij} = \text{Max_Sum_Num_ca} = 20$

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Número de Carriles para el Modelado (num_carr_i_1)**

Completado el proceso de la normalización se procedió a convertir a raster la cobertura que contiene el valor normalizado. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura *Num_carr_Inters_Normz_1* se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura *Num_carr_Cent_Inters_1*, a esta capa se la interpoló obteniendo el raster *num_carr_i_1*.

5.9.2. Velocidad (*Veloc_Inters_1*)

El valor de los factores de esta variable es la suma de las velocidades que llegan a una intersección dividida para el número de velocidades que convergen (ver ejemplo Figura.2.25.)

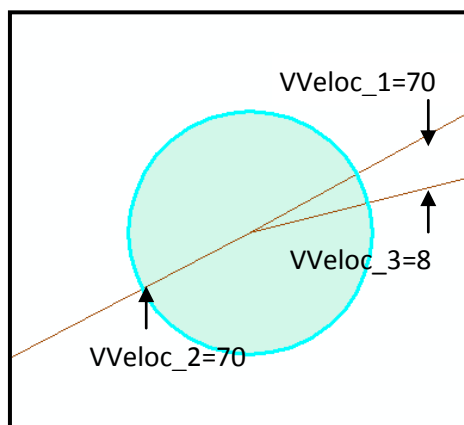


Figura. 5.25. Ejemplo de Obtención de los Factores de la Velocidad en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

Donde: - Avg_Veloc (promedio) = $(80 + 70 + 70)/3 = 73.33$

<u>Avg_Veloc</u>
min = 18.3333
max= 73.3333

La obtención de los factores y la normalización se los puede observar en el *Modelo_Cartografico_4.- Análisis de la Velocidad en Intersecciones*, cuyo procedimiento se explica a continuación.

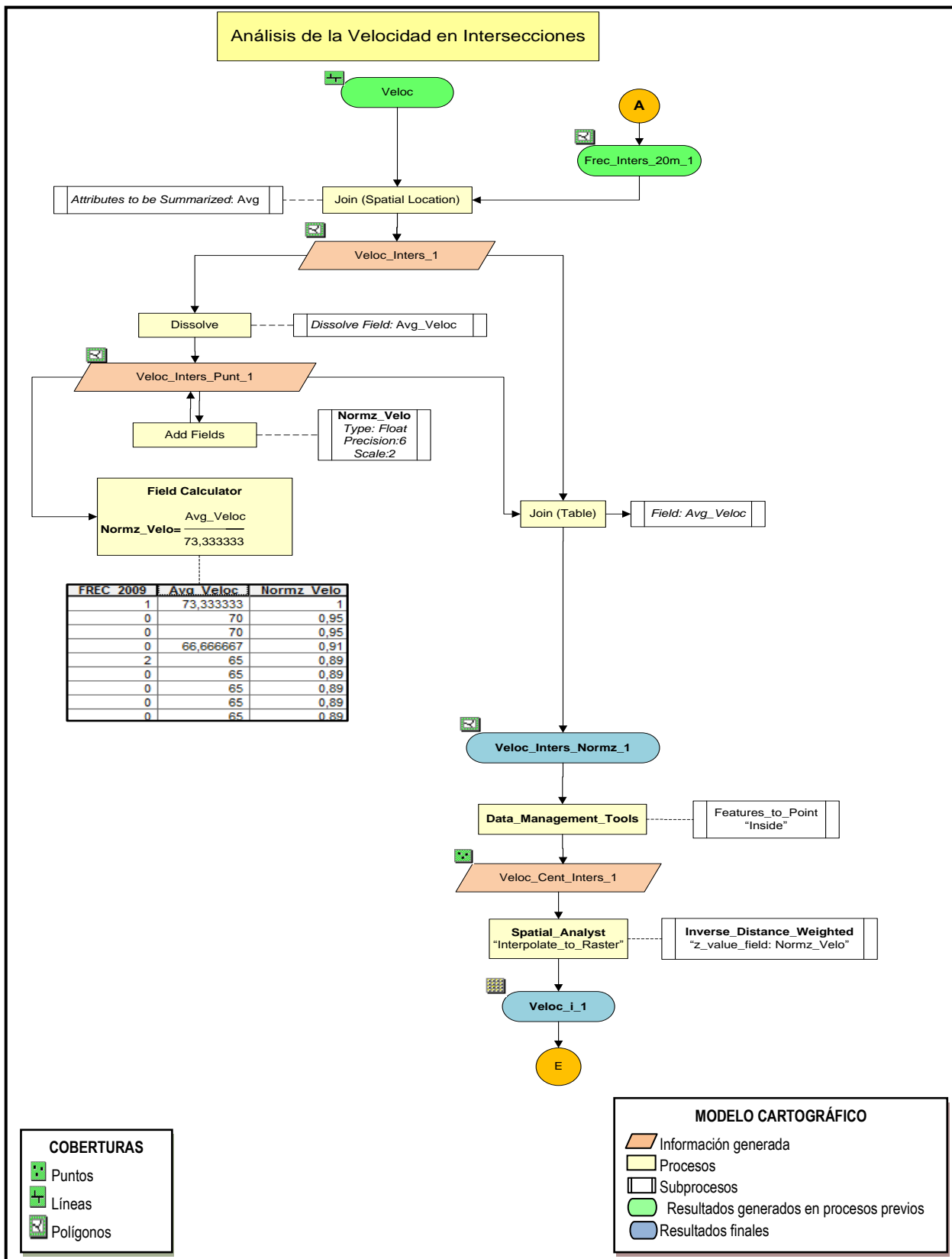


Figura. 5.26. Modelo_Cartográfico_4: Análisis de la Velocidad en Intersecciones.

Fuente: Elaboración Propia

❖ **Normalización de los factores de la variable Velocidad en Intersecciones (Veloc_Inters_Normz_1)**

La cobertura *Veloc_Inters_1* es el resultado de un *Join (Spatial Location)* entre las coberturas *Veloc* y *Frec Inters_20m_1*, esta operación permitió conocer los factores de esta variable. En este caso se realizó un promedio de las velocidades.

A continuación se describe brevemente el proceso realizado para intersecciones:

De la cobertura *Veloc_Inters_1* obtuvimos la cobertura *Veloc_Inters Punt_1*, a la cual añadimos el campo *Normz_Velo*. Para que todos los valores (*Avg_Veloc*) queden estandarizados, es decir en una misma escala, se realizó la normalización, (Ejemplo: Ver Tabla.5.24.). Utilizando el método ya descrito:

$$m_i = \frac{x_{ij}}{\max .x_{ij}}$$

Donde: - $m_j = \text{Normz_Velo}$

- $x_{ij} = \text{Avg_Veloc}$

- $\max.x_{ij} = \text{Max_Avg_Veloc} = 73.333333$

Avg Veloc	Normz Velo
min = 18.3333	→ 0.25
max= 73.3333	→ 1

Tabla. 5.24. Normalización de los factores de la variable Velocidad en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

Avg Veloc *	Normz Velo
18,333333	0,25
20	0,27
25	0,34
26	0,35
26,5	0,36
26,666667	0,36
27	0,37
27,142857	0,37

Donde: - **Normz_Velo**: valores estandarizados para cada factor en intersecciones (los valores estandarizados deben estar entre 0 y 1).

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Velocidad para el Modelado (veloc_i_1)**

Finalizado el proceso de la normalización se procedió a convertir a raster la cobertura que contiene el valor normalizado. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura *Veloc_Inters_Normz_1* se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura *Veloc_Cent_Inters_1*, a esta capa se la interpoló obteniendo el raster *veloc_i_1*

5.9.3. Tipo de Rodadura (*Tip_rod_Inters_1*)

La obtención de los factores y la normalización de los mismos se los puede observar en el *Modelo_Cartográfico_5.- Análisis del Tipo de Rodadura en Intersecciones*, cuyo procedimiento se explica a continuación.

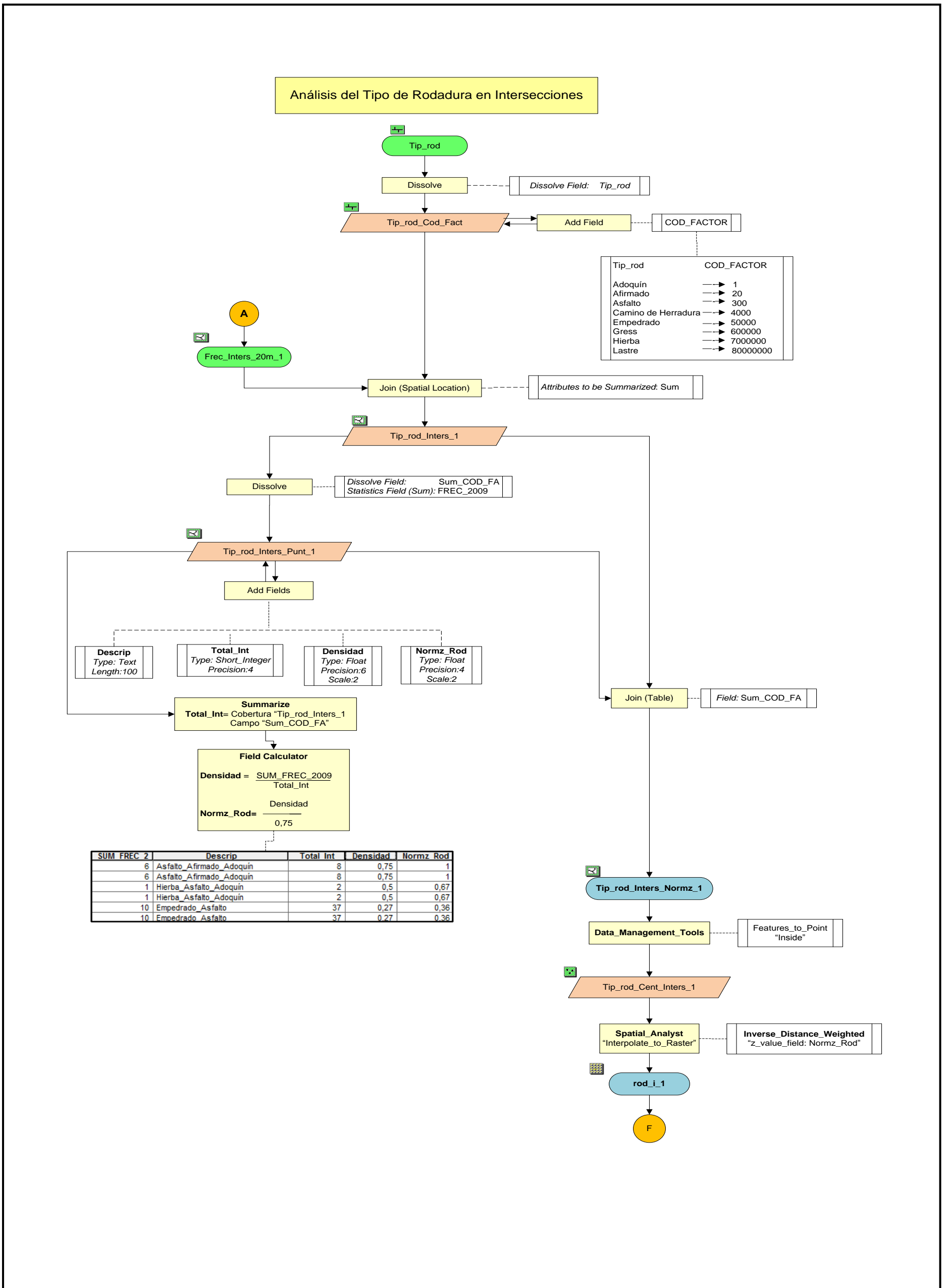


Figura. 5.27. Modelo_Cartográfico_5: Análisis del Tipo de Rodadura en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Normalización de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Intersecciones (Tip_rod_Inters_Normz_1):-**

A continuación se describe brevemente el proceso realizado para esta variable independiente en las intersecciones:

- A la cobertura *Tip_rod_Cod_Fact*, que se la obtuvo de la cobertura *Tip_rod*, se le añadió el campo **COD_FACTOR** en el cual se ingresa un número diferente para cada factor, de tal manera que fue fácil reconocer las combinaciones de los factores que se produjeron. (Tabla.5.25).

Tabla. 5.25. Código de los Factores de la Variable Tipo de Rodadura en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

Tip rod	COD FACTOR
Adoquín	1
Afirmado	20
Asfalto	300
Camino de Herradura	4000
Empedrado	50000
Gress	600000
Hierba	7000000
Lastre	80000000

Donde: - **Tip_via:** Indica los factores de la variable en las intersecciones.

- **COD_FACTOR:** número entero ingresado para cada factor en las intersecciones.

- A continuación se realizó un spatial join entre la Frecuencia de Acc.T. en intersecciones (*Frec_Inters_20m_1*) y la cobertura *Tip_rod_Cod_Fact* obteniendo *Tip_rod_Inters_1*, contiene el código de los Acc.T en cada una de las intersecciones, a esta cobertura se le aplicó un Dissolve obteniendo la cobertura *Tip_rod_Inters_Punt_1*. Tabla.5.26:

Tabla. 5.26. Combinaciones de los factores de la variable Tipo de rodadura en Intersecciones (*Tip_rod_Inters_Punt_1*).

Fuente: Elaboración propia.

Sum COD FA *	SUM FREC 2
1	13
20	0
21	2
300	13
301	48
320	2
321	6
50000	1
50001	4
50020	0
50021	1

Donde: - **SUM_COD_FAC**: Combinaciones de los factores para cada intersección.

- **SUM_FREC_2009**: Indica la Frecuencia de Acc.T. en las intersecciones de cada factor.

Sum COD FA
Combinaciones = 31

- A la cobertura *Tip_rod_Inters_Punt_1* se le añadió los campos siguientes:

Descrip, campo en el cual se describió las combinaciones que se produjeron en cada intersección.

Total_int, indica el número total de intersecciones que existe en el cantón para cada combinación.

Densidad, sus valores se obtuvieron dividiendo la frecuencia de cada combinación para el número de intersecciones correspondiente.

Densidad = SUM_FREC_2009/Total_int

Densidad
min: 0
max: 0.75

- Se añadió el campo Normz_Rod, en el cual se realizó la normalización, (Ejemplo: Tabla.5.27) utilizando el método ya descrito:

$$m_i = \frac{x_{ii}}{\max .x_{ii}}$$

Donde: - $m_j = \text{Normz_Rod}$

- $x_{ij} = \text{Densidad}$

- $\max .x_{ij} = \text{Max_Valor (Densidad)}=0.75$

Normz Rod

min: 0

max: 1

- Finalmente, se realizó un Join(Table), tomando en cuenta el SUM_COD_FA entre las coberturas Tip_rod_Inters_1 y Tip_rod_Inters_Punt_1, se obtuvo la cobertura Tip_rod_Inters_Normz_1, para que cada una de las intersecciones tenga el valor normalizado.

Tabla. 5.27. Normalización de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

Sum COD FA *	SUM FREC 2	Descrip	Total Int	Densidad	Normz Rod
321	6	Asfalto_Afirmado_Adoquín	8	0,75	1
7000301	1	Hierba_Asfalto_Adoquín	2	0,5	0,67
50300	10	Empedrado_Asfalto	37	0,27	0,36
301	48	Asfalto_Adoquín	183	0,26	0,35
50301	2	Empedrado_Asfalto_Adoquín	8	0,25	0,33
50021	1	Empedrado_Afirmado_Adoquín	7	0,14	0,19
300	13	Asfalto	105	0,12	0,16

Donde: - **Normz_Rod**: valores estandarizados para cada factor en intersecciones (los valores estandarizados deben estar entre 0 y 1).

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Tipo de Rodadura para el Modelado (tip_rod_i_1)**

Una vez normalizados los factores de las variables se procedió a convertir a raster la cobertura *Tip_rod_Inters_Normz_1*. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura *Tip_rod_Inters_Normz_1* se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura *Tip_rod_Cent_Inters_1*, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster *tip_rod_i_1*.

5.9.4. Estado de la Vía (Est_vía_Inters_1)

La obtención de los factores y la normalización de los mismos se los puede observar en el *Modelo_Cartográfico_6.- Análisis del Estado de Vía en Intersecciones*, cuyo procedimiento se explica a continuación.

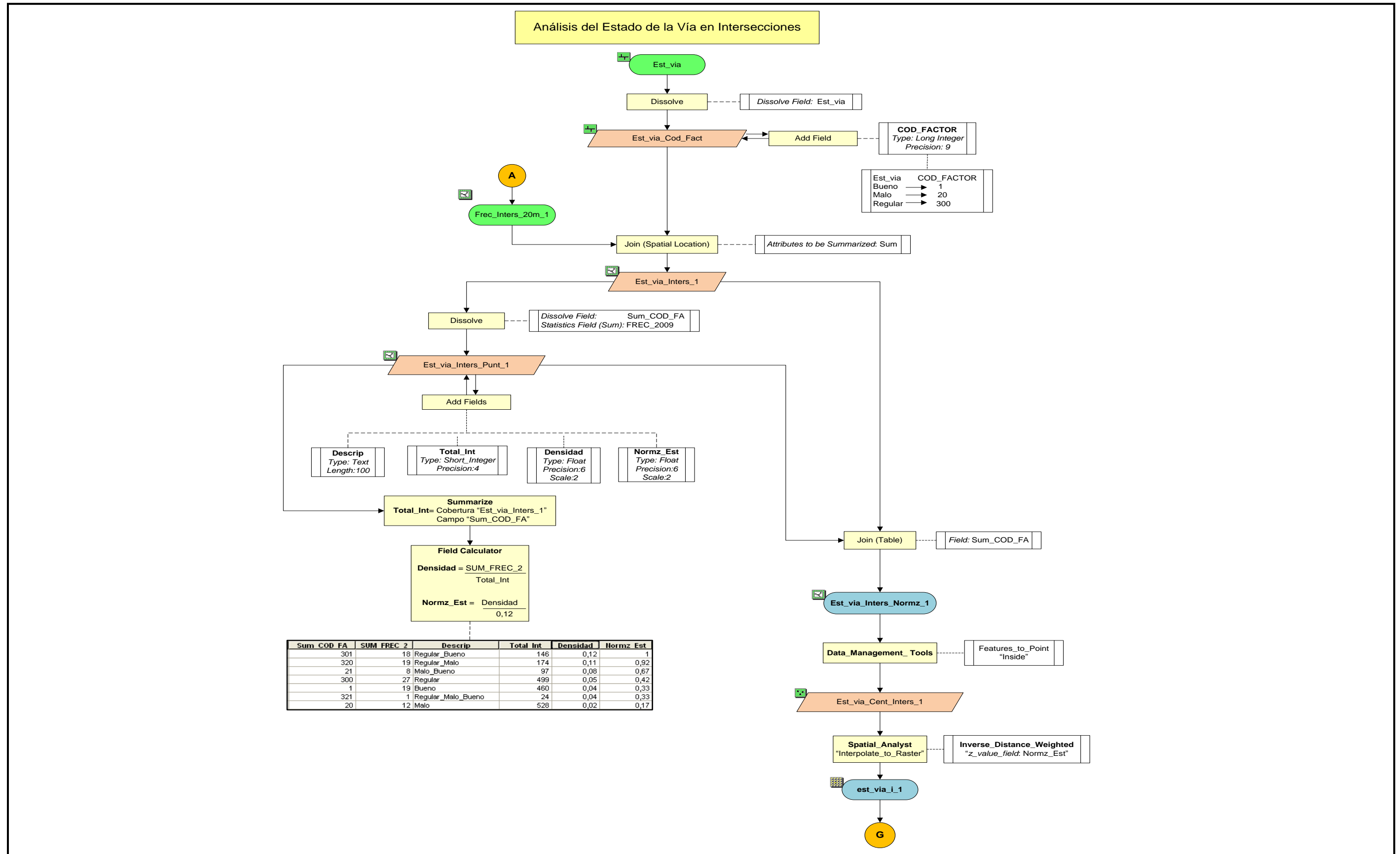


Figura. 5.28. Modelo_Cartográfico_6: Análisis del Estado de Vía en Intersecciones. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Normalización de los factores de la variable Estado de Vía en Intersecciones (Est_via_Inters_Normz_1)**

Descripción del proceso de normalización:

- De la cobertura Est_via se obtuvo la cobertura Est_via_Cod_Fact, a la cual se añadió el campo COD_FACTOR donde se ingresó un número entero diferente para cada factor de la variable, así, se logró reconocer las combinaciones de los factores. (Tabla.5.28):

Tabla. 5.28. Código de los Factores de la Variable Estado de la Vía en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

Est_via	COD_FACTOR
Bueno	1
Malo	20
Regular	300

Donde: - **Est_via:** Indica los factores de la variable en las intersecciones.

-**COD_FACTOR:** número entero ingresado para cada factor en las intersecciones.

- Posteriormente se realizó un spatial join entre Frec_Inters_20m_1 y la cobertura Est_via_Cod_Fact obteniendo la cobertura Est_via_Inters_1, que contiene los códigos de los Acc.T en cada intersección, a esta cobertura se le aplicó un Dissolve para obtener la cobertura Est_via_Inters_Punt_1.
- A la cobertura Est_via_Inters_Punt_1 se le añadió los siguientes campos:

Descrip, campo en el que se describió las combinaciones en cada intersección.

☑ **Total_int**, indica el número total de intersecciones que existe en el cantón para cada combinación.

☑ **Densidad**, sus valores se obtuvieron dividiendo la frecuencia de cada combinación para el número de intersecciones correspondiente.

$$\text{Densidad} = \text{SUM_FREC_2009}/\text{Total_int}$$

- Finalmente, se añadió el campo Normz_Via, en el cual se realizó la normalización utilizando el método ya descrito.

$$m_i = \frac{x_{ij}}{\max .x_{ij}}$$

Donde: - $m_j = \text{Normz_Est}$

- $x_{ij} = \text{Densidad}$

- $\max.x_{ij} = \text{Max_Valor (Densidad)}=0.12$

Normz Est

min: 0

max: 1

- Finalmente, se realizó un Join(Table), tomando en cuenta el SUM_COD_FA entre las coberturas Est_via_Inters_1 y Est_via_Inters_Punt_1, de esta manera cada una de las intersecciones tuvo el valor normalizado en la cobertura obtenida Est_via_Inters_Normz_1.

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Estado de la Vía (est_via_i_1)**

A la cobertura *Est_via_Inters_Normz_1* que contiene los valores normalizados se procedió a convertirla en raster, a continuación la explicación de los pasos:

Se cambió en una capa de puntos a la cobertura *Clas_via_Inters_Normz_1* el resultado fue la cobertura *Est_via_Cent_Inters_1*, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster *tip_rod_i_1*.

5.9.5. Clase de Vía (Clas_via_Inters_1)

La obtención de los factores y la normalización de los mismos se los puede observar en el *Modelo_Cartográfico_7.- Análisis de la Clase de Vía en Intersecciones*, cuyo procedimiento se explica a continuación.

❖ **Normalización de los factores de la variable Clase de Vía en Intersecciones (Clas_via_Inters_Normz_1)**

El proceso que se realizó para obtener la normalización se describe a continuación:

- De la cobertura Clas_via se obtuvo la cobertura Clas_via_Cod_Fact, a la cual se añadió el campo COD_FACTOR en el cual se ingresa un número entero diferente para cada factor de la variable, así, se logró reconocer las combinaciones de los factores que se produjeron en un posterior proceso. (Tabla.5.29):

Tabla. 5.29. Código de los Factores de la Variable Clase de Vía en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

Clas via	COD FACTOR
Arterial	1
Colectora	20
Expresa	300
Local	4000

Donde: - **Clas_via:** Indica los factores de la variable en las intersecciones.

-**COD_FACTOR:** número entero ingresado para cada factor en las intersecciones.

- Posteriormente se realizó un spatial join entre la Frecuencia de Acc.T. en intersecciones (Frec_Inters_20m_1) y la cobertura Clas_via_Cod_Fact obteniendo la cobertura Clas_via_Inters_1, contiene los códigos de los Acc.T en cada intersección, a esta cobertura se le aplicó un Dissolve para obtener la cobertura Clas_via_Inters_Punt_1. Tabla.5.30.:

Tabla. 5.30. Combinaciones de los factores de la variable Clase de Vía en Intersecciones
(*Clas_via_Inters_Punt_1*).

Fuente: Elaboración propia.

