

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA
CARRETERA DE PENETRACIÓN TARMA - LA MERCED -
SATIPO
INFLUENCIA DEL MEDIO FÍSICO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JEFFREEN SALOMÓN LÓPEZ AURORA

Lima - Perú

2011

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

A mis hermanos, gracias por haber estado siempre apoyándome por su amistad incondicional. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	7
INTRODUCCION.....	8
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	9
1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO.....	10
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CARRETERA.....	10
1.3.1 Ubicación	10
1.3.2 Relieve	12
1.3.3 Recursos Hídricos	14
1.4 ESTADO DEL ARTE DE LA RENTABILIDAD DE PROYECTOS VIALES	15
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MEDIOS FÍSICOS.....	17
2.1 ACTORES INVOLUCRADOS.....	17
2.1.1 Geodinámica Externa del Territorio	18
2.1.2 Usos de Suelos Para la Agricultura	21
2.2 MAPEO DE ACTORES	26
2.3 MATRIZ DE SINERGIAS Y CONFLICTOS.....	27
CAPÍTULO III: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	29
3.1 DEFINICIÓN.....	29
3.2 BASE DE DATOS DE LOS MEDIOS FÍSICOS DE UNA CARRETERA..	30
3.3 MODELAMIENTO DE DATOS	31
3.3.1 Modelos Vectoriales	31
3.3.2 Modelos Raster	31

3.3.3	Ventajas e Inconvenientes de los Modelos Raster y Vectorial	34
3.4	ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO.....	35
3.4.1	Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)	36
3.4.2	Análisis Estructural	39
3.4.3	Predicción de Superficies y Simulaciones:	40
3.5	ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN ARCGIS	41
CAPÍTULO IV: RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA		42
4.1	ANÁLISIS DE LOS FACTORES INVOLUCRADOS EN LA RENTABILIDAD DE UN PROYECTO DE CARRETERA.....	42
4.1.1	Influencia de la Distancia de la Carretera con la Población	42 ✓
4.2	PROCESO DE RASTERIZADO DE LA INFLUENCIA DE LOS MEDIOS FÍSICOS TOMADOS COMO ACTORES	60
4.3	FACTOR DE EVALUACIÓN ECONÓMICA	62
4.4	DESARROLLO DE LA RENTABILIDAD.....	64
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		67
5.1	CONCLUSIONES.....	67
5.2	RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....		69
ANEXOS		73

RESUMEN

El presente estudio está orientado a la Evaluación de la Rentabilidad Social de la Carretera de Penetración Tarma - La Merced - Satipo, a través del estudio de los actores del medio físico que interactúan y que no son tomados en cuenta cuando se hacen los proyectos de inversión pública.

Para el desarrollo del estudio, se hace un reconocimiento de los actores de este medio y cómo están relacionados con la carretera. Esto se facilita aplicando las herramientas del análisis geoespacial para reconocer cuáles son las relaciones que existen entre actores y carretera y el análisis de la matriz de sinergias y conflictos.

La herramienta que se ha utilizado para hacer el análisis geoespacial de las variables estudiadas, es el *software* ArcGIS, el cual permite representar a los actores dentro del ámbito de la geografía donde se encuentra la carretera.

En el primer capítulo se van a tratar los antecedentes y objetivos así como las características geográficas del área de influencia por donde atraviesa la carretera de penetración.

En el segundo capítulo se ha identificado los actores del medio físico, y su relación con la carretera.

En el tercer capítulo se hace