Sum_COD_FA *	SUM FREC 2
1	6
20	4
21	15
301	2
320	1
321	7
4000	9
4001	28
4020	6
4021	2
4300	18
4320	3
4321	3

Donde: - **Sum_COD_FAC**: Combinaciones de los factores para cada intersección.

- **SUM_FREC_2009**: Indica la Frecuencia de Acc.T. en las intersecciones de cada factor.

Sum COD FA

Combinaciones = 13

- A la cobertura *Clas_via_Inters_Punt_1* se le añadió los siguientes campos:
 - Descrip**, campo en el que se describió las combinaciones que se formaron en cada intersección.
 - Total_int**, indica el número total de intersecciones que existe en el cantón para cada combinación.
 - Densidad**, sus valores se obtuvieron dividiendo la frecuencia de cada combinación para el número de intersecciones correspondiente.

Densidad = $SUM_FREC_2009 / Total_int$

Densidad

min: 0.01
max: 7

- Se añadió el campo Normz_Via, en el cual se realizó la normalización, (Ejemplo: Tabla.5.31). Utilizando el método ya descrito

$$m_i = \frac{x_{ij}}{\max .x_{ij}}$$

Donde: - $m_j = \text{Normz_Rod}$

- $x_{ij} = \text{Densidad}$

- $\max .x_{ij} = \text{Max_Valor (Densidad)}=0.75$

- Finalmente, se realizó un *Join(Table)*, tomando en cuenta el SUM_COD_FA entre las coberturas *Clas_via_Inters_1* y *Clas_via_Inters_Punt_1*, de esta manera cada una de las intersecciones tuvo el valor normalizado en la cobertura obtenida *Clas_via_Inters_Normz_1*.

Tabla. 5.31. Normalización de los factores de la variable Clase de Vía en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

Sum COD FA *	SUM FREC 2	Descrip	Total Int	Densidad	Normz Via
4000	9	Local	1200	0,01	0
4020	6	Local_Colectora	296	0,02	0
4001	28	Local_Arterial	280	0,1	0,01
20	4	Colectora	32	0,13	0,02
4021	2	Local_Colectora_Arterial	15	0,13	0,02
1	6	Arterial	24	0,25	0,04
301	2	Expresa_Arterial	7	0,29	0,04

Donde: - **Normz_Via**: valores estandarizados para cada factor en intersecciones (los valores estandarizados deben estar entre 0 y 1).

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Clase de Vía (clas_via_i_1)**

A la cobertura *Clas_via_Inters_Normz_1* que contiene los valores normalizados se procedió a convertirla en raster, a continuación la explicación de los pasos:

Se cambió en una capa de puntos a la cobertura *Clas_via_Inters_Normz_1* el resultado fue la cobertura *Clas_via_Cent_Inters_1*, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster *tip_rod_i_1*.

5.9.6. Tipo de Intersección (*Tip_via_Inters_20m_1*)

La obtención de los factores y la normalización de los mismos se los puede observar en el *Modelo_Cartográfico _8.- Análisis del Tipo de Intersecciones*, cuyo procedimiento se explica a continuación.

Los factores obtenidos fueron los siguientes (Tabla. 5.32.):

Tabla. 5.32. Factores de la variable Tipo de Intersección.

Fuente: Elaboración propia.

FACTORES	
No.	Tipo de Intersección (Tip_inters)
1	Tipo T o Tipo Y
2	Tipo Cruz
3	Tipo Estrella

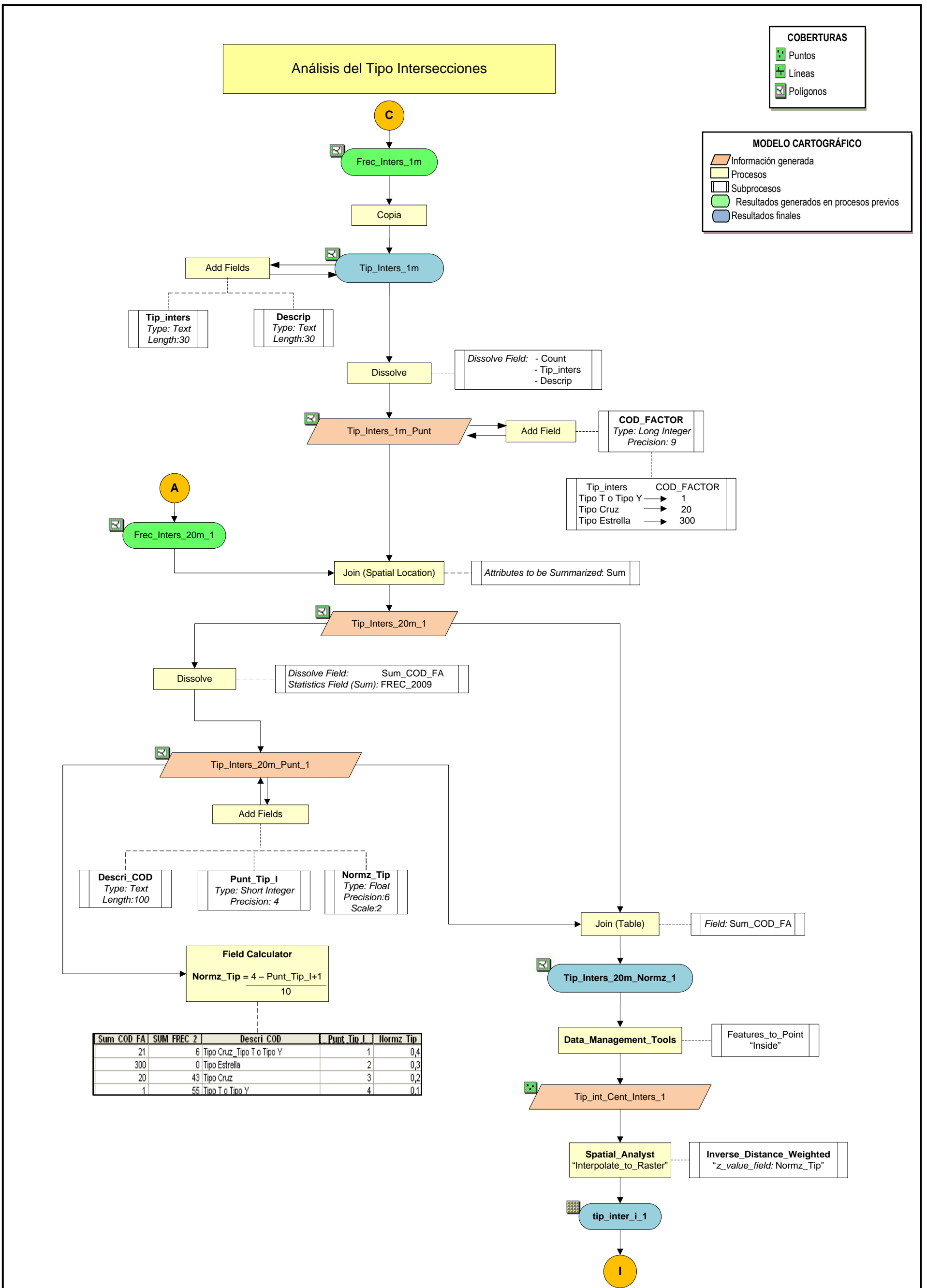


Figura. 5.30. Modelo_Cartográfico_8: Análisis del Tipo de Intersección. Fuente: Elaboración propia

❖ **Normalización de los factores de la variable Tipo de Intersección (Tip_Inters_20m_Normz_1)**

Se realizó el análisis partiendo desde la cobertura *Frec_Inters_1m*, cuyo proceso de obtención se lo puede observar en el *Modelo_Cartográfico_1.-Generacion de la Variable Dependiente*, a continuación una descripción del proceso:

- Se realizó una copia de la cobertura *Frec_Inters_1m* a la que se llamó *Tip_Inters_1m*, a esta cobertura se le añadió dos campos, *Tip_Inter* y *Descrip*, y se realizó un Dissolve con los campos mencionados, obteniendo la cobertura *Tip_inters_1m_Punt*. Los Factores de esta variable son los que se muestran en la Tabla. 5.33.:

Tabla. 5.33. Descripción de los factores de la variable Tipo de Intersección.

Fuente: Elaboración propia.

Count	Tip inters	Descrip
3	Tipo T o Tipo Y	3 ramales
4	Tipo Cruz	4 ramales
5	Tipo Estrella	5 ramales

Donde: - **Count:** indica el número de ejes viales que intervienen en cada intersección.

- **Tip_inters:** Indica los factores de la variable.

- **Descrip:** Indica la descripción de los factores.

- A la cobertura *Tip_inters_1m_Punt* se añadió el campo *COD_FACTOR* en el cual se ingresa un número entero diferente para cada factor de la variable, así, se logró reconocer las combinaciones de los factores que se produjeron en un posterior proceso. (Tabla.5.34):

Tabla. 5.34. Código de los Factores de la Variable Tipo de Intersección.

Fuente: Elaboración propia.

Tip_inters	COD_FACTOR
Tipo T o Tipo Y	1
Tipo Cruz	20
Tipo Estrella	300

Donde: - **Tip_Inters**: Indica los factores de la variable en las intersecciones.

- **COD_FACTOR**: número entero ingresado para cada factor en las intersecciones.

- Posteriormente se realizó un spatial join entre Frec_Inters_20m_1 y la cobertura Tip_inters_1m_Punt obteniendo la cobertura Tp_Inters_20m_1, contiene los códigos de los Acc.T en cada intersección, a esta cobertura se le aplicó un Dissolve para obtener la cobertura Tip_Inters_20m_Punt_1.
- A la cobertura Tip_Inters_20m_Punt_1 se le añadió los siguientes campos:

Descri_COD, campo en el que se describió las combinaciones que se formaron en cada intersección.

Punt_Tip_I, indica el valor de la puntuación que el decidor dio a cada factor, así, si la intersección representa mayor peligro para que ocurra un Acc.T su puntuación fue 1.

- Se añadió el campo Normz_Tip, en el cual se realizó la normalización. Utilizando el método ya descrito.

$$W_i = \frac{N - O_i + 1}{\sum_i (N - O_k + 1)}$$

Donde: - $W_i = Normz_Tip$

- $N = 3$

- $O_i = Punt_Tip_I$

- $\sum_i (N - O_k + 1) = \sum Punt_Tip_I = 6$

- Finalmente, se realizó un Join(Table), tomando en cuenta el SUM_COD_FA entre las coberturas Tip_Inters_20m_Punt_1 y Tip_Inters_20m_1, de esta

manera cada una de las intersecciones tuvo el valor normalizado en la cobertura obtenida *Tip_Inters_20m_Normz_1*.

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Tipo de Intersección (*tip_inter_i_1*)**

A la cobertura *Tip_Inters_20m_Normz_1* que contiene los valores normalizados se procedió a convertirla en raster, a continuación la explicación de los pasos:

Se cambió en una capa de puntos a la cobertura *Clas_via_Inters_Normz_1* el resultado fue la cobertura *Tip_int_Cent_Inters_1*, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster *tip_inter_i_1*.

5.9.7. Cantidad de Intersecciones (*Cant_Inters_1*).

La obtención de los factores y la normalización de los mismos se los puede observar en el *Modelo_Cartográfico_9- Análisis de la Cantidad de Intersecciones*, cuyo procedimiento se explica a continuación.

Existen intersecciones con 3, 4, y 5 ramales, por tanto los factores obtenidos fueron 3. (Tabla.5.35):

Tabla. 5.35. Factores de la variable Tipo de Intersección.

Fuente: Elaboración propia.

FACTORES	
No.	Cantidad de Intersecciones (<i>Cant_inters</i>)
1	3 ramales
2	4 ramales
3	5 ramales

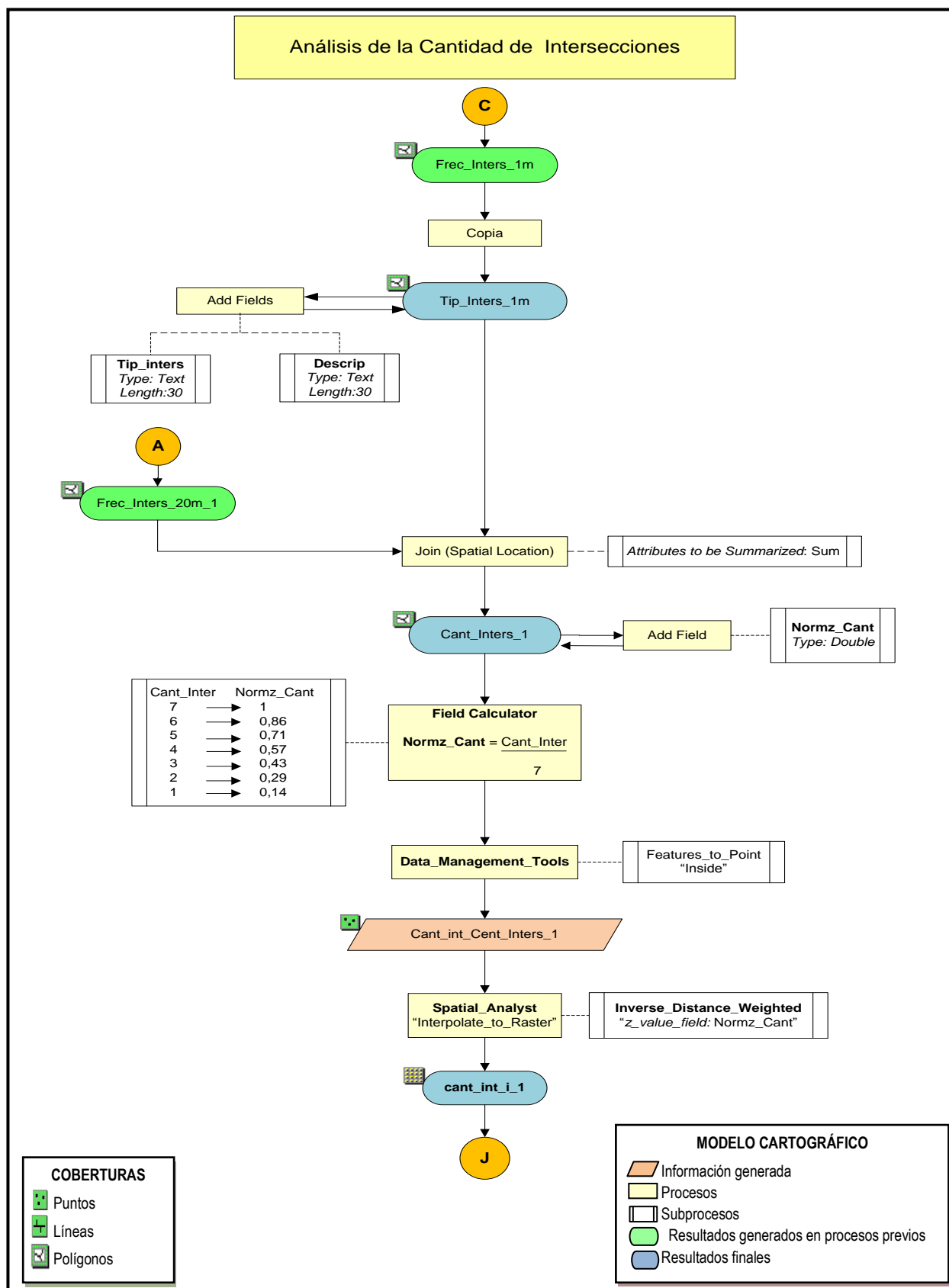


Figura. 5.31. Modelo_Cartográfico_9: Análisis de la Cantidad de Intersecciones. Fuente:
Elaboración propia.

❖ **Normalización de los factores de la variable Cantidad de Intersecciones (Can_Inters_1)**

Se realizó un *spatial join* entre *Tip_Inters_1m* y la cobertura *Frec_Inters_20m_1* obteniendo la cobertura *Cant_Inters_1*, a la cual se añadió el campo *Normz_Cant*, y se realizó la normalización. Utilizando el método ya descrito:

$$m_i = \frac{x_{ij}}{\max .x_{ij}}$$

Donde: - $m_j = \text{Normz_Cant}$

- $x_{ij} = \text{Cant_Inter}$

- $\max.x_{ij} = \text{Max_Valor (Cant_Inter)}=7$

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Cantidad de Intersecciones (ant_int_i_1).**

A la cobertura *Cant_Inters_1* que contiene los valores normalizados se procedió a convertirla en raster, a continuación la explicación de los pasos:

Se cambió en una capa de puntos a la cobertura *Cant_Inters_1* el resultado fue la cobertura *Cant_int_Cent_Inters_1*, a esta capa se la interpoló obteniendo el raster *cant_int_i_1*.

5.9.8. Ocupación del Suelo (Ocup_suelo_Inters_1).-

En el *Modelo_Cartográfico_10.-Análisis de la Variable Ocupación del Suelo en Intersecciones* se representan los pasos que se siguieron para normalizar sus factores y posterior conversión a raster. Breve descripción de estos pasos:

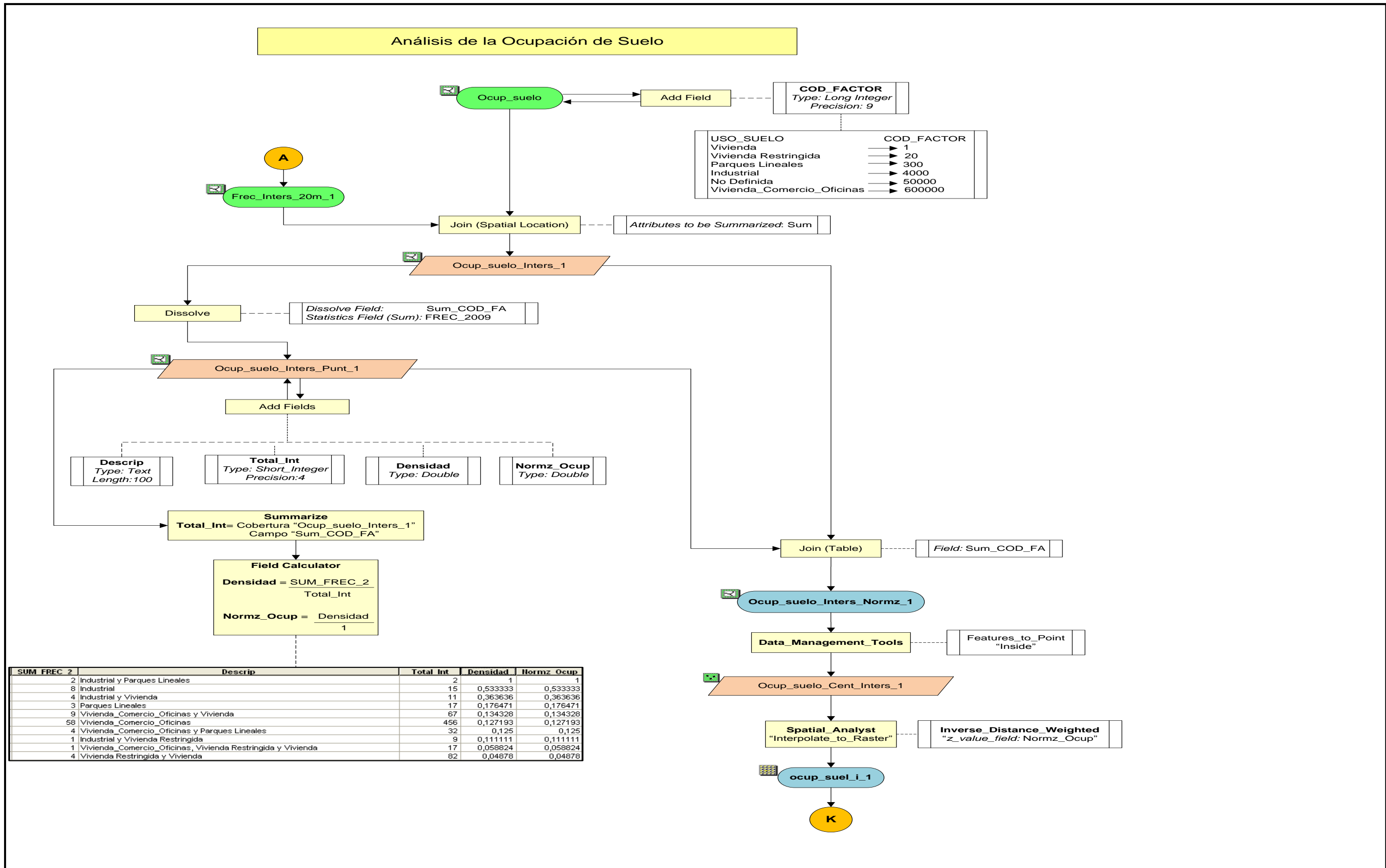


Figura. 5.32. Modelo_Cartográfico_10: Análisis de la Ocupación del Suelo en Intersecciones.

❖ **Normalización de los factores de la variable Ocupación del Suelo en Intersecciones (Ocup_suelo_Inters_1)**

- A la cobertura *Ocup_suelo*, se le añadió el campo *COD_FACTOR* en el cual se ingresa un número diferente para cada factor para reconocer las combinaciones de los factores. (Ver Tabla.5.36):

Tabla. 5.36. Código de los Factores de la Variable Ocupación del Suelo en Intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

USO SUELO	COD FACTOR
Vivienda	1
Vivienda Restringida	20
Parques Lineales	300
Industrial	4000
No Definida	50000
Vivienda Comercio Oficinas	600000

Donde: - **USO_SUELO:** Indica los factores de la variable en los Tramos.

- **COD_FACTOR:** número entero ingresado para cada factor en los Tramos.

- A continuación se realizó un spatial join entre la cobertura *Frec_Inters_20m_1* y la cobertura *Ocup_suelo* obteniendo *Ocup_suelo_Inters_1*, contiene el código de los Acc.T en cada una de los tramos, a esta cobertura se le aplicó un Dissolve obteniendo la cobertura *Ocup_suelo_Inters_Punt_1*.
- A la cobertura *Ocup_suelo_Inters_Punt_1* se le añadió los campos siguientes:

Descrip, campo en el cual se describió las combinaciones para cada eje vial en cada tramo.

Total_Int, indica el número total de tramos que existe en el cantón para cada combinación.

- ☑ *Densidad*, sus valores se obtuvieron dividiendo la frecuencia de cada combinación para el número de tramos correspondiente.

$$\text{Densidad} = \text{SUM_FREC_2009} / \text{Total_Int}$$

- Se añadió el campo *Normz_Ocup*, en el cual se realizó la normalización. Utilizando el método ya descrito

$$m_i = \frac{x_{ii}}{\max .x_{ii}}$$

Donde: - $m_j = \text{Normz_Ocup}$

- $x_{ij} = \text{Densidad}$

- $\max.x_{ij} = \text{Max_Valor (Densidad)}$

- Finalmente, se realizó un *Join (Table)*, tomando en cuenta el *SUM_COD_FA* entre las coberturas *Ocup_suelo_Inters_1* y *Ocup_suelo_Inters_Punt_1*, para que cada una de los tramos tenga el valor normalizado, obteniendo la cobertura *Ocup_suelo_Inters_Normz_1*.

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Ocupación del Suelo para el Modelado (ocup_suel_t_1)**

Una vez normalizados los factores de las variables se procedió a convertir a raster la cobertura *Ocup_suelo_Inters_Normz_1*. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura *Ocup_suelo_Inters_Normz_1* se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura *Ocup_suelo_Cent_Inters_1*, a esta capa se la interpoló obteniendo el raster *ocup_suel_i_1*.

Una vez que se obtuvieron los raster de las variables en las intersecciones se inicia el proceso de *Modelado*, se necesitó convertir a la cobertura *Frec_Inters_20m_1* a puntos para combinarlas con cada raster y obtener la *Matriz_Inters_1_fin* (Tabla.5.37), la cual contiene cada una de las variables con sus respectivas coordenadas X, Y. (*Modelo_Cartográfico_17.-Susceptibilidad de Accidentes de Tránsito en Intersecciones*)

Tabla. 5.37. Ejemplo de la Matriz de las Variables Independientes para Intersecciones

Fuente: Elaboración propia.

X	Y	NUM CARR	VELOC	TIP ROD	EST VI	CLAS	OCUP S	COD TR	FREC. 2009
784687,609838	9964482,31246	0,669841	0,99975	0,03001	0,17000	0,2999	0,04523	908	3
787189,609838	9963594,31246	0,669994	0,87999	0,03000	0,49999	0,3999	0,23999	843	3
785011,609838	9962883,31246	0,669688	0,62975	0,03003	0,49986	0,2999	0,11997	3131	3
785593,609838	9962850,31246	0,33	0,99999	0,03	0,17000	0,3999	0,06	2899	3
784624,609838	9961698,31246	0,329994	0,99943	0,03003	0,49984	0,3997	0,04000	1986	2
781606,609838	9960273,31246	0,33	0,87988	0,03001	0,33001	0,3999	0,17997	1999	2
783112,609838	9966588,31246	0,829928	0,43999	0,03000	0,17000	0,2999	0,04	995	1
784504,609838	9965745,31246	0,669999	0,99999	0,03	0,17	0,2999	0,04000	1003	1
783139,609838	9965646,31246	0,33	0,31000	0,03000	0,32999	0,2999	0,05985	574	1
784741,609838	9965280,31246	0,999729	0,99976	0,03	0,17	0,2999	0,03999	943	1

Nota.- Para la interpolación se utilizó la cobertura *Lim_Canton_Mod_20m* como máscara y a la cobertura *Eje_Vial_10m* se utilizó como extensión. Obsérvese en (*Modelo_Cartográfico_17.-Susceptibilidad de Accidentes de Tránsito en Intersecciones*)

5.10. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA EN TRAMOS

El proceso de obtención de cada una de las variables independientes para tramos se lo puede observar en el *Modelo_Cartográfico18.- Susceptibilidad de Accidentes de Tránsito en Tramos*.

5.10.1. Número de Carriles (*Num_carr_Tram_1*)

Para iniciar el proceso de normalización fue necesario conocer los factores de la variable (*Modelo_Cartográfico_11.-Análisis del Número de Carriles en Tramos* (Figura. 5.33), Los factores obtenidos, representan el número de carriles presentes en las vías del C.R. y son los siguientes (Tabla. 5.38.):

Tabla. 5.38. Factores de la variable Número de Carriles en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

<i>FACTORES</i>	
No.	Número de Carriles (Num_carr)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

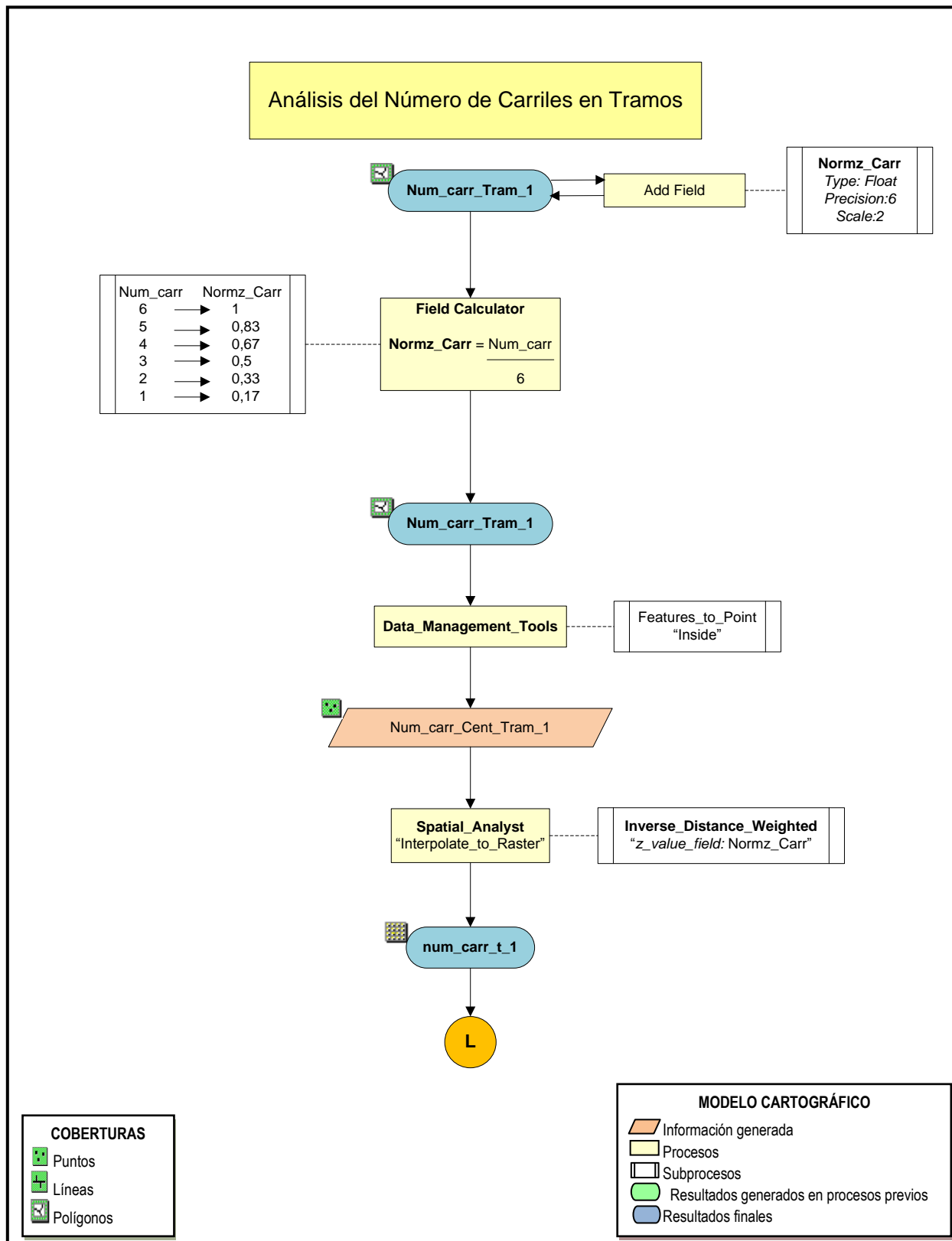


Figura. 5.33. Modelo_Cartográfico_11: Análisis del Número de Carriles en Tramos. Fuente:
Elaboración propia.

❖ **Normalización de los factores de la variable Número de Carriles en Tramos (Num_carr_Normz_1)**

La cobertura *Num_carr_Tram_1* (número de carriles en los tramos) se la obtuvo a partir de la cobertura *Frec_Tramos* (frecuencia de Acc.T. en tramos) correspondiente a este año.

Esta cobertura contiene los factores de esta variable, es decir, número de carriles que existe en el C.R. En cada uno de estos factores también el código y la frecuencia de Acc.T. sucedidos en los tramos respectivamente para cada factor (Tabla.5.39.).

Tabla. 5.39. Factores y Frecuencia de Acc.T. de la variable Número de Carriles en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Hum carr	SUM FREC 2
4	18
2	17
6	1
5	1
3	0
1	0

Donde: - **Num_carr**: Indica los factores de la variable en los tramos.

- **FREC_2009**: Indica la Frecuencia de Acc.T. en los tramos de cada factor.

Una vez conocidos los factores de la variable se procedió a la normalización (Normz_Carr), para que estos valores queden estandarizados, es decir en una misma escala, en la cobertura *Num_carr_Tram_1*, utilizando el método descrito inicialmente, de esta manera los valores finales tendrían una valoración entre 0 y 1.

$$m_i = \frac{x_{ii}}{\max .x_{ii}}$$

Donde: - mi = $Normz_Carr$
 - xij = Num_carr
 - $max.xij$ = $Máx_Valor_Carr=6$

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Número de Carriles para el Modelado (num_carr_i_1)**

Completado el proceso de la normalización se procedió a convertir a raster la cobertura que contiene el valor normalizado. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura $Num_carr_Tram_1$ se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura $Num_carr_Cent_Tram_1$, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster $num_carr_t_1$.

5.10.2. Velocidad (Veloc_Tram_1)

Para iniciar el proceso de normalización fue necesario conocer los factores que intervienen en esta variable *Modelo_Cartográfico_12- Análisis de la Velocidad en Tramos* (Figura. 5.34), para posteriormente en base a estos realizar el análisis, cuya explicación se la detalla a continuación.

Los factores obtenidos fueron los siguientes (Tabla. 5.40.):

Tabla. 5.40. Factores de la variable Velocidad en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

FACTORES	
No.	Velocidad (Veloc)
1	5
2	25
3	30
4	35
5	40
6	50
7	55
8	60
9	70
10	80

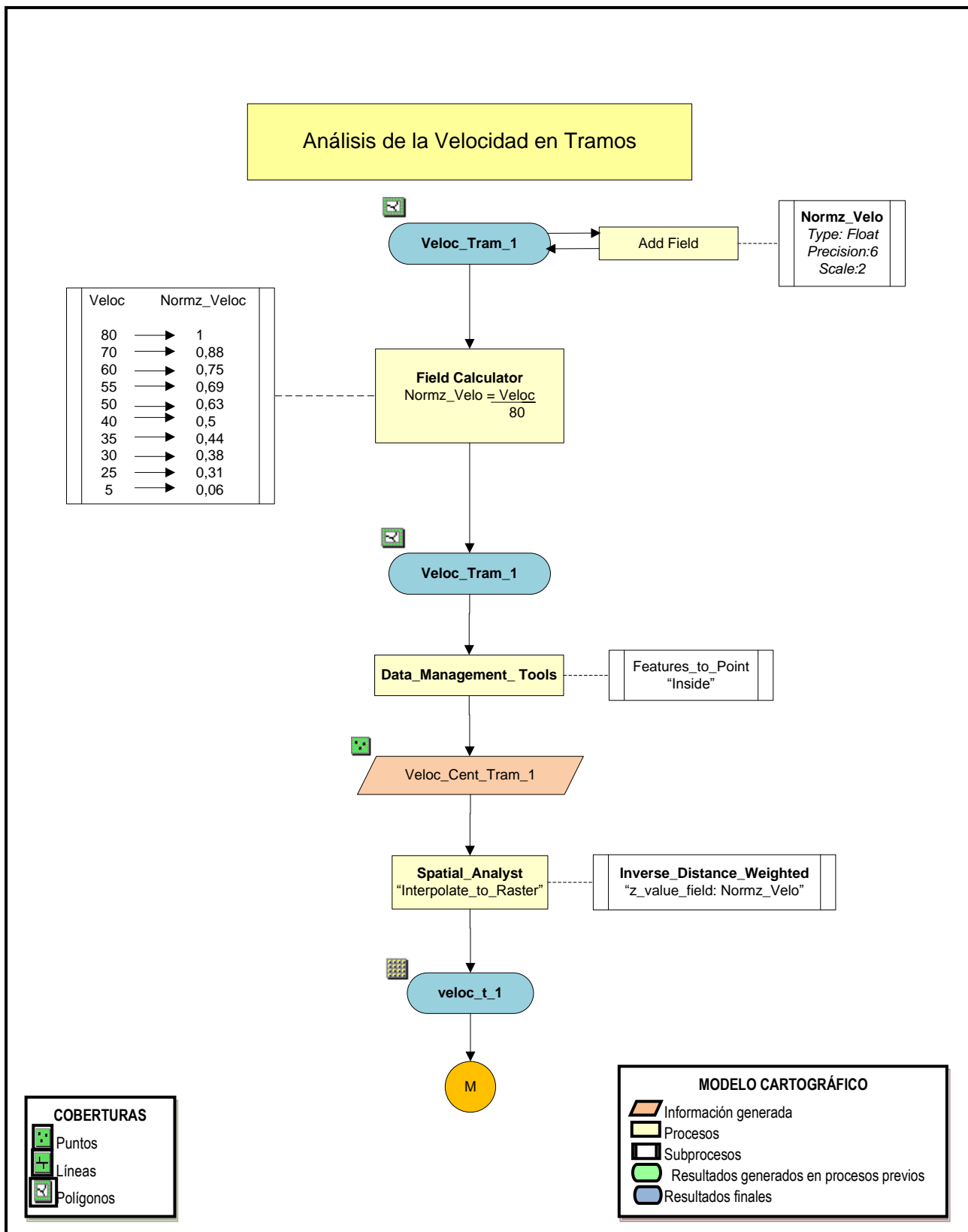


Figura. 5.34. Modelo_Cartográfico_12: Análisis de la Velocidad en Tramos. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Normalización de los factores de la variable Velocidad en Tramos (Veloc_Tram_Nomz_1)**

La cobertura *Veloc_Tram_1* (velocidad en los tramos) se la obtuvo a partir de la cobertura *Frec_Tramos* (frecuencia de Acc.T. en tramos) correspondiente a este año.

Esta cobertura contiene los factores de esta variable y los límites de velocidad, con las cuales se permite circular en el C.R. En cada uno de estos factores consta además, el código y la frecuencia de Acc.T. sucedidos en los tramos respectivamente para cada factor (Tabla.5.41.).

Tabla. 5.41. Factores y Frecuencia de la variable Velocidad en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Veloc	COD TRAM	FREC 2009
80	183	1
80	185	0
80	312	0
80	318	0
80	459	0
80	902	0
80	905	0
80	907	0
80	908	3

Donde: - **Veloc:** Indica los factores de la variable en los tramos.

- **COD_TRAM:** Indica el código del Acc.t en ese tramo.

- **FREC_2009:** Indica la Frecuencia de Acc.T. en los tramos de cada factor.

La normalización (*Normz_Velo*) se la obtuvo dividiendo cada uno de los factores para el factor mayor, (Ejemplo: Tabla.5.42). Para ello se utilizó el método ya mencionado:

$$m_i = \frac{x_{ii}}{\max .x_{ii}}$$

Donde: - $m_j = Normz_Velo$

- $x_{ij} = Veloc$

- $max.x_{ij} = Max_Valor = 80$

Normz Velo

min = 0,06

max= 1

Tabla. 5.42. Normalización de los factores de la variable Velocidad en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Veloc	COD TRAM	FREC 2009	Normz Velo
80	183	1	1
80	185	0	1
80	312	0	1
80	318	0	1
80	459	0	1
80	902	0	1
80	905	0	1
80	907	0	1
80	908	3	1
80	943	1	1
80	960	0	1

Donde: - **Normz_Velo:** valores estandarizados para cada factor en tramos (los valores estandarizados deben estar entre 0 y 1).

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Velocidad para el Modelado (veloc_t_1)**

Completado el proceso de la normalización se procedió a convertir a raster la cobertura que contiene el valor normalizado. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura Veloc_Tram_1 se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura Veloc_Cent_Tram_1, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster veloc_t_1.

5.10.3. Tipo de Rodadura (Tip_rod_Tram_1)

Esta variable de tipo cualitativa, es necesario convertirla a cuantitativa, para ello se procedió primero a puntuar sus factores y consecutivamente a normalizarlos. De igual

manera para iniciar este proceso fue necesario conocer los factores que intervienen en esta variable.

Los factores obtenidos fueron los siguientes (Tabla. 5.43.):

Tabla. 5.43. Factores de la variable Tipo de Rodadura en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

<i>FACTORES</i>	
No.	Tipo de Rodadura (Tip_rod)
1	Adoquín
2	Afirmado
3	Asfalto
4	Camino de Herradura
5	Empedrado
6	Gress
7	Hierva
8	Lastre

La obtención de estos factores y el proceso de puntuación y normalización se puede observar en el *Modelo_Cartográfico_13.-Análisis del Tipo de Rodadura en Tramos* (Figura.5.35.), cuya explicación se la detallará a continuación.

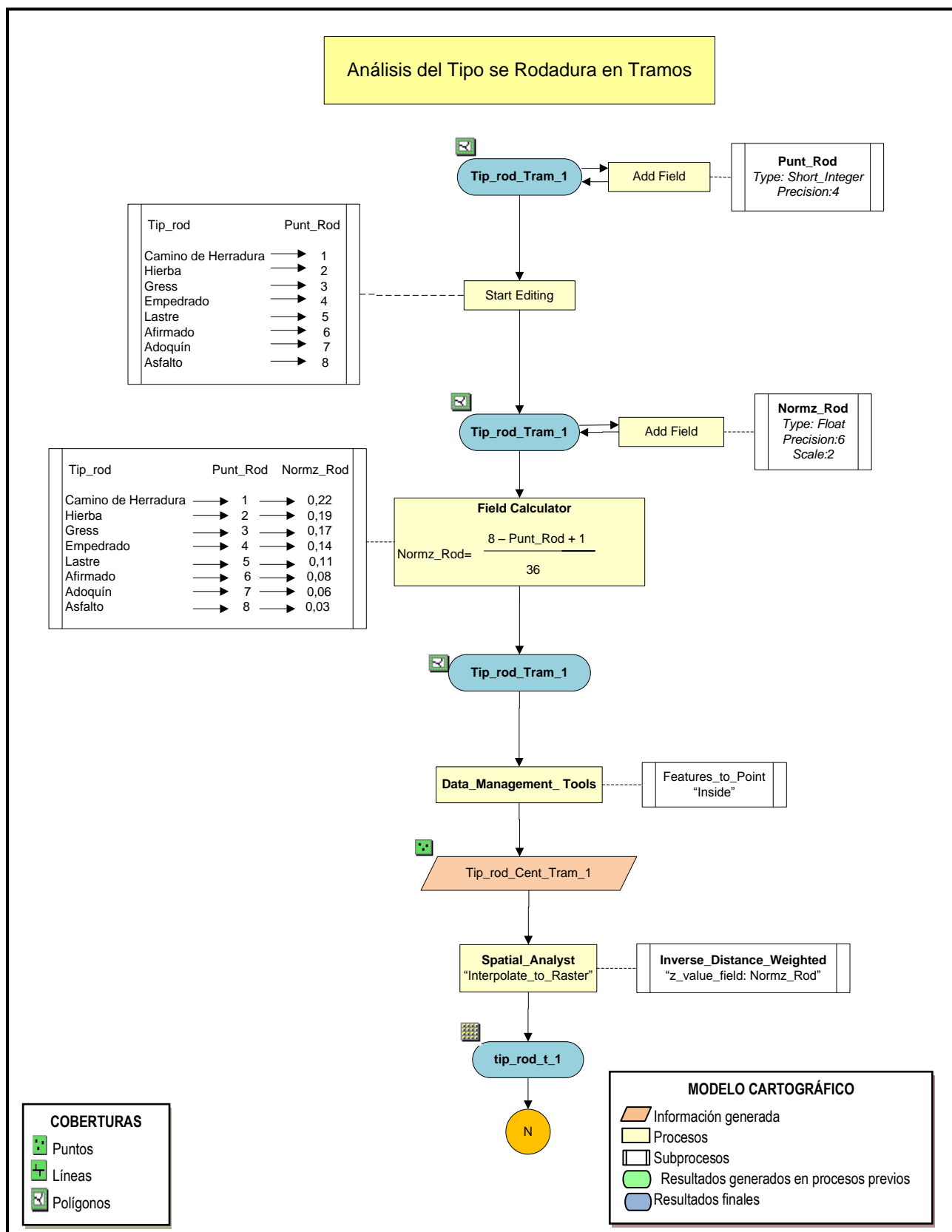


Figura. 5.35. Modelo_Cartográfico_13: Análisis del Tipo de Rodadura en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Puntuación de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Tramos (Tip_rod_Tram_1)**

Esta cobertura contiene los factores de esta variable, el código y la frecuencia de Acc.T. ocurridos en los tramos respectivamente para cada factor (Tabla.5.44.).

Tabla. 5.44. Factores y Frecuencia de la variable Tipo de Rodadura en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Tip rod	COD TRAM	FREC 2009
Asfalto	843	3
Asfalto	908	3
Asfalto	2899	3
Asfalto	3131	3
Asfalto	1986	2
Asfalto	1999	2
Asfalto	180	1
Asfalto	183	1

Donde: - **Tip_rod**: Indica los factores de la variable en los tramos.

- **COD_TRAM**: Indica el código del Acc.t en ese tramo.

- **FREC_2009**: Indica la Frecuencia de Acc.T. en los tramos de cada factor.

Previo a la normalización se realizó la puntuación, para ello se añadió el campo **Punt_Rod**, el criterio más importante tuvo el valor de 1, el siguiente el valor de 2 y así sucesivamente en una escala ascendente (Tabla.5.45.).

La puntuación de los factores se argumentó considerando el siguiente aspecto:

- La condición más crítica para que ocurra un Acc.T. en relación a cada factor.

Tabla. 5.45. Puntuación de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Tip rod	COD TRAM	FREC 2009	Punt Rod
Asfalto	843	3	8
Asfalto	908	3	8
Asfalto	2899	3	8
Asfalto	3131	3	8
Asfalto	1986	2	8
Asfalto	1999	2	8
Asfalto	180	1	8
Asfalto	183	1	8
Asfalto	458	1	8

Donde: - **Punt_Rod**: Indica el orden o puntuación final de los factores en los tramos.

❖ **Normalización de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Tramos (Tip_rod_Tram)**

Finalmente para que todos los factores puntuados queden estandarizados, es decir en una misma escala, se realizó una normalización (*Normz_Rod*). (Ejemplo: Tabla.5.46):

$$W_i = \frac{N - O_i + 1}{\sum_i (N - O_k + 1)}$$

Donde: - $W_i = \text{Normz_Rod}$

- $N = 8$

- $O_i = \text{Punt_Rod}$

- $\sum_i (N - O_k + 1) = \sum \text{Punt_Rod} = 36$

Normz_Rod

min = 0,03

max = 0,22

Tabla. 5.46. Normalización de los factores de la variable Tipo de Rodadura en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Tip rod	COD TRAM	FREC 2009	Punt Rod	Normz Rod
Asfalto	843	3	8	0,03
Asfalto	908	3	8	0,03
Asfalto	2899	3	8	0,03
Asfalto	3131	3	8	0,03
Asfalto	1986	2	8	0,03
Asfalto	1999	2	8	0,03
Asfalto	180	1	8	0,03
Asfalto	183	1	8	0,03
Asfalto	458	1	8	0,03
Asfalto	506	1	8	0,03

Donde: - **Normz_Rod**: Indica el valor o peso final de cada factor.

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Tipo de Rodadura para el Modelado (tip_rod_t_1)**

Completado el proceso de la normalización se procedió a convertir a raster la cobertura que contiene el valor normalizado. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura *Tip_rod_Tram_1* se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura *Tip_rod_Cent_Tram_1*, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster *tip_rod_t_1*.

5.10.4. Estado de la Vía (*Est_via_Tram_1*)

Para realizar la puntuación y normalización de los factores de la variable cualitativa, se partió desde la obtención de los mismos, en el *Modelo_Cartográfico_14.-Análisis de Estado de la vía en Tramos* (Figura.5.36.), se observa el proceso.

Los factores obtenidos, representan el estado de las vías del C.R. y son los siguientes (Tabla. 5.47.):

Tabla. 5.47. Factores de la variable Estado de la vía en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

FACTORES	
No.	Estado de la vía (<i>Est_via</i>)
1	Bueno
2	Regular
3	Malo

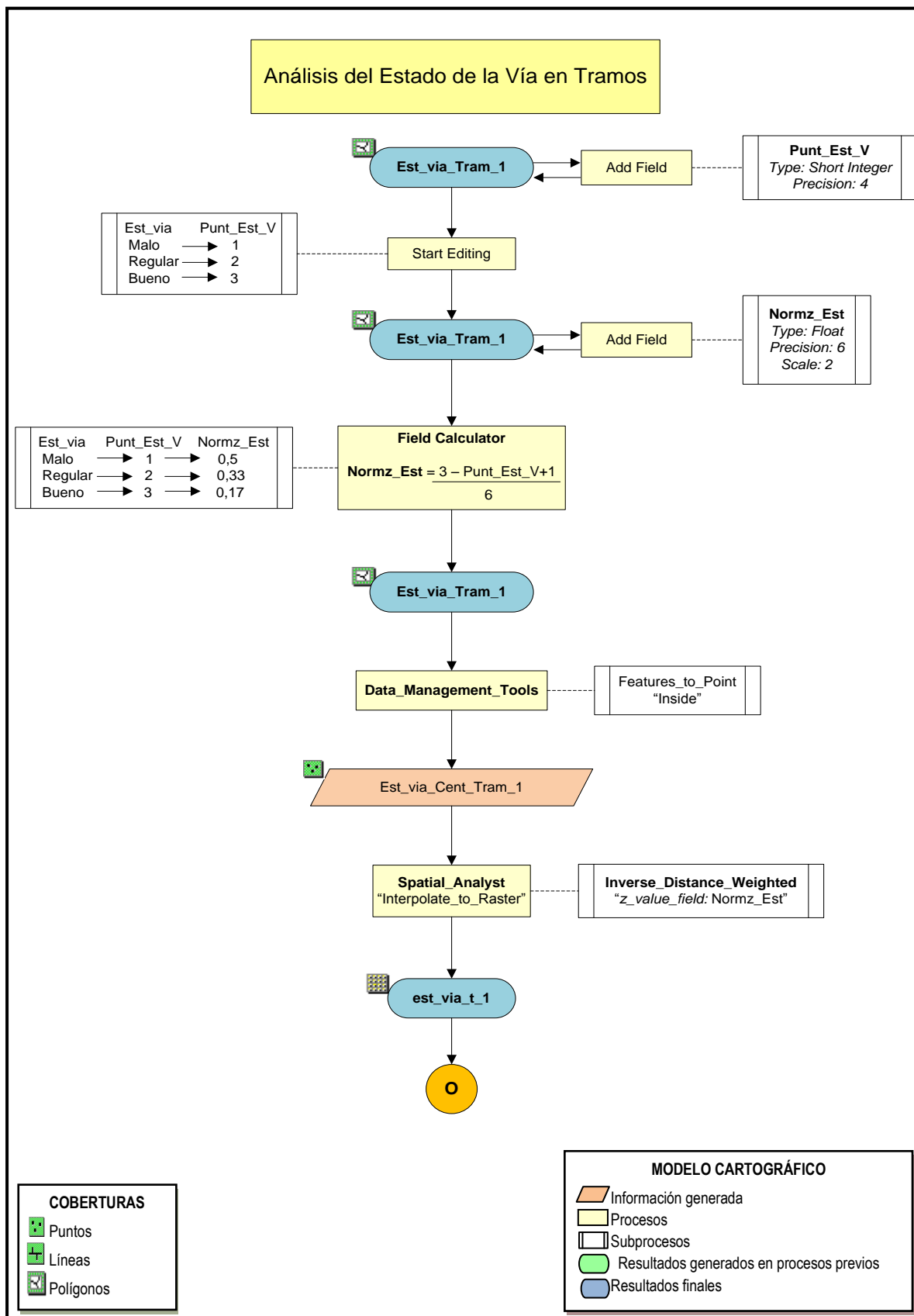


Figura. 5.36. Modelo_Cartográfico_14: Análisis del Estado de la Vía en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Puntuación de los factores de la variable Estado de la vía en Tramos (Est_via_Tram_1)**

La cobertura *Est_via_Tram_1*, contiene los factores de esta variable, es decir, el estado de las vías del C.R., además consta del código y la frecuencia de Acc.T. ocurridos en los tramos respectivos para cada factor (Tabla. 5.48.).

Tabla. 5.48. Factores y Frecuencia de Acc.T. de la variable Estado de la vía en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Est via	SUM FREC. 2
Malo	14
Bueno	12
Regular	11

Donde: - **Est_via:** Indica los factores de la variable en los tramos.

- **COD_TRAM:** Indica el código del Acc.t en ese tramo.

- **FREC_2009:** Indica la Frecuencia de Acc.T. en los tramos de cada factor.

De igual manera la puntuación se la justificó utilizando el criterio ya mencionado:

- La condición más crítica para que ocurra un Acc.T. en relación a cada factor.

Así, se procedió a la puntuación, añadiendo el campo *Punt_Est_V* en la cual se ordenó los factores según el grado de importancia, para el factor más crítico se puntuó con 1, menos crítico 3. (Tabla. 5.49.).

Tabla. 5.49. Puntuación de los factores de la variable Estado de la vía en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Est via	SUM FREC 2	Total Tram	Punt Est V
Malo	14	1040	1
Regular	11	1104	2
Bueno	12	1040	3

Donde: - **Punt_Est_V:** Indica el orden o puntuación final de los factores en los tramos.

❖ **Normalización de los factores de la variable Estado de la vía en Tramos (Est_via_Tram_1)**

Posteriormente a la puntuación de los factores, se ejecutó la normalización, se añadió el campo, *Normz_Est*, para lo cual se utilizó el método ya descrito, obteniendo los siguientes resultados.

$$W_i = \frac{N - O_i + 1}{\sum_i (N - O_k + 1)}$$

Donde: - $W_i = Normz_Est$

- $N = 3$

- $O_i = Punt_Est_V$

- $\sum_i (N - O_k + 1) = \sum Punt_Est_V = 6$

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Estado de la Vía para el Modelado (num_carr_i_1)**

Completado el proceso de la normalización se procedió a convertir a raster la cobertura que contiene el valor normalizado. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura *Est_via_Tram_1* se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura *Est_via_Cent_Tram_1*, a esta capa se la interpoló obteniendo el raster *num_carr_i_1*.

5.10.5. Clase de Vía (Clas_via_Tram_1)

Al igual que las variables anteriores, es necesario conocer los factores y posteriormente en base a estos realizar el análisis, en tramos. Los factores obtenidos fueron los siguientes (Tabla. 5.50.):

Tabla. 5.50. Factores de la variable Clase de Vía en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

<i>FACTORES</i>	
No.	Clase de Vía (Clas_vía)
1	Arterial
2	Colectora
3	Expresa
4	Local

En el *Modelo_Cartográfico_15.- Análisis de la Clase de Vía en Tramos* (Figura.5.36.), se puede observar el proceso realizado para obtener los factores mencionados de esta variable así como el proceso que se realizó para la puntuación y normalización de dichos factores.

❖ **Puntuación de los factores de la variable Clase de Vía para Tramos (Clas_via_Tram_1)**

La cobertura *Clas_via_Tram_1* (clase de vía en los tramos) se la obtuvo a partir de la cobertura *Frec_Tramos* (frecuencia de Acc.T. en tramos) correspondiente a este año.

En la cobertura *Clas_via_Tram_1* podemos observar los factores de esta variable, el código y la frecuencia de Acc.T. ocurridos en los tramos respectivamente para cada factor (Tabla.5.51).

Tabla. 5.51. Factores y Frecuencia de la variable Clase de Vía.

Fuente: Elaboración propia.

Clas via	COD TRAM	FREC 2009
Expresa	460	0
Expresa	840	0
Expresa	841	1
Expresa	842	0
Expresa	843	3
Expresa	927	0
Expresa	1012	0
Expresa	1013	0
Expresa	1278	0

Donde: - **Clas_via:** Indica los factores de la variable en los tramos.

- **COD_TRAM:** Indica el código del Acc.t en ese tramo.

- **FREC_2009:** Indica la Frecuencia de Acc.T. en los tramos de cada factor.

Los factores de esta variable también son cualitativos, por lo tanto fue necesario convertirlos a cuantitativos.

Para argumentar la conversión de estos factores cualitativos a cuantitativos y realizar la puntuación, se añadió, nuevamente, el campo *Punt_Via*, se ingresó la puntuación que el decidor considero la más adecuada, así, la clase de vía que se razonó que es más propensa para que ocurra un Acc.T se le puntuó con 1 y la que menor riesgo presenta se le puntuó con 4. (Ejemplo Tabla.5.52.).

Tabla. 5.52. Puntuación de los factores de la variable Clase de Vía en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Clas via	COD TRAM	FREC 2009	Punt Via
Local	2	0	4
Local	11	0	4
Local	12	0	4
Local	16	0	4
Local	17	0	4
Local	19	0	4
Local	20	0	4

Donde: - **Punt_Via**: Indica el orden o puntuación final de los factores en los tramos.

La puntuación mostrada en la tabla anterior, se realizó bajo el análisis de los tres aspectos mencionados relacionándolos de la siguiente manera:

❖ **Normalización de los factores de la variable Clase de Vía en Tramos (Clas_via_Tram_1)**

En el campo añadido *Normz_Via* se puede observar la normalización de los factores en base a la puntuación realizada (Tabla. 5.53.). Esta valoración se la realizó utilizando el método ya descrito:

$$W_i = \frac{N - O_i + 1}{\sum_i (N - O_k + 1)}$$

Donde: - $W_i = \text{Normz_Via}$

- $N = 4$

- $O_i = \text{Punt_Via}$

- $\sum_i (N - O_k + 1) = \sum \text{Punt_Via} = 10$

Normz_Via

min = 0,1

max= 0,4

Tabla. 5.53. Valoración de los factores de la variable Clase de Vía en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Clas vía	COD TRAM	FREC 2009	Punt Vía	Normz Vía
Local	2	0	4	0,1
Local	11	0	4	0,1
Local	12	0	4	0,1
Local	16	0	4	0,1
Local	17	0	4	0,1
Local	19	0	4	0,1

Donde: -

Normz_Vía: Indica el valor o peso final de cada factor.

❖ **Conversión de Vector a Raster de la Variable Clase de Vía para el Modelado (clas_via_t_1)**

Completado el proceso de la normalización se procedió a convertir a raster la cobertura que contiene el valor normalizado. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura *Clas_via_Tram_1* se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura *Clas_via_Cent_Tram_1*, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster *clas_via_t_1*.

5.10.6. Ocupación del Suelo (Ocup_suelo)

Para analizar esta variable fue necesario realizar a los ejes viales del cantón un *Buffer* de 10m, debido que la mayoría de estos pertenecen a más de un uso de suelo y que van a influir en su comportamiento.

Los factores de ocupación de suelo son los siguientes:

Tabla. 5.54. Factores de la variable Ocupación del Suelo en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

FACTORES	
No.	Ocupación del Suelo(Ocup_suelo)
1	Vivienda
2	Vivienda_Restringida
3	Vivienda_Comercio_Oficinas
4	Industrial
5	Parques_Lineales
6	No_Definida

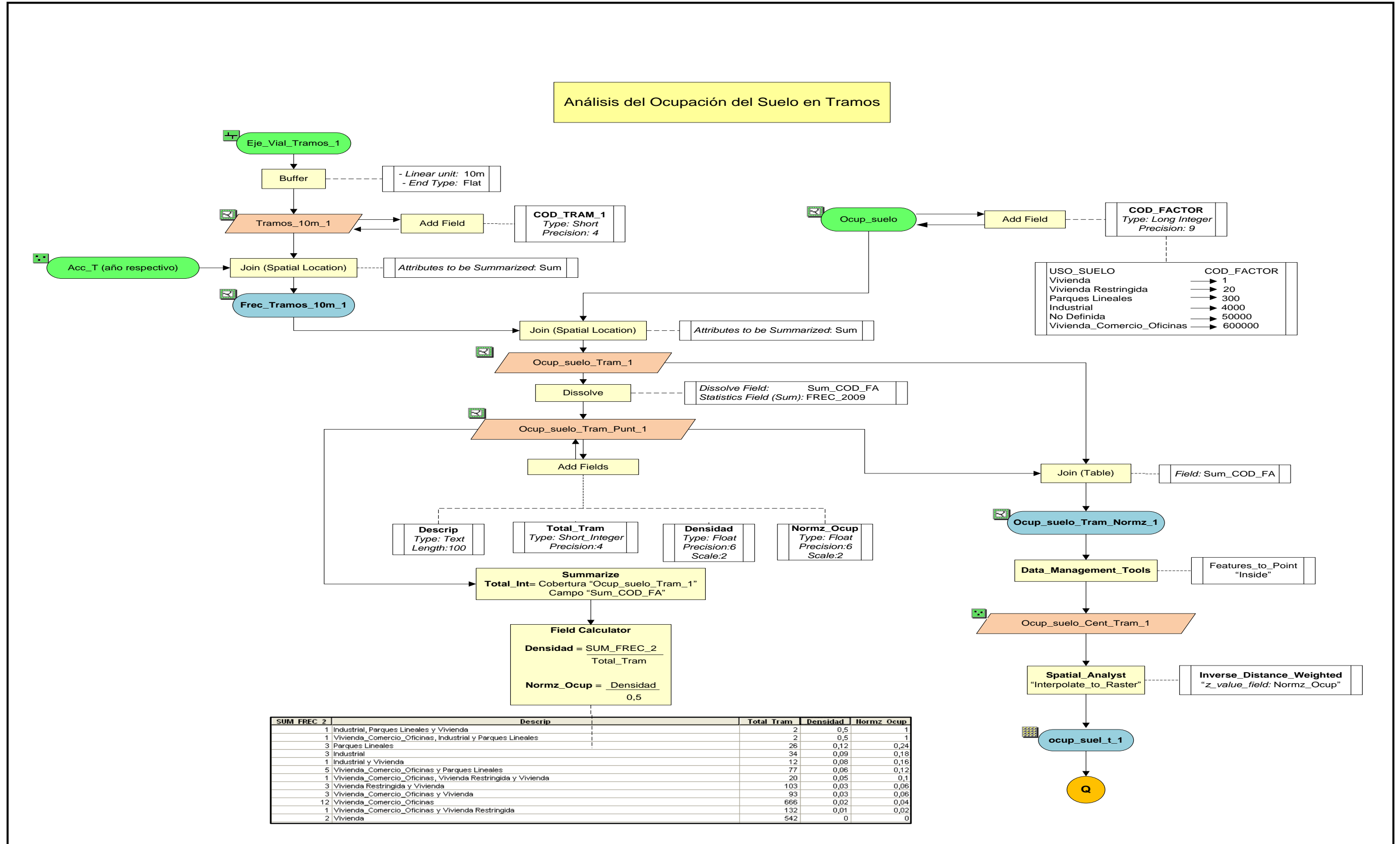


Figura. 5.38. Modelo_Cartográfico_16: Análisis de la Ocupación del Suelo en Tramos. Fuente: Elaboración propia.

En el *Modelo_Cartográfico_16.-Análisis de la Variable Ocupación del Suelo en Tramos* (Figura.5.38.), se representan los pasos que se siguieron para normalizar sus factores y posterior conversión a raster. Breve descripción de estos pasos:

❖ **Normalización de los factores de la variable Ocupación del Suelo en Tramos (Ocup_suelo_Tram_1):-**

- A la cobertura Eje_Vial_Tramos_1, cuyo proceso de obtención se lo puede observar en el Modelo_Cartográfico_1._ Frec_Inters_Tram_1, se le realiza un Buffer de 10m, obteniendo la cobertura Tramos_10m_1 añadimos el campo COD_TRAM_1 que contiene los códigos de los Acc.T. en cada tramo, luego se ejecutó un Join (Spatial Location) con la cobertura Acc_T, que contiene los accidentes del año 2009, resultando la cobertura Frec_Tramos_10m_1 (Tabla.5.55.)
- La cobertura Ocup_suelo, se le añadió el campo COD_FACTOR en el cual se ingresa un número diferente para cada factor para reconocer las combinaciones de los factores. (Tabla.5.55)

Tabla. 5.55. Código de los Factores de la Variable Ocupación del Suelo en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

USO SUELO	COD FACTOR
Vivienda	1
Vivienda Restringida	20
Parques Lineales	300
Industrial	4000
No Definida	50000
Vivienda Comercio Oficinas	600000

Donde: - **USO_SUELO:** Indica los factores de la variable en los Tramos.

- **COD_FACTOR:** número entero ingresado para cada factor en los Tramos.

- A continuación se realizó un *spatial join* entre la cobertura *Frec_Tramos_10m_1* y la cobertura *Ocup_suelo* obteniendo

Ocup_suelo_Tram_1, contiene el código de los Acc.T en cada una de los tramos, a esta cobertura se le aplicó un Dissolve obteniendo la cobertura *Ocup_suelo_Tram_Punt_1*.

- A la cobertura *Ocup_suelo_Tram_Punt_1* se le añadió los campos siguientes:
 - ☑ *Descrip*, campo en el cual se describió las combinaciones para cada eje vial en cada tramo.
 - ☑ *Total _Tram*, indica el número total de tramos que existe en el cantón para cada combinación.
 - ☑ *Densidad*, sus valores se obtuvieron dividiendo la frecuencia de cada combinación para el número de tramos correspondiente.

$$\text{Densidad} = \text{SUM_FREC_2009}/\text{Total_Tram}$$

- Se añadió el campo *Normz_Ocup*, en el cual se realizó la normalización, (Ejemplo: Tabla5.56.). Utilizando el método ya descrito:

$$m_i = \frac{x_{ii}}{\max .x_{ii}}$$

Donde: - $m_j = \text{Normz_Ocup}$

- $x_{ij} = \text{Densidad}$

- $\max.x_{ij} = \text{Max_Valor (Densidad)}=0.5$

- Finalmente, se realizó un *Join(Table)*, tomando en cuenta el *SUM_COD_FA* entre las coberturas *Ocup_suelo_Tram_1* y *Ocup_suelo_Tram_Punt_1*, para

que cada una de los tramos tenga el valor normalizado, obteniendo la cobertura *Ocup_suelo_Tram_Normz_1*.

Tabla. 5.56. Normalización de los factores de la variable Ocupación del Suelo en Tramos.

Fuente: Elaboración propia.

SUM FREQ 2	Descrip	Total Tram	Densidad	Normz Ocup
1	Industrial, Parques Lineales y Vivienda	2	0,5	1
1	Vivienda_Comercio_Oficinas, Industrial y Parques Lineales	2	0,5	1
3	Parques Lineales	26	0,12	0,24
3	Industrial	34	0,09	0,18
1	Industrial y Vivienda	12	0,08	0,16
5	Vivienda_Comercio_Oficinas y Parques Lineales	77	0,06	0,12
1	Vivienda_Comercio_Oficinas, Vivienda Restringida y Vivienda	20	0,05	0,1
3	Vivienda Restringida y Vivienda	103	0,03	0,06
3	Vivienda_Comercio_Oficinas y Vivienda	93	0,03	0,06
12	Vivienda_Comercio_Oficinas	666	0,02	0,04
1	Vivienda_Comercio_Oficinas y Vivienda Restringida	132	0,01	0,02
2	Vivienda	542	0	0

Donde: - **Normz_Ocup**: valores estandarizados para cada factor en intersecciones (los valores estandarizados deben estar entre 0 y 1).

❖ Conversión de Vector a Raster de la Variable Ocupación del Suelo para el Modelado (*ocup_suel_t_1*)

Una vez normalizados los factores de las variables se procedió a convertir a raster la cobertura *Ocup_suelo_Tram_Normz_1*. Los pasos fueron los siguientes:

A la cobertura *Ocup_suelo_Tram_Normz_1* se convirtió en una capa de puntos obteniendo la cobertura *Ocup_suelo_Cent_Tram_1*, a esta capa se la interpolo obteniendo el raster *ocup_suel_t_1*.

Una vez que se obtuvieron los raster de las variables en los tramos se inicia el proceso de *Modelado*, se necesitó convertir a la cobertura *Frec_Tramos_1* a puntos para combinarlas con cada raster y obtener la *Matriz_Tram_1_fin* (Tabla.5.57.), la cual contiene cada una de las variables con sus respectivas coordenadas X, Y. (*Modelo_Catogáfico_18.- Susceptibilidad de Accidentes de Tránsito en Tramos*).

Tabla. 5.57. Ejemplo de la Matriz de las Variables Independientes para Tramos

Fuente: Elaboración propia

X	Y	NUM CARR	VELOC	TIP ROD	EST VI	CLAS	OCUP S	COD TR	FREC. 2009
784687,609838	9964482,31246	0,669841	0,99975	0,03001	0,17000	0,2999	0,04523	908	3
787189,609838	9963594,31246	0,669994	0,87999	0,03000	0,49999	0,3999	0,23999	843	3
785011,609838	9962883,31246	0,669688	0,62975	0,03003	0,49986	0,2999	0,11997	3131	3
785593,609838	9962850,31246	0,33	0,99999	0,03	0,17000	0,3999	0,06	2899	3
784624,609838	9961698,31246	0,329994	0,99943	0,03003	0,49984	0,3997	0,04000	1986	2
781606,609838	9960273,31246	0,33	0,87988	0,03001	0,33001	0,3999	0,17997	1999	2
783112,609838	9966588,31246	0,829928	0,43999	0,03000	0,17000	0,2999	0,04	995	1
784504,609838	9965745,31246	0,669999	0,99999	0,03	0,17	0,2999	0,04000	1003	1
783139,609838	9965646,31246	0,33	0,31000	0,03000	0,32999	0,2999	0,05985	574	1
784741,609838	9965280,31246	0,999729	0,99976	0,03	0,17	0,2999	0,03999	943	1

- Para la interpolación se utilizó la cobertura *Lim_Canton_Mod_20m* como máscara y a la cobertura *Eje_Vial_10m* se utilizó como extensión. Obsérvese en el *Modelo_Catográfico_18.- Susceptibilidad de Accidentes de Tránsito en Tramos.*

5.11. MODELOS CARTOGRÁFICOS GENERALES PARA EL MODELAMIENTO ESPACIAL

Una vez determinada la variable dependiente y las variables independientes, se realizaron los respectivos modelos cartográficos generales para la obtención de la susceptibilidad de Acc.T. en intersecciones y en tramos. Estos modelos representan mediante una secuencia lógica, todas las operaciones básicas realizadas en el SIG con la finalidad de resolver el problema espacial planteado en este proyecto.

5.11.1. Modelo Cartográfico General de la Susceptibilidad de Acc.T. en Intersecciones

En la Figura. 5.39. Modelo Cartográfico 17: Susceptibilidad de Acc.T. en Intersecciones, se describe toda la metodología empleada para la obtención del modelo en intersecciones partiendo desde la obtención de las variables, análisis de los factores de las mismas hasta la utilización de métodos estadísticos para la obtención del modelo más representativo.

Mediante técnicas estadísticas se desarrollaron varios modelos de susceptibilidad de Acc.T. para intersecciones y estos fueron los siguientes:

❖ *Modelos para Intersecciones.-*

Modelo 1: **MLI**: se refiere al modelo de regresión lineal múltiple para Intersecciones.

Modelo 2: **MMI**: se refiere al modelo de MARS para Intersecciones.

Modelo 3: **MPI**: se refiere al modelo de regresión de Poisson para Intersecciones.

Modelo 4: **MBNI**: se refiere al modelo de regresión Binomial Negativa para Intersecciones.

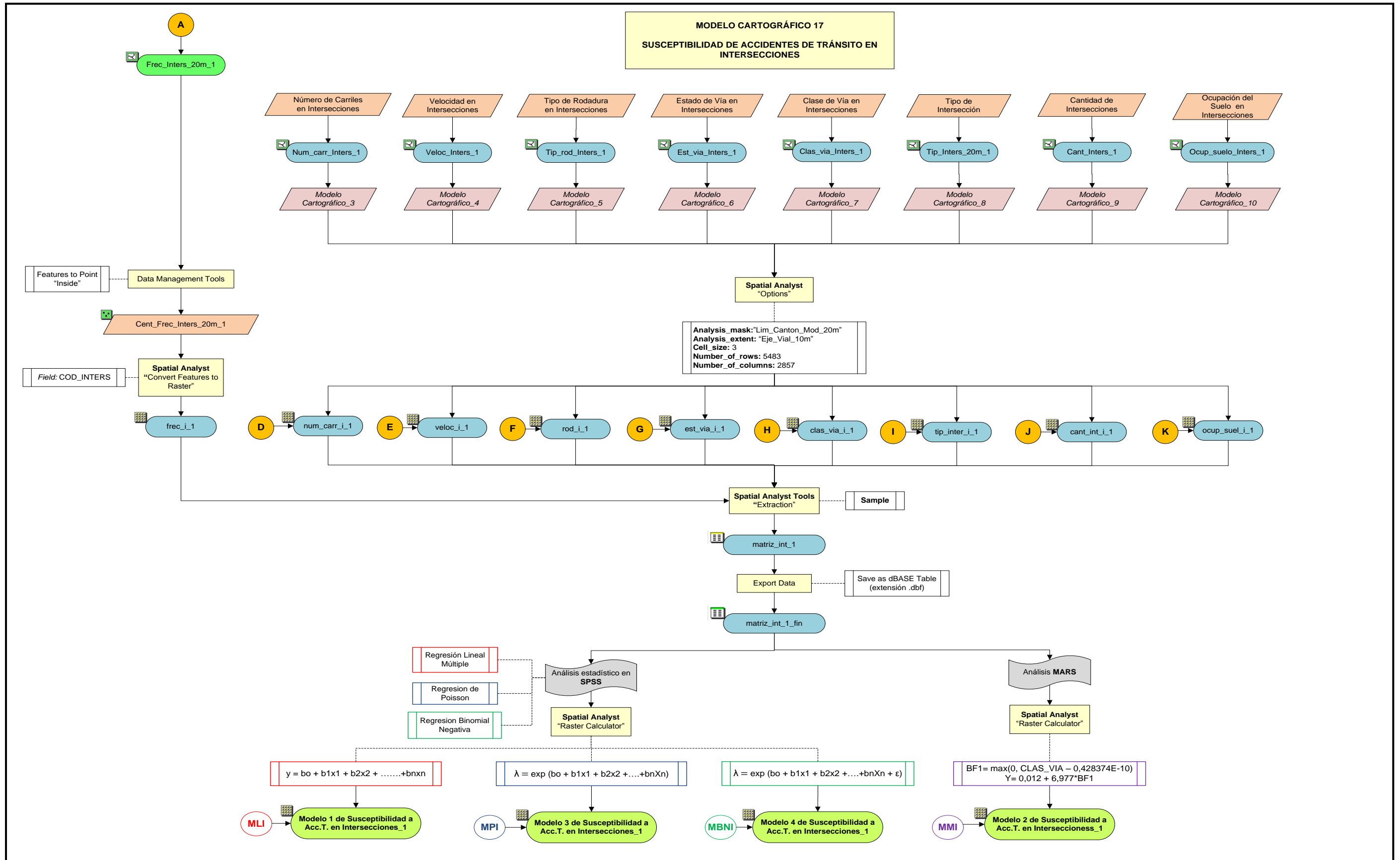


Figura. 5.39. Modelo_Cartográfico_17: Susceptibilidad de Acc.T. en Intersecciones. Fuente: Elaboración Propia.

5.11.2. Modelo Cartográfico General de la Susceptibilidad de Acc.T. en tramos

En la Figura. 5.40. Modelo Cartográfico 18: Susceptibilidad de Acc.T. en tramos, se describe toda la metodología empleada para la obtención del modelo en tramos a partir de las variables, el tratamiento a las mismas y la utilización de métodos estadísticos para la obtención del modelo más idóneo.

Mediante técnicas estadísticas se desarrollaron varios modelos de susceptibilidad de Acc.T. para tramos y estos fueron los siguientes:

❖ Modelos para Tramos.-

Modelo 1: **MLT**: se refiere al modelo de regresión lineal múltiple para Tramos.

Modelo 2: **MMT**: se refiere al modelo de MARS para Tramos.

Modelo 3: **MPT**: se refiere al modelo de regresión de Poisson para Tramos.

Modelo 4: **MBNT**: se refiere al modelo de regresión Binomial Negativa para Tramos.

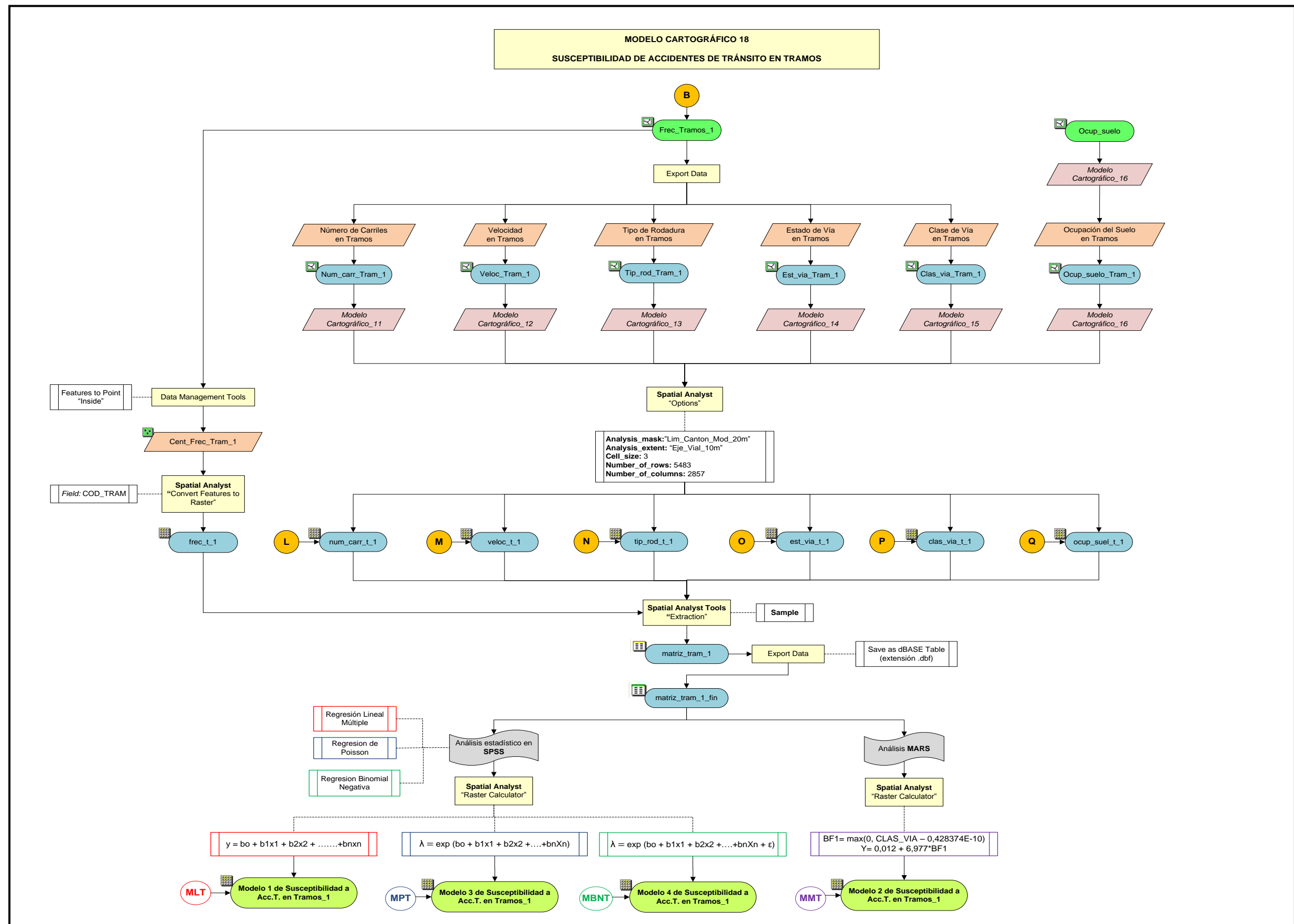


Figura. 5.40. Modelo_Cartográfico_18: Susceptibilidad de Acc.T. en Tramos. Fuente: Elaboración Propia.

5.12. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MULTIPLE PARA EL MODELO DE INTERSECCIONES Y TRAMOS

Dado que se deseaba conocer la relación o dependencia entre variables cuantitativas, se consideró un análisis de regresión lineal múltiple.

De una forma general, lo primero que suele hacerse para ver si dos variables aleatorias (Y: dependiente e X: independiente) están relacionadas o no, consiste en tomar una muestra aleatoria. Sobre cada individuo de la muestra se analizan las dos características en estudio (Y y X), de modo que para cada individuo se tiene un par de valores (x_i, y_i) ($i=1, \dots, n$).

Los individuos de la muestra en este caso fueron las intersecciones y los tramos encontrados en el Cantón Rumiñahui, **1928 y 3138** respectivamente. Para cada intersección y tramo se tuvieron valores de “Y” (variable dependiente) y valores de “X” (variables independientes), es decir valores de Frecuencia de Acc.T. (“Y”) y valores de cada una de las variables estudiadas (“X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8”) en cada intersección y de igual manera en cada tramo del Cantón. Todo esto se generó en matrices de datos, obtenidas mediante la herramienta “*Sample*” tanto para el modelo de intersecciones como para el de tramos.

El objetivo del análisis de regresión es determinar la relación que existe entre variables; es por esta razón, que se utilizó este concepto con la finalidad de que a partir de eventos conocidos en el área de estudio se pueda *estimar* si es que estos son causados por ciertas variables independientes.















5.12.1. Variables que intervienen en el análisis de regresión lineal múltiple para Intersecciones y Tramos

Cada variable que intervino en el análisis, fue analizada de acuerdo al fenómeno en estudio, es decir de acuerdo a la accidentabilidad (Frecuencia de Acc.T.); de esta manera se logró conocer cómo reacciona cada variable frente a la probabilidad de que ocurra un Acc.T.

Las variables independientes en estudio como se observa en el *Modelo_Cartográfico_17* y *Modelo_Cartográfico_18*, para Intersecciones y para Tramos respectivamente, una vez que fueron normalizadas (valores entre 0 y 1) en formato vector se procedió a obtener su centroide, con la finalidad de poder transformar cada variable vector a formato raster, esto se lo realizó a través de una interpolación (*interpolate to raster: IDW (Inverse Distance Weighted)*), esta operación se desarrolló específicamente para obtener una superficie continua de los datos y no se la realizó con el objetivo de conocer los valores que arrojaban en las manzanas o en otro lugar fuera de los ejes viales, únicamente fue para obtener una superficie continua y para poder realizar el modelamiento estadístico espacial.

Las variables en formato raster generadas tanto para el modelo de intersecciones como para el de tramos se encuentran en el *Modelo_Cartográfico_17* y *Modelo_Cartográfico_18*, y fueron denominadas de la siguiente manera (Tabla. 5.58.):

Tabla. 5.58. Variables independientes en formato raster para el modelamiento en Intersecciones y Tramos. Elaboración Propia.

VARIABLE	VARIABLE RASTER PARA EL MODELO DE INTERSECCIONES	VARIABLE RASTER PARA EL MODELO DE TRAMOS
Número de Carriles	<i>num_carr_i_1</i> 	<i>num_carr_t_1</i> 
Velocidad	<i>veloc_i_1</i> 	<i>veloc_t_1</i> 
Tipo de Rodadura	<i>rod_i_1</i> 	<i>tip_rod_t_1</i> 
Estado de la Vía	<i>est_via_i_1</i> 	<i>est_via_t_1</i> 
Clase de Vía	<i>clas_via_i_1</i> 	<i>clas_via_t_1</i> 
Tipo de Intersección	<i>tip_inter_i_1</i> 	<i>ocup_suelo_t_1</i> 
Cantidad de Intersecciones	<i>cant_inter_i_1</i> 	-
Ocupación del Suelo	<i>ocup_suelo_i_1</i> 	-

5.12.2. Muestreo (*Sample*) para el modelo de Intersecciones y Tramos

El muestreo o ("*Sample*") se lo realizó con el objetivo de obtener toda la matriz de datos necesaria para realizar el modelamiento espacial para intersecciones y tramos. Esto se logró, como se mencionó anteriormente, convirtiendo los sitios muestra, en este caso las intersecciones y los tramos, en puntos o centroides, estos con sus respectivos "códigos" (COD_INTERS, COD_TRAM) creados inicialmente en el *Modelo_Cartográfico_1* y que sirvieron para el desarrollo de toda la metodología. Posteriormente se convirtieron estos centroides en formato raster, mediante una *interpolación (IDW Inverse Distance Weighted)*, para de esta manera realizar el muestreo o "sample" con las variables independientes en formato raster.

Mediante este procedimiento se logró obtener en cada intersección y tramo, representados por su centroide, los respectivos valores normalizados de todas las variables independientes conjuntamente con el valor de la variable dependiente en su forma original (frecuencia de Acc.T.). Estos valores estuvieron representados en matrices de datos (*Info table*) tanto para intersecciones como para tramos.

5.12.3. Elaboración de Diagramas de Dispersión para el modelo de Intersecciones y Tramos

Seguidamente, se representaron los valores obtenidos en las matrices en unos ejes cartesianos, dando lugar al diagrama conocido como diagrama de dispersión o nube de puntos. Así, cada intersección y tramo estuvo representado por un punto en el gráfico, de coordenadas, x_i , y_i , (*frecuencia de Acc.T., variable independiente*). De esta manera, se pudo obtener una primera idea acerca de la forma y de la dispersión de la nube de puntos.

Para su realización se toma cada variable independiente, la cual es analizada con la variable dependiente (frecuencia de Acc.T.). Así se obtuvieron los diagramas de dispersión de la frecuencia de Acc.T vs. los valores normalizados de cada variable independiente, para el modelo de intersecciones y tramos; estos diagramas se los realizó con toda la población en estudio, es decir con las 1928 intersecciones y con los 3138 tramos. Los diagramas se los puede observar en el *Anexo 13, apartado 13.1. y 13.2.* respectivamente.

A continuación se puede observar un ejemplo del diagrama de dispersión de una de las variables en estudio para el modelo de intersecciones (Figura. 5.41.) y otro diagrama de dispersión de una de las variables para el modelo de tramos (Figura. 5.42.). Los datos para realizar los diagramas de dispersión fueron a partir de los obtenidos en las matrices de los dos distintos modelos.

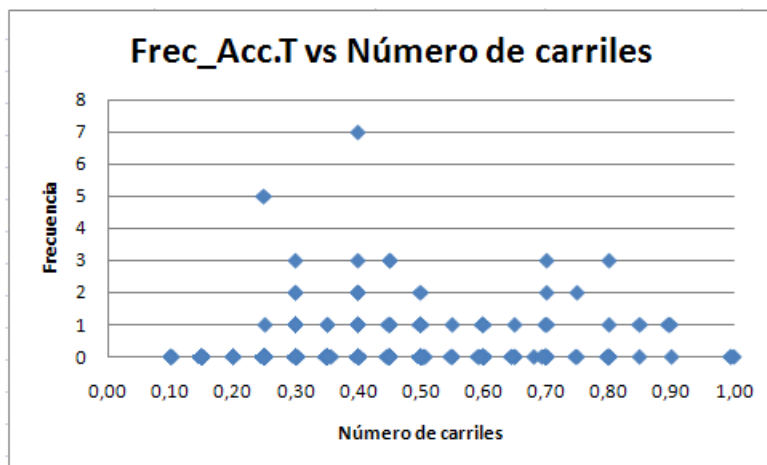


Figura. 5.41. Diagrama de Dispersión Frecuencia Acc.T. vs Número de carriles en intersecciones.

Fuente: Elaboración propia.

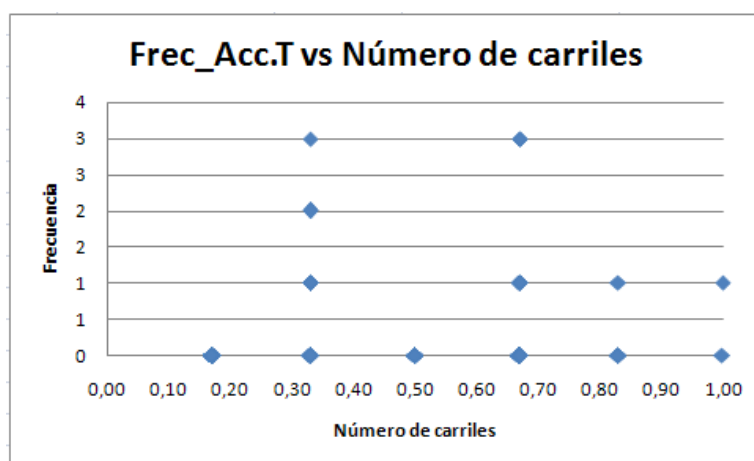


Figura. 5.42. Diagrama de Dispersión de Frecuencia de Acc.T. vs Número de carriles en tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Nota:- Cabe indicar que los diagramas de dispersión fueron realizados con los valores normalizados de las variables independientes (valores entre 0 y 1) y la frecuencia de Acc.T. obtenida originalmente.

En los diagramas de dispersión obtenidos se pudo observar que cada variable independiente (X) tiene una relación compleja con su variable dependiente (Y), lo que significa que parece relacionarse con X pero no de un modo lineal. Esto se debió principalmente a la naturaleza de los datos de la variable dependiente, que en cualquier estudio es muy importante analizarla a la hora de elegir algún tipo de modelo estadístico.

Las características que por su naturaleza presenta la variable dependiente, es decir la frecuencia de Acc.T. en este estudio, son las siguientes:

- ✓ Es una variable discreta aleatoria.
- ✓ Es una variable representada por eventos raros.
- ✓ Es una variable de recuento o de conteo de eventos de forma discreta.
- ✓ Es una variable que representa números enteros no negativos.
- ✓ Es una variable acotada por el cero.
- ✓ Es una variable que presenta preponderancia de ceros.
- ✓ Es una variable con valores pequeños.

En este contexto, dada la naturaleza del fenómeno de Acc.T., la relación de las variables independientes con la variable dependiente, es de tipo no lineal, esto se debe principalmente a lo siguiente:

- La variable dependiente es discreta y no continua.
- La variable dependiente no se distribuye normalmente, como se pudo observar en los diagramas de dispersión.

Dadas las razones anteriores, no es conveniente utilizar modelos de regresión lineal, ya que estos principalmente tratan cuando la variable dependiente es continua y generalmente posee una distribución normal. Su uso podría arrojar inferencias erróneas o ineficientes.

Esto permitió tener una idea más clara, de utilizar un modelo diferente. Por lo tanto, para analizar este tipo de variable dependiente, con las características ya descritas, se acudió como alternativa a utilizar *modelos lineales generalizados (GLM Generalized Linear Models)* como: el ***modelo de regresión de Poisson y el modelo de regresión Binomial Negativa***, que también son conocidos como *Modelos de Recuento*. Estos tratan básicamente a este tipo de variable dependiente.

En este estudio, a pesar de que se conocía que los modelos de regresión lineal convencionales resultaban inadecuados para el modelamiento de frecuencias de Acc.T., se decidió llevar a cabo con el mismo para poder observar los resultados y emitir comparaciones con los demás modelos.

5.12.4. Planteamiento de las ecuaciones de Regresión Lineal Múltiple para el modelo de Intersecciones y Tramos

Antes del planteamiento de las ecuaciones de regresión lineal múltiple para los dos modelos, fue necesario conocer ciertos conceptos básicos que sirvieron para el análisis de los resultados.

La Regresión lineal múltiple es una extensión de la regresión lineal simple y su expresión es la siguiente:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + \epsilon$$

Donde:

- El término error (ϵ): indica el error aleatorio, no modelizable.
- a : es la constante del modelo de estimación.
- b_1, b_2, \dots, b_n : son los coeficientes de regresión parcial, que informan sobre la contribución de cada “Variable independiente” para la predicción o estimación de Y .
- X_1, X_2, \dots, X_n : son las variables independientes o explicativas.

Este tipo de regresión permite la ampliación para cualquier número n de variables independientes.

Para poder resolver y obtener: a, b_1, b_2, \dots, b_n en una ecuación de regresión múltiple, se utiliza el *método de mínimo de cuadrados*; este criterio significa que la suma de los cuadrados de las distancias verticales de los puntos a la recta debe ser lo más pequeña posible.

Una vez obtenidos los coeficientes de estimación de las variables independientes, se procedió a obtener los siguientes parámetros, útiles para analizar el modelo en general.

❖ **Error estándar en la estimación de la regresión múltiple (S_{xy})**

Es una medida de dispersión, que indica si las dispersiones son pequeñas, la recta será un buen representante de la nube de puntos, o lo que es lo mismo, la ***bondad de ajuste del modelo*** será alta. Si la dispersión es grande, la bondad de ajuste será baja.

❖ **Coefficiente de correlación (r)**

El análisis de correlación se conoce como el grado de relación que hay entre dos o más variables. El valor del coeficiente de correlación puede tomar valores desde **-1 hasta 1**, indicando que mientras más cercano a uno sea el valor del coeficiente de correlación, en cualquier dirección (positiva o negativa), ***más fuerte será la asociación de los datos entre las dos variables***. Mientras más cercano a cero sea

el coeficiente de correlación indicará que más débil es la asociación entre ambas variables. Si es igual a cero se concluirá que no existe relación lineal alguna entre ambas variables; de modo que o bien el modelo es inadecuado, o bien las variables se relacionan de manera no lineal.

❖ **Coefficiente de determinación múltiple (r^2)**

El coeficiente de determinación múltiple *mide la tasa porcentual* de los cambios de Y que pueden ser explicados por x_1 , x_2 y x_3 simultáneamente. El valor del coeficiente de determinación múltiple puede tomar valores entre 0 y 1 ($0 < r^2 < 1$), indicando que mientras más se acerca al valor 1, el modelo tendrá mayor poder explicativo, caso contrario si el valor es más cercano a 0, el modelo tendrá menor poder explicativo o en otras palabras, las variables independientes “X” no estarían estimando o prediciendo a la variable dependiente “Y”;

Es conveniente que el valor de r^2 sea $>0,6$ para que se considere una determinación múltiple normal.

Las ecuaciones de regresión lineal múltiple, para analizar el fenómeno de la accidentabilidad en las intersecciones y tramos, estuvieron compuestas por todas las variables independientes en estudio, formulándose de la siguiente manera:

$$MLI = a + b1(num_carr_i_1) + b2(veloc_i_1) + b3(rod_i_1) + b4(est_via_i_1) + b5(clas_via_i_1) + b6(tip_int_i_1) + b7(cant_int_i_1) + b8(ocup_suelo_i_1)$$

$$MTI = a + b1(num_carr_t_1) + b2(veloc_t_1) + b3(tip_rod_t_1) + b4(est_via_t_1) + b5(clas_via_t_1) + b6(ocup_suelo_t_1)$$

5.13. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MULTIPLE EN INTERSECCIONES

El modelo de intersecciones fue analizado con un nivel de confianza del 95% (nivel de significancia $\alpha = 0,05$), se lo realizó utilizando el programa estadístico SPSS, mediante el

método *Enter*, el cual emite como resultado a todas las variables con su nivel de significancia, y el decisor debe ser quien las acepte y rechace según las hipótesis planteadas, en base a esto se deben ir realizando las interacciones necesarias hasta que queden las variables dentro del rango de aceptación.

❖ 1era interacción

En la *1era interacción* realizada se obtuvieron los coeficientes estimados de las 8 variables independientes (B) del modelo de intersecciones, así como los valores de “t” calculados y los valores de significancia (Sig.) para cada una de la variables (Tabla 5.59.):

Tabla. 5.59. Resultado de los coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (1era interacción).

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-,072	,033		-2,155	,031
	num_carr_i	,090	,065	,032	1,375	,169
	veloc_i_1	-,009	,054	-,003	-,166	,868
	rod_i_1	,237	,056	,089	4,194	,000
	est_via_i	-,056	,024	-,044	-2,315	,021
	clas_via_i	6,379	,230	,536	27,757	,000
	tip_inter_	,585	,130	,088	4,513	,000
	cant_int_i	-,211	,096	-,045	-2,196	,028
	ocup_suel_	,568	,079	,136	7,202	,000

Donde para poder determinar que variables independientes ingresan al modelo, se realizó la prueba T-student para cada una de las 8 variables, que a continuación se explica:

- **Prueba T-student para las variables independientes (1era interacción)**

Para poder determinar que variable independiente ingresa al modelo, se analizaron los niveles de significancia de cada una de ellas mediante el planteamiento de hipótesis.

Las hipótesis que se plantean son: una nula y una alternativa, H_0 y H_a respectivamente, se prueba los coeficientes (“ b_i ”) de las variables, debido a que si estos fueran igual a 0, en la ecuación de estimación planteada, el producto de 0 por cualquiera que sea el valor que tome la variable independiente, da como resultado 0, esto significaría que la variable independiente no intervendría en el modelo.

Una vez obtenidos estos resultados, se plantearon las siguientes hipótesis y la regla de decisión:

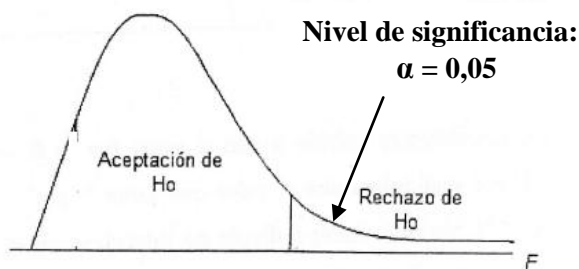
$$H_0: b_i = 0$$

$$H_a: b_i \neq 0$$

Regla de decisión: Si $p < 0,05$, se rechaza la H_0 .

Donde:

- ☑ Si el nivel de significancia de las variables obtenido (p) es menor a 0,05 ($p < 0,05$) se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa; esto significaría que la variable si ingresa al modelo.
- ☑ Si el nivel de significancia de las variables obtenido es mayor a 0,05 ($p > 0,05$) se acepta la hipótesis nula; esto significaría que la variable (X_i) no es relevante para explicar los cambios en Y , en otras palabras la variable no ingresa al modelo.



Así, con lo anteriormente mencionado, de acuerdo a los niveles de significancia analizados, las variables que rechazaron la hipótesis nula e ingresaron al modelo en la 1era interacción fueron las siguientes:

- La constante (b0)
- Tipo de rodadura
- Estado de la vía
- Clase de vía
- Tipo de intersección
- Cantidad de intersecciones
- Ocupación del suelo.

❖ 2da interacción

En la 2da interacción se realizó el mismo análisis pero con las nuevas variables que ingresaron al modelo, obteniendo los siguientes resultados (Tabla. 5.60.):

Tabla. 5.60. Resultado de los coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (2da interacción).

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-,066	,022		-2,984	,003
	rod_i_1	,257	,053	,097	4,879	,000
	est_via_i_	-,054	,024	-,043	-2,235	,026
	clas_via_i	6,371	,227	,535	28,011	,000
	tip_inter_	,646	,122	,097	5,302	,000
	cant_int_i	-,152	,086	-,033	-1,765	,078
	ocup_suel_	,575	,078	,137	7,328	,000

Así se obtuvo que ingresaron al modelo las siguientes variables:

- La constante (b0)
- Tipo de rodadura
- Estado de la vía
- Clase de vía
- Tipo de intersección
- Ocupación del suelo.

❖ 3era interacción

En la 3era interacción se realizó el mismo proceso anterior pero con las nuevas variables, obteniendo los siguientes resultados (Tabla. 5.61.):






Tabla. 5.61. Coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (3era interacción).

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-,085	,019		-4,517	,000
	rod_i_1	,249	,053	,094	4,741	,000
	est_via_i_	-,052	,024	-,041	-2,166	,030
	clas_via_i	6,370	,228	,535	27,993	,000
	tip_inter_	,602	,119	,091	5,043	,000
	ocup_suel_	,571	,078	,137	7,279	,000

Como se puede observar en la Tabla. 5.61. todas las variables resultantes fueron significativas, por lo tanto ya no fue necesario realizar más interacciones.

Por lo tanto, las variables que ingresaron al modelo en orden de importancia, fueron las siguientes (Tabla. 5.62):

Tabla. 5.62. Variables resultantes de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (3era interacción)

Orden	VARIABLES	VARIABLES RASTER A INGRESAR AL MODELO (MLI)
1	Clase de Vía	<i>clas_via_i_1</i> 
2	Ocupación del Suelo	<i>ocup_suelo_i_1</i> 
3	Tipo de Intersección	<i>tip_inter_i_1</i> 
4	Tipo de Rodadura	<i>rod_i_1</i> 
5	Estado de la Vía	<i>est_via_i_1</i> 

Cabe indicar que la constante (b0) de igual manera ingreso al modelo. A más de los coeficientes estimados obtenidos en esta última interacción, se obtuvo también los siguientes resultados (Tabla. 5.63.), (Tabla. 5.64.), los cuales fueron analizados de la siguiente manera:

Tabla. 5.63. Resultado general de la regresión lineal múltiple para el modelo de intersecciones (3era interacción)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,616(a)	,380	,378	,263

a Predictors: (Constant), ocup_suel_, tip_inter_, veloc_i_1, cant_int_i, est_via_i_, clas_via_i, tip_rod_i_, num_carr_i

Datos de la Variable Dependiente

Frecuencia de Acc.T. en Intersecciones:

- Media = 0,05
- Desviación Standard (S) = 0,334
- Varianza = 0,069169

- **Coefficiente de correlación (r)**

De acuerdo al *coeficiente de correlación* $r = 0,616$, los datos de las variables independientes se encuentran asociados de una manera directa con los datos de la variable dependiente (Frecuencia de Acc.T.), cabe aclarar que esto no indica necesariamente una dependencia de las variables, en otras palabras, pueda que las variables se estén relacionando, pero no de una manera lineal.

- **Coefficiente de determinación múltiple (r^2)**

De acuerdo al *coeficiente de determinación múltiple* $r^2 = 0,380$, únicamente el 38% del fenómeno en estudio (accidentabilidad) es explicado por las variables independientes. Por lo que se trataría de un porcentaje bajo para la estimación del fenómeno, de igual manera estaría inferior a los valores de r^2 aceptado (r^2 debe ser $\geq 0,6$). Con esto se podría concluir que el modelo de regresión lineal no sería el adecuado para la estimación del fenómeno de la accidentabilidad.

- **Error estándar de estimación (S_{xy})**

El *error estándar de estimación* del modelo cuyo valor fue de 0,263, fue analizado posteriormente con los valores de estimación de los demás modelos de intersecciones, éstos indicaran la dispersión de los valores observados alrededor de la recta de regresión, el cual debe ser menor entre los modelos analizados.

- **Prueba Global del modelo (Prueba Fisher):-**

La Prueba de Fisher sirve para determinar la validez de todo el modelo, es decir si este es estadísticamente significativo; se analiza si las variables independientes están o no explicando la probabilidad de ocurrencia del fenómeno Acc.T.

La Tabla. 5.64. indica los resultados obtenidos con Fisher, esta prueba fue analizada con las cinco últimas variables de la 3era interacción:

Tabla. 5.64. Resultado ANOVA de la regresión lineal múltiple para el modelo de Intersecciones (3era interacción).

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	81,383	5	16,277	235,203	,000(a)
	Residual	133,007	1922	,069		
	Total	214,390	1927			

a Predictors: (Constant), ocup_suel_, tip_inter_, veloc_i_1, cant_int_i, est_via_i_, clas_via_i, rod_i_1, num_carr_i

b Dependent Variable: frec_2009

$$F \text{ calculada} = 235,203$$

$$SCR \text{ (Suma de los Cuadrados de los valores de la Regresión del modelo)} = 81,383$$

$$SCE \text{ (Suma de los Cuadrados de los Errores o Residuos del modelo)} = 133,007$$

$$SCT \text{ (Suma de los Cuadrados Totales)} = SCR + SCE = 214,390$$

SCT: representa la variación total del modelo con respecto a la media.

Para realizar el análisis del modelo fue necesario calcular el valor de F calculada (F_c) y F tabulada (F_t), donde:

F calculada = 235,203 y se la obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$F = \frac{MCR}{MCE}$$

$$MCR = SCR/p$$

$$MCE = SCE/ n-p-1$$

Donde:

MCR : es la media cuadrática de la regresión

MCE : es la media cuadrática residual o de los errores.

p : es el número de variables independientes.

n : es el número de datos u observaciones.

- ☑ F tabulada o de tablas se obtuvo a partir de los grados de libertad (g.l.) tanto del numerador como del denominador, es decir:

$$F = \frac{\text{SCR}/p}{\text{SCE}/n-p-1} \rightarrow \text{g.l.} = p = 5$$

$$\rightarrow \text{g.l.} = n-p-1 = 1922$$

Dando como resultado en la tabla de Fisher:

$$F \text{ tabulada} = 2,21$$

Una vez determinados los valores de F , se formularon las siguientes hipótesis:

$$H_0: u = \sigma^2$$

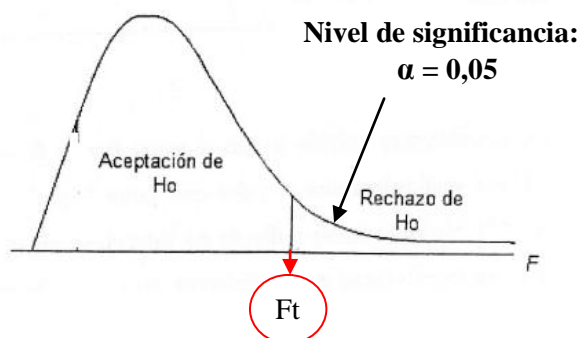
$$H_a: u \neq \sigma^2$$

Hipótesis nula H_0 : la desviación del modelo con respecto a su media, se asemeja a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno de accidentabilidad.

Hipótesis alternativa H_a : la desviación del fenómeno de accidentabilidad con respecto a su media no depende del modelo planteado.

Para analizar las hipótesis se planteó la **Regla de Decisión:**

Si $F_c > F_t$ se rechaza la H_0 .



En base a esto se obtuvo que $235,203 > 2,21$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir que los errores o residuales obtenidos entre los datos calculados y los datos observados no se deben a la presencia de las variables planteadas, sino a otros errores aleatorios.

❖ **Ecuación de estimación final de la regresión lineal múltiple para intersecciones**

En base a los resultados anteriores analizados, quedó definida la ecuación de estimación de la siguiente manera:

$$Y = - 0.085 + 0.249 (rod_i_1) - 0.052 (est_via_i_1) + 6.370 (clas_via_i_1) + 0.602 (tip_inter_i_1) + 0.571 (ocup_suel_i_1)$$

$Y = \text{"MLI"}:$ se refiere al modelo de regresión lineal múltiple en intersecciones.

❖ **Modelo MLI en el SIG**

Esta última ecuación fue introducida al SIG mediante la calculadora raster, obteniendo como producto un raster con los siguientes valores:

Valores obtenidos de MLI (Y) Raster:

Valor min de $Y = - 0,07440003752708435$

Valor máx de $Y = 6,515522480010986$

A este raster se normalizó sus valores entre 0 y 1, mediante la siguiente expresión:

$$m_i = \frac{x_i - \min.x_i}{\max.x_i - \min.x_i}$$

Donde: m_i : es el valor de Y normalizado.

x_i : corresponde a los valores de Y .

Reemplazando los valores se tuvo:

$$MLI \text{ normalizado} = \frac{Y + 0,07440003752708435}{6,515522480010986 + 0,07440003752708435}$$

De esta manera se obtuvo el Mapa de Susceptibilidad a Accidentes de tránsito en intersecciones mediante una regresión lineal múltiple (MLI), el cual se encuentra entre valores de 0 y 1 (ver *Anexo 14*).

Donde: 0: indica baja probabilidad que ocurran Accidentes de Tránsito.

1: indica alta probabilidad que ocurran Accidentes de Tránsito.

5.14. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines) PARA INTERSECCIONES

MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines) plantea un análisis completo de las variables y su correspondiente importancia para la predicción del evento o fenómeno.

No se ajusta a una curva única, plantea la división por zonas y su correspondiente ajuste, lo que mejora los resultados.

MARS es un método no-paramétrico que ajusta una serie de regresiones lineales a distintos intervalos de los valores de la variable. Los puntos en los que cambia la pendiente de las regresiones se conocen como "*knots*" (nodos), y las diferentes rectas de regresión, como "*basic functions*" (funciones básicas).

La Regresión Multivariada "MARS" fue analizada con todas las variables independientes, es decir con las 8 variables del modelo de intersecciones, obteniendo los siguientes resultados (Figura. 5.43.):

Figura. 5.43. Resultados Generales obtenidos de MARS para el modelo de Intersecciones

Linear fit GCV = 0.1037; Cubic fit GCV = 0.1037

Model Summary

Target Variable	Variables, Terms, and Parameters	R-Square Measures
FREQ_200	Direct variables: 1	Naive: 0.343
N: 1,928	Total variables: 1	Naive adjusted: 0.343
Minimum: 0.000	Terms in model: 1	GCV R-square: 0.069
Maximum: 7.000	Effective parameters: 309.989	
Mean: 0.054		Mean-Square Measures
Variance: 0.111		Naive MSE: 0.073
		MARS GCV: 0.104

Summary | ANOVA Decomp. | Variable Importance | Final Model | Basis Functions | Gains

ORDINARY LEAST SQUARES RESULTS

=====

N: 1928.000 **R-SQUARED:** 0.343
 MEAN DEP VAR: 0.054 ADJ R-SQUARED: 0.343
 UNCENTERED R-SQUARED = R-0 SQUARED: 0.360

=====


PARAMETER	ESTIMATE	S.E.	T-RATIO	P-VALUE
Constant	0.012	0.006	1.911	0.056
Basis Function 1	6.977	0.220	31.738	.999201E-15

F-STATISTIC = 1007.306 P-VALUE = .999201E-15 [MDF,NDF] = [1, 1926]	S.E. OF REGRESSION = 0.270 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 140.768 REGRESSION SUM OF SQUARES = 73.622
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- ✓ $r^2 = 0,343$
- ✓ $F \text{ calculada} = 1007,306$
- ✓ $SCE = 140,768$
- ✓ $SCR = 73.622$


ANOVA Decomposition on 1 Basis Functions					
Function	Standard Deviation	Cost of Omission	No. of Basis Functions	No. of Effective Parameters	Variables
1	0.195	0.111	1	308.989	CLAS_VIA

Final Model After Backward Stepwise Elimination				
Basis Function	Coefficient	Variable	Parent	Knot
0	0.012			
1	6.977	CLAS_VIA		4.28E-011

Relative Variable Importance			
Variable	Cost of Omission	Importance	
CLAS_VIA	0.111	100.000	
NUM_CARR	0.104	0.000	
VELOC_I	0.104	0.000	
ROD_I_1	0.104	0.000	
EST_VIA_	0.104	0.000	
TIP_INTE	0.104	0.000	
CANT_INT	0.104	0.000	
OCUP_SUE	0.104	0.000	

Estos resultados indicaron que la variable más importante para el modelo de intersecciones, con un 100%, fue Clase de Vía (Tabla. 5.65.).

Tabla. 5.65. Variables resultantes de MARS para el modelo de Intersecciones

Orden	VARIABLES	VARIABLES RASTER A INGRESAR AL MODELO (MMI)
1	Clase de Vía	<i>clas_via_i_1</i> 

❖ **Ecuación final de la regresión multivariada MARS para intersecciones**

La ecuación final obtenida, mediante multivariate adaptive regression splines (MARS), para el modelo de susceptibilidad a Acc.T. en intersecciones fue la siguiente:

$$BF1 = \max(0, CLAS_VIA - .428374E-10)$$

$$Y = 0.012 + 6.977 * BF1$$

$Y = \text{"MMI"}:$ se refiere al modelo MARS en intersecciones

❖ **Modelo MMI en el SIG**

Esta última ecuación fue introducida al SIG mediante la calculadora raster, obteniendo como producto un raster con los siguientes valores:

Valores obtenidos de MMI ("Y") Raster:

Valor min de Y = 0.01200000010430813

Valor máx de Y = 6.98704719543457

A este raster se normalizó sus valores entre 0 y 1, mediante la siguiente expresión:

$$m_i = \frac{x_i - \min.x_i}{\max.x_i - \min.x_i}$$

Donde: m_i : es el valor de Y normalizado.

x_i : corresponde a los valores de Y.

Reemplazando los valores se tuvo:

$$\text{MMI normalizado} = \frac{Y - 0.01200000010430813}{6.98704719543457 - 0.01200000010430813}$$

De esta manera se obtuvo el Mapa de Susceptibilidad a Accidentes de tránsito en intersecciones mediante *MARS* (MMI), el cual se encuentra entre valores de 0 y 1 (*ver Anexo 15*).

Donde: 0: indica baja probabilidad que ocurran Accidentes de Tránsito.
1: indica alta probabilidad que ocurran Accidentes de Tránsito.

5.15. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN DE POISSON PARA INTERSECCIONES

En base a las características mencionadas en apartados anteriores de la variable dependiente (frecuencia de Acc.T.), y principalmente que es una variable discreta y que no se distribuye de forma normal, una alternativa fue realizar un modelo de regresión de Poisson, donde la variable dependiente tiene una distribución de Poisson y el logaritmo de su valor esperado λ (lambda) puede ser modelado por una combinación lineal de parámetros desconocidos, es decir, el *logaritmo* es la *función de enlace canónica*.

La distribución de probabilidad de Poisson aplicado para Acc.T. se expresa de la siguiente manera:

$$P(n_i) = \frac{\exp(-\lambda_i) \lambda_i^{n_i}}{n_i!} \quad n_i = 0, 1, 2, \dots$$

Donde:

n_i = es el número de Acc.T. (*frecuencia de Acc.T.*) que ocurren en un determinado sitio (*intersección o tramo*) durante un determinado periodo (*año*). n_i es un número entero no negativo.

λ_i = es el número esperado de Acc.T. (*número esperado de la frecuencia de Acc.T. al año*).

$\exp = 2.71828\dots$

Para poder modelar λ , que es asociada a la variable dependiente Y, en función de las variables independientes X, se utiliza una *función de enlace*, comúnmente *logarítmica*, la cual sirve para que los valores esperados de λ no tengan valores negativos.

$$\ln \lambda_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_nX_n$$

$$\lambda_i = \exp(b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_nX_n)$$

Para obtener los resultados de la Regression de Poisson para el modelo de intersecciones, se realizaron 2 *interacciones*, obteniendo en la 2da interacción los siguientes resultados finales (Tabla. 5.66., 5.67, 5.68).

Tabla. 5.66. Información general de los valores de las variables en la regresión de Poisson para el modelo de Intersecciones (2da interacción).

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	
Dependent Variable	frec_2009	1928	0	7	,05	,334
Covariate	num_carr_i	1928	,10000180000	,99885590000	,3393291261411	,11840077936202
	veloc_i_1	1928	,25025220000	,99999300000	,4744320727178	,11990552286147
	rod_i_1	1928	,00000000000	,99974700000	,0741091298886	,12604387150447
	clas_via_i	1928	,00000000000	,99972010000	,0060066715241	,02801416748812
	cant_int_i	1928	,14285710000	,99823010000	,1668673144710	,07141660315327
	ocup_suel_	1928	,00000001541	,99992000000	,0539412463644	,07981034104520

Tabla. 5.67. Ajustes de bondad de la regresión de Poisson para el modelo de Intersecciones (2da interacción).

Goodness of Fit(b)

	Value	df	Value/df
Deviance	424,493	1921	,221
Scaled Deviance	424,493	1921	
Pearson Chi-Square	1642,930	1921	,855
Scaled Pearson Chi-Square	1642,930	1921	
Log Likelihood(a)	-292,628		
Akaike's Information Criterion (AIC)	599,255		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	599,313		
Bayesian Information Criterion (BIC)	638,205		
Consistent AIC (CAIC)	645,205		

Dependent Variable: frec_2009

Model: (Intercept), num_carr_i, veloc_i_1, rod_i_1, clas_via_i, cant_int_i, ocup_suel_

a The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.

b Information criteria are in small-is-better form.

Omnibus Test(a)

Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
290,676	6	,000

Dependent Variable: frec_2009

Model: (Intercept), num_carr_i, veloc_i_1, rod_i_1, clas_via_i, cant_int_i, ocup_suel_

a Compares the fitted model against the intercept-only model.

Tabla. 5.68. Coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión de Poisson para el modelo de Intersecciones (2da interacción).

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test			Exp(B)	95% Wald Confidence Interval for Exp(B)	
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.		Lower	Upper
(Intercept)	-5,861	,5260	-6,892	-4,830	124,146	1	,000	,003	,001	,008
num_carr_i	4,366	,7030	2,988	5,744	38,567	1	,000	78,732	19,848	312,309
veloc_i_1	1,596	,7662	,094	3,098	4,339	1	,037	4,933	1,099	22,147
rod_i_1	3,155	,4174	2,337	3,973	57,124	1	,000	23,451	10,348	53,147
clas_via_i	3,815	,4191	2,993	4,636	82,831	1	,000	45,357	19,947	103,135
cant_int_i	-3,832	1,6858	-7,136	-,528	5,167	1	,023	,022	,001	,590
ocup_suel_ (Scale)	4,298	,4737	3,369	5,226	82,308	1	,000	73,520	29,053	186,044

Dependent Variable: frec_2009







Model: (Intercept), num_carr_i, veloc_i_1, rod_i_1, clas_via_i, cant_int_i, ocup_suel_

a. Fixed at the displayed value.

Mediante el análisis de los niveles de significancia de cada una de las variables, se obtuvo las más significativas ($p < 0,05$), indicando que si ingresan al modelo de

intersecciones las siguientes variables, que se detallan según el grado de importancia para el modelo (Tabla. 5.69.):

Tabla. 5.69. Variables resultantes de la regresión de Poisson para el modelo de Intersecciones (2da interacción)

Orden	VARIABLES	VARIABLES RASTER A INGRESAR AL MODELO (MPI)
1	Número de Carriles	<i>num_carr_i_1</i> 
2	Ocupación del Suelo	<i>ocup_suelo_i_1</i> 
3	Clase de Vía	<i>clas_via_i_1</i> 
4	Tipo de Rodadura	<i>rod_i_1</i> 
5	Velocidad	<i>veloc_i_1</i> 
6	Cantidad de Intersecciones	<i>cant_inter_i_1</i> 

Cabe aclarar que el coeficiente b0 también ingreso al modelo.

❖ Ecuación final de la regresión de Poisson para intersecciones

La ecuación final obtenida mediante la regresión de Poisson para el modelo de susceptibilidad a Acc.T. en intersecciones fue la siguiente:

$$Y = \exp(-5.861 + 4.366 (\text{num_carr_i_1}) + 1.596 (\text{veloc_i_1}) + 3.155 (\text{rod_i_1}) + 3.815 (\text{clas_via_i_1}) - 3.832 (\text{cant_inter_i_1}) + 4.298 (\text{ocup_suelo_i_1}))$$

Y = “MPI”: se refiere al modelo de Poisson en intersecciones

❖ Modelo MPI en el SIG

Esta última ecuación fue introducida al SIG mediante la calculadora raster, obteniendo como producto un raster con los siguientes valores:

Valores obtenidos de MPI (“Y”) Raster:

Valor min de Y = 0,00213128887116909

Valor máx de Y = 7,997804164886475

A este raster se normalizó sus valores entre 0 y 1, donde se obtuvo:

$$\text{MPI normalizado} = \frac{Y - 0,00213128887116909}{7,997804164886475 - 0,00213128887116909}$$

De esta manera se obtuvo el Mapa de Susceptibilidad a Accidentes de tránsito en intersecciones mediante *Regresión de Poisson* (MPI), el cual se encuentra entre valores de 0 y 1 (*ver Anexo 16*).

Donde: 0: indica baja probabilidad que ocurran Accidentes de Tránsito.

1: indica alta probabilidad que ocurran Accidentes de Tránsito.

5.16. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESION BINOMIAL NEGATIVA PARA INTERSECCIONES

La regresión de Poisson es inadecuada si no se cumple con el principio de distribución de Poisson, donde la media debe ser igual a la varianza, es decir el modelo asume una equidispersión de los residuos.

En este tipo de estudios, la accidentabilidad suele tener preponderancia de ceros, generando como resultado que la varianza sea superior a la media, lo que provoca una sobredispersión de los residuos. Por lo tanto no se estaría cumpliendo con el principio de los modelos de Poisson y los resultados, como los coeficientes estimados, podrían presentar sesgo y ser ineficientes, por lo cual conviene utilizar una distribución Binomial Negativa, basada en un término de error distribuido Gamma. En este caso el valor esperado del número de Acc.T. se reescribe de la siguiente manera:

$$\lambda_i = \exp(b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_nX_n + \epsilon_i)$$

Donde $\exp(\epsilon_i)$ es un término de error que distribuye Gamma, que permite diferencia la varianza de la media.

Para obtener los resultados de la Regresión Binomial Negativa para el modelo de intersecciones, se realizaron 2 *interacciones*, obteniendo en la 2da interacción los siguientes resultados finales (Tabla. 5.70., Tabla. 5.71):

Tabla. 5.70. Ajustes de bondad de la regresión Binomial Negativa para el modelo de Intersecciones (2da interacción).

Goodness of Fit(b)

	Value	df	Value/df
Deviance	347,021	1923	,180
Scaled Deviance	347,021	1923	
Pearson Chi-Square	1336,989	1923	,695
Scaled Pearson Chi-Square	1336,989	1923	

Tabla. 5.70. Ajustes de bondad de la regresión Binomial Negativa para el modelo de Intersecciones (2da interacción).

Goodness of Fit(b)





Log Likelihood(a)	-287,543		
Akaike's Information Criterion (AIC)	585,085		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	585,116		
Bayesian Information Criterion (BIC)	612,906		
Consistent AIC (CAIC)	617,906		

Tabla. 5.71. Coeficientes estimados de las variables independientes de la regresión Binomial Negativa para el modelo de Intersecciones (2da interacción).

Parameter Estimates										
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test			Exp(B)	95% Wald Confidence Interval for Exp(B)	
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.		Lower	Upper
(Intercept)	-5,586	,3466	-6,265	-4,906	259,767	1	,000	,004	,002	,007
num_carr_i	3,422	,8971	2,055	4,788	24,090	1	,000	30,621	7,809	120,067
rod_i_1	3,797	,5873	2,646	4,948	41,789	1	,000	44,551	14,091	140,856
clas_via_i	5,346	1,8947	2,025	8,668	9,953	1	,002	209,872	7,576	5813,8
ocup_suel_ (Scale)	5,631	,8372	3,990	7,272	45,240	1	,000	279,009	54,071	1439,7

Mediante el análisis de los niveles de significancia de cada una de las variables, se obtuvo las más significativas ($p < 0,05$), indicando que si ingresan al modelo de intersecciones las siguientes variables, que se detallan según el grado de importancia para el modelo (Tabla. 5.72.):

Tabla. 5.72. Variables resultantes de la regresión Binomial Negativa para el modelo de Intersecciones (2da interacción)

Orden	VARIABLES	VARIABLES RASTER A INGRESAR AL MODELO (MBNI)
1	Ocupación del Suelo	<i>ocup_suelo_i_1</i> 
2	Clase de Vía	<i>clas_via_i_1</i> 
3	Tipo de Rodadura	<i>rod_i_1</i> 
4	Número de Carriles	<i>num_carr_i_1</i> 

Cabe aclarar que el coeficiente b_0 también ingreso al modelo.

❖ Ecuación final de la regresión Binomial Negativa para intersecciones

La ecuación final obtenida mediante la regresión Binomial negativa para el modelo de susceptibilidad a Acc.T. en intersecciones fue la siguiente:

$$Y = \exp(-5.586 + 3.422 (\text{num_carr_i_1}) + 3.797 (\text{rod_i_1}) + 5.346 (\text{clas_via_i_1}) + 5.631 (\text{ocup_suelo_i_1}))$$

$Y = \text{“MBNI”}$: se refiere al modelo Binomial Negativa en intersecciones

❖ Modelo MBNI en el SIG

Esta última ecuación fue introducida al SIG mediante la calculadora raster, obteniendo como producto un raster con los siguientes valores:

Valores obtenidos de MBNI ("Y") Raster:

Valor min de Y = 0,005406070034950972

Valor máx de Y = 23,85853385925293

A este raster se normalizó sus valores entre 0 y 1, donde se obtuvo:

$$\text{MBNI normalizado} = \frac{Y - 0.005406070034950972}{23.85853385925293 - 0.005406070034950972}$$

De esta manera se obtuvo el Mapa de Susceptibilidad a Accidentes de tránsito en intersecciones mediante *Regresión de Binomial Negativa* (MBNI), el cual se encuentra entre valores de 0 y 1 (*ver Anexo 17*).

Donde: 0: indica baja probabilidad que ocurran Accidentes de Tránsito.

1: indica alta probabilidad que ocurran Accidentes de Tránsito.

5.17. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS MODELOS PLANTEADOS PARA INTERSECCIONES

5.17.1. Análisis de los modelos de Regresión Lineal Múltiple y MARS para intersecciones

De acuerdo al análisis estadístico de los parámetros del modelo de Regresión Lineal Múltiple y MARS, el modelo 1 (MLI) en intersecciones muestra de mejor forma la realidad del fenómeno de accidentabilidad, debido a que su coeficiente de determinación (r^2) es alto en relación al de MARS, por otro lado los valores de sus parámetros estadísticos S_{xy} y MSE son bajos en comparación con el modelo de MARS en Intersecciones (Tabla. 5.73.).

Tabla. 5.73. Valores estadísticos del modelo de regresión lineal múltiple y MARS para intersecciones

Parámetros Estadísticos	Modelo_1 Regresión lineal para Intersecciones (MLI)	Modelo_2 MARS para Intersecciones (MMI)
S_{xy} (error estándar de la estimación)	0,263	0,270
MSE (Media Cuadrática Residual o de los Errores o “Varianza Residual”)	0,069	0,073
r^2 (Coeficiente de Determinación)	0,380	0,343

5.17.2. Análisis de los modelos de Regresión de Poisson y Binomial Negativa para intersecciones

De acuerdo al análisis estadístico de los parámetros del modelo de Poisson y Binomial Negativa, el modelo 3 (Poisson) en intersecciones muestra de mejor forma la realidad del fenómeno de accidentabilidad, debido a que los valores de sus parámetros estadísticos son altos en comparación con el modelo Binomial Negativa en Intersecciones (Tabla. 5.74).

Tabla. 5.74. Valores estadísticos del modelo de Poisson y Binomial Negativa para intersecciones

Parámetros Estadísticos	Modelo_3 Poisson para Intersecciones (MPI)	Modelo_4 Binomial Negativa para Intersecciones (MBNI)
Akaike’s Information Criterion (AIC)	599,255	585,085
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	599,313	585,116
Bayesian Information Criterion (BIC)	638,205	612,906

5.18. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MULTIPLE (MLT) EN TRAMOS

El objetivo del análisis de regresión es determinar la relación de variables. La regresión lineal estima los coeficientes de la ecuación lineal, con una o más variables independientes, que mejor predice el valor de la variable dependiente. En nuestro estudio de trata de una Regresión Lineal Múltiple ya que tenemos 6 variables independientes.

5.18.1. Análisis del Diagrama de Dispersión

Se realizó en primer lugar el análisis de los Diagramas de Dispersión de la variable dependiente en relación con cada unas de las variables independientes (Anexo 13, apartado 13.2). Se observó que no existe una relación lineal, esto puede expresar que se relacionan pero no de un modo lineal, esto se debe a que la variable dependiente no es continua y no se distribuye normalmente

Este resultado permitió confirmar la necesidad de utilizar un modelo diferente, para analizar las variables en este caso específico, como los modelos lineales generalizados, sin embargo se decidió continuar con el proceso para realizar comparaciones con el resto de modelos plantados.

5.18.2. Resultados del Modelo de Regresión Lineal Múltiple en Tramos

❖ Primera Interacción

Ingresamos la variable dependiente y las variables independientes respectivamente en el programa SPSS.

Se inicio el análisis con la Tabla.5.75 para verificar si este modelo representa el fenómeno o no. Los valores de los *Coefficientes de Correlación Múltiple (R)* y de *Determinación (R^2)* son extremadamente pequeños, indicando que la dispersión de los factores de las variables no se ajusta a una recta, mostrando claramente que

esta regresión no es la indicada. El R^2 admisible sería un valor igual o superior a 0,06.

Los coeficientes obtenidos fueron los siguientes:

R= 0,301

$R^2= 0,09$

ESE= 0.137

Tabla. 5.75. Resumen del Modelo del Regresión Lineal Primera Interacción.

Fuente: Elaboración propia.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,301(a)	0,090	0,089	0,137

Sin embargo fue necesario realizar otras interacciones con las variables que no ingresan al modelo para poder comparar estos coeficientes con los iniciales.

Se observó la Tabla. 5.76 para determinar que variables no ingresan a la segunda interacción. La significancia de la variable independiente Tipo de Rodadura es superior a 0.05 (nivel de significancia), por lo tanto no ingresa a la próxima interacción.



Tabla. 5.76. Coeficientes del Modelo de Regresión Lineal de la Primera Interacción

Fuente: Elaboración propia.

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-0,149	0,015		-9,663	0,000
NUM_CARR_T	0,150	0,029	0,101	5,106	0,000
VELOC_T_1	0,134	0,020	0,121	6,605	0,000
TIP_ROD_T_	-0,011	0,083	-0,003	-0,132	0,895
EST_VIA_T_	0,047	0,021	0,044	2,267	0,023
CLAS_VIA_T	0,235	0,041	0,115	5,711	0,000
OCUP_SUEL_	0,341	0,049	0,123	6,932	0,000

- **Análisis de la Prueba de Hipótesis**

- ☑ **Prueba Fisher para el Modelo**

- $H_0 = \alpha^2$  “Hipótesis nula: la desviación del modelo con respecto a su media, asemeja a la probabilidad a la presencia de Acc.T.”
 - $H_0 \neq \alpha^2$  “Hipótesis alternativa: La desviación del fenómeno presencia de Acc.T. con respecto a su media, no depende del modelo planteado.”



Donde:

$$\left. \begin{array}{l} F_c = 62,238 \\ F_t = 2,37 \end{array} \right\} F_c \geq F_t$$

Así: $F_c \geq F_t$, entonces se rechaza la hipótesis nula, existe diferencia significativa entre la ocurrencia de Acc.T. y las variables independientes.

Para conocer cual o cuales variables independientes están no están representando el fenómeno se completó el análisis con una prueba T´Student.

- ☑ **Prueba T´Student para las Variables Independientes:**

- $H_0 = a = 0$  La variable dependiente = 0, debido a que los coeficientes de las variables independientes tienden a 0 y por tanto estas no describen el fenómeno.
 - $H_0 \neq a \neq 0$  La variable dependiente $\neq 0$, debido a que los coeficientes de las variables independientes no tienden a 0 y por tanto estas describen el fenómeno.

Para el análisis se utilizó el valor de t (t de Student) así: Si $t_c > t_{\text{tabla}}$ se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que los coeficientes no tienden a cero y la variable es ingresada al modelo.

Observando los valores de significancia de t para cada variable se **acepta la hipótesis nula** para la variable **Tipo de Rodadura**, ya que sus significancia es superior a 0.05 y su valor de t están dentro de la aceptación de la hipótesis nula, esto significó que no ingreso a la segunda interacción.

Aceptar la hipótesis implica que los coeficientes tienden a 0, y en la ecuación planteada el producto de 0 por cualquiera sea el valor que tome la variable independiente es 0, por ello estas variables no influyen en el modelo. Se realizo la segunda interacción sin la variable independiente que no ingresó al modelo.

❖ Segunda Interacción

Las variables independientes que ingresaron fueron:

- Número de Carriles en Tramos (Num_carr_Tram_1)
- Velocidad en Tramos (Veloc_Tram_1)
- Estado de la Vía en Tramos (Est_via_Tram_1)
- Clase de Vía en Tramos Clas_via_Tram_1)
- Ocupación de Suelo en Tramos (Ocup_suel_Tram_1)

La Tabla. 5.77 nos muestra el valor de la Desviación Estándar.

Tabla. 5.77. Estadísticos Descriptivos del Modelo de Regresión Lineal.

Fuente: Elaboración propia.

	Mean	Std. Deviation	N
FREC_2009	0,01	0,14	3.138
NUM_CARR_T	0,32	0,10	3.138
VELOC_T_1	0,43	0,13	3.138
EST_VIA_T_	0,33	0,13	3.138
CLAS_VIA_T	0,13	0,07	3.138
OCUP_SUEL_	0,02	0,05	3.138

El valor de *Person Correlation*, Tabla. 5.78, indica la correlación entre las variables independientes con la variable dependiente. El análisis de la matriz de correlación nos muestra que la variable *Clase de Vía (Clas_via_Tram_1)* esta mas correlacionado que ninguna otra variable independiente con la variable dependiente Frecuencia del 2009 (Frec_2009) (0,224)

Tabla. 5.78. Matriz de Correlaciones del Modelo de Regresión Lineal.

Fuente: Elaboración propia.

		FREC_2009	NUM_CARR_T	VELOC_T_1	EST_VIA_T_	CLAS_VIA_T	OCUP_SUEL_
Pearson Correlatio n	FREC_2009	1,000	0,175	0,202	0,005	0,224	0,179
	NUM_CARR_T	0,175	1,000	0,237	-0,298	0,392	0,099
	VELOC_T_1	0,202	0,237	1,000	-0,054	0,332	0,163
	EST_VIA_T_	0,005	-0,298	-0,054	1,000	0,006	-0,012
	CLAS_VIA_T	0,224	0,392	0,332	0,006	1,000	0,234
	OCUP_SUEL_	0,179	0,099	0,163	-0,012	0,234	1,000

Los valores de R y R² no cambiaron, este resultado nos permitió confirmar que el modelo no se ajusta al fenómeno, debiendo realizar otros modelos.

R= 0,301

R²= 0,09

ESE= 0.137

Tabla. 5.79. Resumen del Modelo del Regresión Lineal Segunda Interacción.

Fuente: Elaboración propia.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,301(a)	0,090	0,089	0,137

La matriz de la Tabla.5.80 indica los resultados del modelo, el valor de la Media Cuadrática de los Errores se comparará con el modelo 2 para determinar cuál es el que mejor se ajusta a la predicción de Acc.T.

Tabla. 5.80. Anova del Modelo de Regresión Lineal.

Fuente: Elaboración propia.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5,835	5	1,167	62,238	,000(a)
	Residual	58,729	3.132	0,019		
	Total	64,564	3.137			

MSE = 0,019

Los coeficientes *no estandarizados* β (no tipificados) son los coeficientes de regresión parcial que definen la ecuación de regresión. La variable independiente con mayor importancia relativa dentro de la ecuación es **Ocupación de Suelo** (*Ocup_suelo_Tram_1*) y con un intervalo de confianza superior que las otras variables al 95%.

Tabla. 5.81. Coeficientes del Modelo de Regresión Lineal, Segunda Interacción.

Fuente: Elaboración propia.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-0,150	0,014		-10,768	0,000
	NUM_CARR_T	0,150	0,029	0,102	5,148	0,000
	VELOC_T_1	0,135	0,020	0,122	6,657	0,000
	EST_VIA_T_	0,046	0,019	0,043	2,387	0,017
	CLAS_VIA_T	0,236	0,041	0,115	5,824	0,000
	OCUP_SUEL_	0,342	0,049	0,123	6,988	0,000

5.18.3. Prueba de Validación del Modelo

La validación del modelo de regresión es importante para asegurar la generalización de los datos. Debido a que no se cuenta con dos muestras para comparar, se realizó la validación mediante el análisis del coeficiente de correlación ajustado (R^2 ajustado). Como podemos observar Tabla. 5.79.- Resumen del Modelo, el valor de la R^2 ajustado es 0,089 en comparación al valor 0,90 de la R^2 . Esto nos permite concluir que el modelo estimado es generalizable, por lo tanto el modelo de regresión lineal no es el idóneo para la representación del fenómeno.

5.18.4. Ecuación de Regresión Lineal Múltiple

En cuanto a nuestra **ecuación de regresión óptima** está constituida, tal y como queda reflejado en la Tabla. 5.81. Los Coeficientes del Modelo de Regresión, Segunda Interacción, por los siguientes términos:

$$\text{MLT} = a + b_1(X_1) + b_2(X_2) + b_3(X_3) + b_4(X_4) + b_5(X_5)$$

Donde: - MLT se refiere al Modelo de Regresión Lineal Múltiple en Tramos.

- a, es la constante,
- $b_1, b_2..$ coeficientes β obtenidos,
- $X_1, X_2..$ son las variables independientes respectivamente.

Reemplazando los valores se obtiene la ecuación final para implantarla en el programa Arcgis y obtener el primer modelo de frecuencia de Acc.T.; y que permita ser comparado con los demás modelos obtenidos.

$$\text{MLT} = -0.150 + 0.150*(\text{num_carr_t_1}) + 0.135*(\text{veloc_t_1}) + 0.046*(\text{est_via_t_1}) + 0.236*(\text{clas_via_t_1}) + 0.342*(\text{ocup_suelo_t_1})$$

Con esta ecuación se predice los tramos con una alta o baja incidencia de Acc.T.

Finalmente, al raster obtenido se lo normalizó para tener valores entre 0 y 1 para demostrar la alta o baja probabilidad que ocurra un Acc.T

Donde: 0: Baja probabilidad de que ocurra Acc.T

1: Alta probabilidad que ocurra un Acc.T.

Se utilizo esta fórmula, como ya se mencionó, para tener valores únicamente entre 0 y 1.

5.18.5. Zonas Susceptibles a Acc.T. en el Modelo de Regresión Lineal Múltiple

El Modelo de Regresión Lineal Múltiple en Tramos indica las siguientes zonas o tramos con una mayor probabilidad que ocurra un Acc.T.:

- ✓ Av. Gral. Rumuñahui, desde la Unidad Educativa Giovanni Farina hasta la Y de Danec: Sectores El Triángulo, ESPE, Redondel El Colibrí, no me acuerdo y Danec.
- ✓ Av. Gral. Enríquez desde la Y via al Tingo hasta el Redondel El Queso: Sectores El Triangulo, Escuela de Perfeccionamiento de la Fuerza Terrestre, Centro del Sangolquí, redondel El Aguacate, redondel El Choclo y redondel El Queso.
- ✓ Av. Luis Cordero, sector centro de Sangolquí. }
- ✓ Av. Gral. Pintag desde el redondel El Choclo hasta el botadero de Cachapamba.
- ✓ Av. Juan Salinas. Sector Colegio Salinas.
- ✓ Av. Los Shirys, sector industrial.

- ✓ Visualmente el raster normalizado (mlt_norm), muestra que en la parte urbana del cantón, indica más zonas de alta probabilidad que ocurra un Acc.T. que en la parte rural.

5.19. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN MULTIVARIADA ADAPTATIVA SPLINES (M.A.R.S.) EN TRAMOS

Debido a que el modelo lineal no se ajustó a nuestro fenómeno se utilizó este método que no se ajusta a una curva única, plantea la división por zonas y su correspondiente ajuste, lo que mejora los resultados.

Los puntos en los que cambia la pendiente de las regresiones se conocen como "knots" (nodos), y las diferentes rectas de regresión, como "basic functions" (funciones básicas).

5.19.1. Resultados del Modelo de Regresión Multivariada Adpatativa Splines (M.A.R.S) en Tramos

Para construir un modelo MARS elimina los términos uno por uno, la supresión del término menos eficaz en cada paso hasta que encuentre el mejor sub-modelo.

Observamos en la Tabla. 5.82.- *Resumen del Modelo de Mars* que solo ingresaron 4 variables independientes de las 6 que se ingresaron al inicio. Además se observa los valores del Coeficiente de Determinación y el de la Media Cuadrática de Errores.

El valor del coeficiente de determinación es pequeño lo que indico que este modelo tampoco es el adecuado para representar el fenómeno. El valor del *Error Estándar de Estimación* = 0.115,

$$R^2 = 0.358$$

$$MSE = 0.013$$

$$ESE = 0,115$$

Tabla. 5.84. Coeficientes del Modelo de Mars.

Fuente: Elaboración propia.

Final Model After Backward Stepwise Elimination				
Basis Function	Coefficient	Variable	Parent	Knot
0	0.006			
3	1446.250	VELOC_T_		0.999
5	-97541.008	CLAS_VIA	VELOC_T_	0.400
7	83867.586	NUM_CARR	CLAS_VIA	0.170
10	3839.995	EST_VIA_	NUM_CARR	0.499

El modelo final, mediante multivariate adaptive regresión splines (MARS), para el modelo de Acc.T. es:

$$BF1 = \max(0, CLAS_VIA - 0.400)$$

$$BF3 = \max(0, VELOC_T_ - 0.999)$$

$$BF4 = \max(0, 0.999 - VELOC_T_)$$

$$BF5 = \max(0, CLAS_VIA - 0.400) * BF4$$

$$BF7 = \max(0, NUM_CARR - 0.170) * BF1$$

$$BF8 = \max(0, NUM_CARR - 0.499)$$

$$BF10 = \max(0, EST_VIA_ - 0.499) * BF8$$

$$MMT = 0.006 + 1446.250 * BF3 - 97541.008 * BF5 + 83867.586 * BF7 + 3839.995 * BF10$$

Donde: - MMT indica el Modelo de Regresión Multivariada Adaptativa Splines

- BF3, BF5, BF7, BF10 Funciones básicas que ingresan al modelo

Esta ecuación se ingresó al programa Arcgis para determinar predice los tramos con una alta o baja incidencia de Acc.T.

Finalmente, al raster obtenido se lo normalizó para tener valores entre 0 y 1 para demostrar la alta o baja probabilidad que ocurra un Acc.T

Donde: 0: Baja probabilidad de que ocurra Acc.T.

1: Alta probabilidad que ocurra un Acc.T.

5.19.2. Zonas Susceptibles a Acc.T. en el Modelo M.A.R.S.

El MARS en Tramos indica las siguientes zonas o tramos con una mayor probabilidad que ocurra un Acc.T.:

- ✓ Av. Gral. Pintag desde el Redondel del Choclo hasta el botadero de basura Cachapamba
- ✓ Av. Gral. Rumiñahui desde el Centro Comercial San Luis Shopping hasta el Redondel del Choclo.
- ✓ Av. Gral. Rumiñahui desde el Redondel del Choclo hasta la Y de Danec.
- ✓ Av. Juan Salinas. Sector Colegio Salinas.
- ✓ Av. Gral. Enríquez, sector Escuela de Perfeccionamiento de la Fuerza Terrestre.

5.20. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN DE POISSON EN TRAMOS (MPT)

La distribución de Poisson es una distribución de probabilidad discreta que permite conocer la probabilidad de obtener un número de eventos en sucesos con pequeña probabilidad de ocurrencia dentro de un determinado periodo tiempo.

5.20.1. Análisis de los Resultados de la Regresión de Poisson

El análisis de esta distribución se llevó a cabo en el programa SPSS, de igual manera se ingresaron la variable dependiente y las variables independientes respectivamente.

❖ Primera Interacción

Para conocer si todas las variables independientes están relacionadas con el modelo se analizó la matriz de los coeficientes Tabla. 5.85 mostrando que la

variable Tipo de Rodadura (*Tip_rod_Tram_1*) no tiene una relación significativa, debido a esto no se la tomó en cuenta para la segunda interacción.

Tabla. 5.85. Coeficientes de la Primera Interacción del Modelo de Distribución de Poisson.

Fuente: Elaboración propia.

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test			Exp(B)	95% Wald Confidence Interval for Exp(B)	
			Wald Chi-Square	df	Sig.	Lower	Upper		Upper	Wald Chi-Square
(Intercept)	-9,624	1,4251	-12,417	-6,83	45,60	1,00	0,000	0,000	0,000	0,001
NUM_CARR_T	3,939	0,9601	2,057	5,82	16,83	1,00	0,000	51,366	7,825	337,195
VELOC_T_1	2,295	0,9139	0,504	4,09	6,30	1,00	0,012	9,922	1,655	59,506
TIP_ROD_T	-12,674	14,0153	-40,143	14,80	0,82	1,00	0,366	0,000	0,000	2.665.063,522
EST_VIA_T	0,215	1,5522	-2,827	3,26	0,02	1,00	0,890	1,240	0,059	25,979
CLAS_VIA_T	12,315	3,0009	6,433	18,20	16,84	1,00	0,000	223.017,728	622,313	79.922.633,649
OCUP_SUEL	1,824	0,6898	0,472	3,18	6,99	1,00	0,008	6,196	1,603	23,950
(Scale)	1(a)									

❖ Segunda Interacción

La Tabla. 5.86 presenta información sobre cada una de las variables independientes y la dependiente en la que, su varianza es igual que su media por lo tanto podemos decir que el modelo es el adecuado, pero de igual se realizó la Regresión Negativa Binomial para comprobar.

Tabla. 5.86. Información de las Variables del Modelo de de Distribución de Poisson.

Fuente: Elaboración propia.

		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Dependent Variable	FREC_2009	3.138	0,00	3,00	0,01	0,14
Covariate	NUM_CARR_T	3.138	0,17	1,00	0,32	0,10
	VELOC_T_1	3.138	0,06	1,00	0,43	0,13
	EST_VIA_T_	3.138	0,17	0,50	0,33	0,13
	CLAS_VIA_T	3.138	0,10	0,40	0,13	0,07
	OCUP_SUEL_	3.138	0,00	1,00	0,02	0,05

En las Tabla. 5.87 se encuentran los coeficientes de información con los cuales se compararon los obtenidos en la Regresión Binomial Negativa

Tabla. 5.87. Estadísticos Descriptivos de la Segunda Interacción de la Distribución de Poisson.

Fuente: Elaboración propia.

	Value	Df	Value/df
Deviance	177,912	3.132	0,06
Scaled Deviance	177,912	3.132	
Pearson Chi-Square	2.289,937	3.132	0,73
Scaled Pearson Chi-Square	2.289,937	3.132	
Log Likelihood(a)	-118,553		
Akaike's Information Criterion (AIC)	249,107		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	249,133		
Bayesian Information Criterion (BIC)	285,415		
Consistent AIC (CAIC)	291,415		

Los coeficientes de β son los coeficientes de la distribución de poisson que definen su ecuación. La variable independiente con mayor importancia relativa dentro de la ecuación es **Clase de Vía** (*Clas_via_Tram_1*) (Tabla. 5.88).

Tabla. 5.88. Coeficientes de la Segunda Interacción del Modelo de Distribución de Poisson.

Fuente: Elaboración propia.

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test			Exp(B)	95% Wald Confidence Interval for Exp(B)	
			Wald Chi-Square	df	Sig.	Lower	Upper		Upper	Wald Chi-Square
(Intercept)	-10,694	0,9142	-12,49	-8,90	136,84	1,00	0,000	0,000	0,000	0,000
NUM_CARR_T	4,181	0,9299	2,36	6,00	20,21	1,00	0,000	65,399	10,570	404,652
VELOC_T_1	2,522	0,8826	0,79	4,25	8,16	1,00	0,004	12,454	2,208	70,246
EST_VIA_T	-0,108	1,5101	-3,07	2,85	0,01	1,00	0,943	0,898	0,047	17,318
CLAS_VIA_T	13,591	2,6977	8,30	18,88	25,38	1,00	0,000	798.508,070	4.036,552	157.960.351,806
OCUP_SUEL	1,877	0,6867	0,53	3,22	7,47	1,00	0,006	6,533	1,700	25,098
(Scale)	1(a)									

5.20.2. Ecuación de la Distribución de Poisson

En cuanto a nuestra **ecuación** está constituida, con los coeficientes reflejados en la Tabla. 13 de la siguiente manera:

$$\text{MPT} = e^{(a+b1(X1)+b2(X2)+b3(X3)+b4(X4)+b5(X5)+b6(X6))}$$

Donde: - MPT se refiere al Modelo de Distribución de Poisson en Tramos.

- a, es la constante,
- e valor numérico exponencial n 2.14...
- b1, b2.. coeficientes β obtenidos,
- X1 , X2.. son las variables independientes respectivamente.

Reemplazando los valores se obtiene la ecuación final para implantarla en el programa Arcgis y obtener el tercer modelo de frecuencia de Acc.T.; y que permita ser comparado con los demás modelos.

$$\mathbf{MPT} = e^{((-10.694*(4.181*(num_carr_t_1)+2.522*(veloc_t_1)-0.108*(est_via_t_1)+13.591*(clas_via_t_1)+1.877*(ocup_suelo_t_1)))}$$

Con esta ecuación se predice los tramos con una alta o baja incidencia de Acc.T.

Finalmente, al raster obtenido se lo normalizó para tener valores entre 0 y 1 para demostrar la alta o baja probabilidad que ocurra un Acc.T

Donde: 0: Baja probabilidad de que ocurra Acc.T.

1: Alta probabilidad que ocurra un Acc.T.

5.20.3. Zonas Susceptibles a Acc.T. en el Modelo de Distribución de Poisson

El Modelo de Distribucion de Poisson en Tramos indica las siguientes zonas o tramos con una mayor probabilidad que ocurra un Acc.T.:

- ✓ Av. Gral. Rumuñahui, desde la Unidad Educativa Giovani Farina hasta la Y de Danec: Sectores El Triangulo, San Luis Shopping, ESPE, Redondel El Colibrí y Danec.
- ✓ Av. Gral. Enríquez desde la Y via al Tingo hasta el Centro de Sangolquí: Sectores El Triangulo, Escuela de Perfeccionamiento de la Fuerza Terrestre, Centro del Sangolquí.
- ✓ Av. Abdón Calderón: Centro de Sangolquí.
- ✓ Av. Luis Cordero, sector centro de Sangolquí.
- ✓ Av. Juan Salinas desde el redondel El Choclo hasta el redondel El Queso.
- ✓ Av. Gral. Pintag desde el redondel El Choclo hasta el botadero de Cachapamba.
- ✓ Av. Los Shirys. Sectores: Industrial, Y de Danec.

5.21. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN BINOMIAL NEGATIVA EN TRAMOS (MBNT)

5.21.1. Análisis de los Resultados de la Regresión Binomial Negativa

El análisis de esta distribución se llevó a cabo en el programa SPSS, de igual manera se ingresaron la variable dependiente y las variables independientes respectivamente.

❖ Primera Interacción

En la Tabla. 5.89 observamos que la variable (*Tip_rod_Tram_1*) no tiene una relación significativa, debido a esto no se la tomó en cuenta para la segunda interacción.

Tabla. 5.89. Coeficientes de la Primera Interacción del Modelo de Regresión de Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia.

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test			Exp(B)	95% Wald Confidence Interval for Exp(B)	
			Wald Chi-Square	df	Sig.	Lower	Upper		Upper	Wald Chi-Square
(Intercept)	-9,945	1,5390	-12,962	-6,929	41,762	1	0,000	0,000	0,000	0,001
NUM_CARR_T	4,059	1,0743	1,953	6,164	14,273	1	0,000	57,888	7,050	475,350
VELOC_T_1	2,330	0,9959	0,378	4,282	5,472	1	0,019	10,275	1,459	72,368
TIP_ROD_T	-11,284	13,9343	-38,595	16,027	0,656	1	0,418	0,000	0,000	9.126.605,952
EST_VIA_T	0,446	1,6463	-2,781	3,673	0,073	1	0,786	1,562	0,062	39,362
CLAS_VIA_T	12,699	3,2112	6,405	18,993	15,638	1	0,000	327.323,422	604,796	177.151.569,154
OCUP_SUEL	1,914	1,0257	-0,097	3,924	3,480	1	0,062	6,777	0,908	50,600
(Scale)	1(a)									

❖ Segunda Interacción

No ingresó la variable Tipo de Rodadura.

Tabla. 5.90.- Estadísticos Descriptivos de la Segunda Interacción de la Distribución de Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia.

	Value	Df	Value/df
Deviance	145,097	3.132	0,046
Scaled Deviance	145,097	3.132	
Pearson Chi-Square	2.288,150	3.132	0,731
Scaled Pearson Chi-Square	2.288,150	3.132	
Log Likelihood(a)	-114,477		
Akaike's Information Criterion (AIC)	240,955		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	240,981		
Bayesian Information Criterion (BIC)	277,263		
Consistent AIC (CAIC)	283,263		

Los coeficientes de β son los coeficientes de la distribución de binomial negativa que definen su ecuación. La variable independiente con mayor importancia relativa dentro de la ecuación es **Clase de Vía** (*Clas_via_Tram_1*) (Tabla.5.91).

Tabla. 5.91. Coeficientes de la Segunda Interacción del Modelo de Distribución de Binomial Negativa.

Fuente: Elaboración propia.

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Wald Chi-Square	df	Sig.	Lower	Upper
(Intercept)	-10,951	1,0260	-12,962	-8,940	113,932	1	0,000
NUM_CARR_T	4,334	1,0388	2,298	6,371	17,410	1	0,000
VELOC_T_1	2,556	0,9606	0,673	4,438	7,077	1	0,008
EST_VIA_T	0,173	1,6187	-3,000	3,345	0,011	1	0,915
CLAS_VIA_T	13,845	2,9231	8,116	19,574	22,433	1	0,000
OCUP_SUEL	1,979	1,0314	-0,043	4,000	3,680	1	0,055
(Scale)	1(a)						

5.21.2. Ecuación de la Distribución Binomial Negativa

En cuanto a nuestra **ecuación** está constituida, con los coeficientes reflejados en la Tabla. 5.91 de la siguiente manera:

$$\text{MNBT} = e^{(b_0 + b_1(X_1) + b_2(X_2) + b_3(X_3) + b_4(X_4) + b_5(X_5) + b_6(X_6))}$$

- Donde:
- MNBT se refiere al Modelo de Distribución de Binomial Negativa en Tramos.
 - a, es la constante,
 - e valor numérico exponencial 2.718281828..
 - b1, b2.. coeficientes β obtenidos,
 - X1 , X2.. son las variables independientes respectivamente.

Reemplazando los valores se obtiene la ecuación final para implantarla en el programa Arcgis y obtener el tercer modelo de frecuencia de Acc.T.; y que permita ser comparado con los demás modelos.

$$\text{MNBT} = e^{((-10.951 + (4.334*(\text{num_carr_t_1}) + 2.556*(\text{veloc_t_1}) - 0.173*(\text{est_via_t_1}) + 13.845*(\text{clas_via_t_1}) + 1.979*(\text{ocup_suelo_t_1})))}$$

Con esta ecuación se predice los tramos con una alta o baja incidencia de Acc.T.

Finalmente, al raster obtenido se lo normalizó para tener valores entre 0 y 1 para demostrar la alta o baja probabilidad que ocurra un Acc.T

Donde: 0: Baja probabilidad de que ocurra Acc.T.

1: Alta probabilidad que ocurra un Acc.T.

5.21.3. Zonas Susceptibles a Acc.T. en el Modelo de Distribucion Binomial Negativa

El Modelo de Distribución de Binomial Negativa en Tramos indica las siguientes zonas o tramos con una mayor probabilidad que ocurra un Acc.T.:

- ✓ Av. Gral. Rumuñahui, desde la Unidad Educativa Giovani Farina hasta la Y de Danec: Sectores El Triangulo, San Luis Shopping, ESPE, Redondel El Colibrí y Danec.
- ✓ Av. Gral. Enríquez desde la Y via al Tingo hasta el Centro de Sangolquí: Sectores El Triangulo, Escuela de Perfeccionamiento de la Fuerza Terrestre, Centro del Sangolquí.
- ✓ Av. Abdón Calderón: Centro de Sangolquí.
- ✓ Av. Luis Cordero, sector centro de Sangolquí.
- ✓ Av. Juan Salinas desde el redondel El Choclo hasta el redondel El Queso. Sector Colegio Juan Salinas.
- ✓ Av. Gral. Pintag desde el redondel El Choclo hasta el botadero de Cachapamba.
- ✓ Av. Los Shirys. Sectores: Industrial, Y de Danec.

5.22. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS MODELOS CARTOGRAFICOS PLANTEADOS

5.22.1. Validación Estadística entre los Modelos de Regresión Lineal Múltiple y el Multivariada Adaptativa Splines M.A.R.S.

❖ Coeficiente de Determinación Múltiple

El coeficiente de determinación permite describir la intensidad de la relación entre los dos conjuntos de variables de los datos reales y los valores predichos. Este

toma valores desde menos uno hasta uno valor del, indicando que mientras más cercano a uno sea el valor más fuerte será la asociación entre las dos variables.

Tabla. 5.92. Valores del Coeficiente de Determinación Múltiple de cada Modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Coefficientes de Determinación	
Modelo 1.	Modelo 2.
MLT	MMT
0.09	0.598

De acuerdo a este análisis, el coeficiente de determinación múltiple para el modelo 2, es mayor al del otro modelo, por tanto la asociación de los datos reales y predichos de este modelo se asemeja más a la realidad del fenómeno.

❖ **Media Cuadrática de los Errores o Residuales**

El valor que se aproxime a 0 indicara que el mejor modelo, ya que indicara que el error es mínimo.

Tabla. 5.93. Valores de la Suma Cuadrática de los Errores de cada Modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Media Cuadrática de los Errores	
Modelo 1.	Modelo 2.
MLT	MMT
0.019	0.013

Así, el valor del modelo 2 indica que en las interacciones para encontrar el mejor subconjunto este valor se redujo minimizando los errores.

❖ Análisis del Error de Estándar en la Estimación

El error estándar mide la disparidad entre los valores observados y los valores estimados, describe la relación entre las dos variables.

Tabla. 5.94. Valores del Error Estándar de Estimación de cada Modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Error Estándar de Estimación	
Modelo 1.	Modelo 2.
MLT	MMT
0.137	0.115

Al ser una medida de dispersión la estimación se hace más precisa conforme el grado de dispersión alrededor del plano de regresión se hace más pequeño.

El modelo 2, de acuerdo al error estándar de estimación, predice mucho mejor la realidad del fenómeno estudiado.

Analizando estos 3 parámetros se llegó a la conclusión que el modelo 2 (M.A.R.S.) es el que mejor se ajusta a la ocurrencia de Acc.T. en el Cantón Rumiñahui.

5.22.2. Validación Estadística entre los Modelos de Regresión de Poisson y Binomial Negativa

Para validar los modelos de Poisson y Binomial Negativa es necesario observar los coeficientes resultantes de las tablas de Estadísticos Descriptivos respectivamente (*Tabla. 5.87 y Tabla. 5.90*).

Tabla. 5.95. Validación de los Modelos Lineales Generalizables.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Coefficientes</i>	<i>Distribución de Poisson</i>	<i>Distribución Binomial Negativa</i>
Akaike's Information Criterion (AIC)	240.955	249.107
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	240.981	249.133
Bayesian Information Criterion (BIC)	285,415	277,263

De la Tabla. 5.95 se concluyó que el modelo que mejor se ajusta a la ocurrencia de Acc.T es la Distribución de Poisson.

5.23. IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS OBTENIDOS

De acuerdo a los diferentes análisis estadísticos realizados, los modelos 1 y 3 de intersecciones, y los modelos 2 y 3 de tramos, serán implementados para la realización del proyecto, siendo estos los que representan de forma más aproximada la realidad del evento estudiado.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ❖ Existen muchos factores que inciden en la ocurrencia de un Acc.T., en el presente estudio se tomó en cuenta las condiciones físicas de las vías, más no sus características de construcción, ni factores relacionados con el vehículo ni el conductor por la complejidad del tema.
- ❖ La metodología utilizada para la puntuación de los factores de las variables cualitativas independientes se la realizó sin involucrar los datos de la frecuencia de Acc.T. del año 2009 para no predisponer los resultados ni sesgar la información.
- ❖ La información para realizar los diferentes modelos se la obtuvo de diferentes fuentes como la Subjefatura del Cantón Rumiñahui, Municipio y visitas de campo para verificar las condiciones del área, pero zonas con similares características pueden tener diferente grado de susceptibilidad debido a las distintas variables utilizadas y sus respectivos factores.
- ❖ La variable independiente que no ingresó a los modelos analizados en Tramos, es Tipo de Rodadura (Tip_rod_Tram_1), indicando que la ocurrencia de Acc.T. en estos modelos, no está relacionada a este tipo de variable. Se puede concluir que esto se debe a que la mayoría de vías en el cantón son de tipo Adoquín y solo las Avenidas son de asfalto y los Acc.T. se están presentando en todo el cantón.

- ❖ Los tramos con alta susceptibilidad a la ocurrencia de Acc.T. determinada por el modelamiento SIG están distribuidas en la parte urbana del cantón en los tramos de mayor movilidad, sin embargo en la parte rural del cantón (calles San Fernando e Inés Gangotena), existen tramos que presentan concentraciones altas.
- ❖ Los resultados del análisis y pruebas realizadas con los modelos de Acc.T. indican que la Distribución de Poisson describe mejor el fenómeno estudiado, no se puede comparar con otras metodologías aparte de las realizadas en este proyecto, porque no se encontró algún tipo de estudio relacionado a determinar zonas susceptibles en el área de estudio. Sin embargo en publicaciones de otros países se utilizó este tipo de distribución obteniendo buenos resultados.
- ❖ Cabe recalcar que no se puede inferir diciendo que en las zonas de baja susceptibilidad no van a existir Acc.T. y que en las zonas de alta susceptibilidad sí, debido que es un modelo de estimación y los datos son únicamente estimados de la ocurrencia de de Acc.T.
- ❖ Este proyecto constituiría el inicio de un plan destinado a mejorar las condiciones viales en las vías, al mismo tiempo que tendría un fundamento acertado en la destinación de agentes de tránsito para los tramos e intersecciones críticas del Cantón Rumiñahui.
- ❖ El análisis y modelamiento espacial realizado en este proyecto constituye una herramienta útil para observar la distribución espacial de los Acc.T., para observar donde existen aglomeraciones de los mismos y principalmente para tener una idea más clara de que posibles variables físicas estarían influyendo en la ocurrencia de Acc.T.

6.2. RECOMENDACIONES

✓ PARA LA BASE DE DATOS Y AUTOMATIZACIÓN DEL P.P.

- ❖ La implementación de la Automatización del Parte Policial debería ser utilizada por los miembros de la Policía Nacional pertenecientes a la Subjefatura del Cantón Rumiñahui, hasta que se implemente un sistema general a nivel nacional, provincial o cantonal, para tener una base de datos de los Acc.T. más confiable y accesible para futuros estudios.
- ❖ La clave primaria en la tabla “persona” debe ser la C.I./pasaporte, debido que es única e irrepitible, en este proyecto no se lo consideró de esta manera, debido a que algunos P.P. no tenían esta información.
- ❖ La clave primaria en la tabla “vehículo” debe ser el número de placa, no se lo consideró de esta manera en este proyecto, debido a q algunos P.P. no tenían esta información.
- ❖ La dirección de los Acc.T. tomada por los miembros de la Policía Nacional debería ser más precisa, para tener información real del lugar donde ocurrió el incidente.
- ❖ Es recomendable que se integre la información de otras instituciones con la base de datos alfanumérica realizada en este proyecto, para que los datos sean más completos y reales, en cuanto a las causas, muertos y heridos de los Acc.T.
- ❖ Se recomienda la utilización de un servidor global, para que simultáneamente los usuarios finales (Personal Policial) puedan acceder a las aplicaciones generadas en este proyecto.

❖ La automatización del P.P. puede ser implementada en la web, para que de esta manera los agentes policiales puedan trabajar mediante sistemas en línea, lo cual facilitaría el acceso y conexión de otras entidades como el registro civil, fiscalía, juzgados con la automatización del P.P.

✓ **PARA EL ANÁLISIS DE ZONAS SUSCEPTIBLES A ACCIDENTES DE TRÁNSITO y SIG**

❖ La ocurrencia de Acc.T. representa un problema en el ámbito social, por ello es de vital importancia determinar zonas susceptibles a estos, para tomar decisiones acertadas dependiendo de la ubicación del área. Además permite que aquellas zonas de baja probabilidad no se conviertan en zonas susceptibles a la ocurrencia de Acc.T. tomando medidas preventivas.

❖ El Cantón Rumiñahui está en constante desarrollo, por ello en los proyectos viales y de planificación se deberían incluir este tipo de estudios que determinen zonas susceptibles a Acc.T., para que las autoridades respectivas prevengan y eviten este problema.

❖ Existen variables independientes que no ingresaron en este análisis, como por ejemplo el Tráfico Promedio Diario Anual, la pendiente, el ancho de vía, la presencia de parterres, el número de señales de tránsito, en donde se recomienda que para futuros estudios se tomen en cuenta para descartarlas o acogerlas según el tipo de análisis que se realice.

❖ La identificación de establecimientos educativos, recreativos o de salud en las zonas de mayor probabilidad de Acc.T. podrían ayudar a que la policía advierta acerca de la inseguridad vial en su entorno inmediato.

❖ La reducción en el número de Acc.T. se puede lograr mediante el empleo de acciones en el campo de la seguridad vial, en sitios en los cuales durante el período de estudio, la frecuencia de accidentes de tránsito así lo amerite; sin

embargo en la práctica la situación es más compleja, considerando que no se trata de uno o varios factores que puedan ser analizados individualmente, y que son muchas las variables involucradas en la ocurrencia de un Acc.T.

❖ El reto futuro sería transformar este primer estudio en un sistema de información activo, flexible y permanente, que sea capaz de generar información con periodicidad regular e incluso en tiempo real.

❖ El desarrollo de este Sistema de Información Geográfica sería de gran utilidad para la prevención de Accidentes de Tránsito en el Cantón Rumiñahui y serviría como prototipo para otros cantones y ciudades del país.

❖ La automatización del P.P. cumplirá con los requerimientos del usuario final expuestos en este proyecto, además, podrá ser alojada en la web para que distintos usuarios finales puedan acceder simultáneamente a la misma, inclusive podrían trabajar mediante sistemas en línea y ya no sería necesario la impresión del P.P.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO I

Información Rumiñahui,

http://www.ruminahui.gov.ec/ruminahui/index.asp?SEC_INF=RUMINAHUI, 2007, enero 2009.

Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial (DNCTSV), Departamento de Ingeniería de Tránsito, Plan Nacional de Seguridad Vial (2009-2011), Quito 2009.

INEC, VI Censo de Población y V de Vivienda, realizado el 25 de noviembre del año 2001, http://www.inec.gov.ec/c/document_library/get_file?folderId, enero 2009.

CAPÍTULO II

D.N.C.T.S.V., Subdirección de Investigación de Accidentes de Tránsito (SIAT), Anuario Estadístico de Accidentes de Tránsito ocurridos en Ecuador año 2009, <http://www.dnctsv.gov.ec/siat.html>, julio 2010.

D.N.C.T.S.V., Dpto. de Ingeniería de Tránsito, *Estudio Estadístico y Probabilístico de Accidentabilidad 2002 – 2008*, Quito 2008.

INEC, Encuesta de Transportes,

http://www.inec.gov.ec/web/guest/ecu_est/est_eco/enc_eco/enc_tra, 2009, julio 2010.

CAPÍTULO III Y IV

Sánchez, Jorge, *Diseño Conceptual de Bases de Datos: guía de aprendizaje*, <http://www.jorgesanchez.net/bd/disenioBD.pdf>, julio 2010.

Yenifer, Laurens, *Modelo Conceptual de Datos*,

<http://www.alfa.facyt.uc.edu.ve/computacion/pensum/cs0347/download/exposiciones2005-2006/modelos%20de%20datos.pdf>, julio 2010.

Diseño lógico de la Base de Datos: Sistema de gestión de Base de Datos,
<http://usuarios.multimania.es/cursosgbd/UD4.htm>

Introducción a las Bases de Datos,
http://www.wikilearning.com/tutorial/introduccion_a_las_bases_de_datosintroduccion_a_las_bases_de_datos/10147-1, agosto 2010.

Introducción al Servidor Xampp, Servidor Web Tomcat y Apache, IDE Eclipse, Lenguaje Java y Plataforma Pentaho, <http://es.wikipedia.org/wiki/>, septiembre 2010.

Los accidentes de tránsito, un problema socioeconómico,
<http://www.sanpedrodelapaz.cl/direcciones/tran/accidentesdetransito.pdf>, julio 2010.

Timaná, J., “Técnica de análisis de accidentes de tránsito: Seguridad vial”, Lima, Perú.

Gómez, M., Barredo, J., *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*, 2da Edición Actualizada, Alfaomega Grupo Editor, México, noviembre 2005.

Reséndiz, H., “Georeferenciación de puentes peatonales en ciudad México y su relación con peatones atropellados”, México, 2005.

Spiegel, R., *Estadística*, Segunda Edición, McGraw-Hill, España 1990.

Conceptos básicos de estadística,
http://ponce.inter.edu/cai/reserva/lvera/CONCEPTOS_BASICOS.pdf, mayo 2010.

Estadística, <http://www.spssfree.com>, mayo 2010.

Estadística descriptiva de los datos,
<http://www.fisterra.com/mbe/investiga/10descriptiva/10descriptiva.asp>, mayo 2010.

CAPÍTULO V

Páez, D., *Estudio de los accidentes del tránsito en la Ciudad de La Habana en el año 2006*, Cuba, 2009

Masayuki, H., “Development of traffic accident analysis system using GIS”, 2005.

Lim Yu, L., "Traffic Accident Application using Geographic Information System", 2006.

Deelesh M., y Rajiv G., "Evaluation of accident black spots on roads using GIS", India, 2003.

Roozenburg, A., "Accident Prediction Models for Signalized Intersections", 2007.

Ottomanelli, M., y Sassanelli D., "Planning Traffic Safety In Urban Transportation Networks: A Simulation-Based Evaluation Procedure", Italia.

Poch, M., y M, Fred., "Negative Binomial Analysis of Intersection Accident Frequencies", *Journal of Transportation Engineering*, Washington D.C., marzo 1996.

Fuentes, C., "La estructura espacial urbana y la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, Baja California (2003-2004)", México, 16 de octubre 2008.

Cantillo, V., y Garcés P., "Análisis de la Accidentalidad vial en tramos urbanos mediante el uso de SIG planteado desde un enfoque Bayesiano", Colombia, julio 2010.

"Análisis de los Accidentes de Tránsito en el Área central de Lima y Callao", *Consejo de Transporte de Lima y Callao*, Perú, Agosto 2008.

Mayoral, E., Cuevas A., y Mendoza A., "El punto negro en la infraestructura vial y la manera de combatirlo", *Instituto Mexicano del Transporte*.

Chias, L., "Diagnóstico espacial de los accidentes de tránsito en la ciudad de México".

Reyes, P., "Descripción y Análisis Espacial de los Accidentes de Tráfico en Hermosillo, Sonora, 2005", noviembre, 2007.

Hermosa, L., Avilés, M. "Análisis y Modelamiento de susceptibilidad a deslizamientos mediante SIG y Geoestadística en las Parroquias de Papallacta y Cuyuja, Cantón Quijos", febrero 2009.

Hurtado, J., "Modelización de flujos viales y cálculo de índices de accesibilidad en la zona de Sangolquí y San Rafael y su aplicación a modelos para simulación de evacuación", Sangolquí, abril 2.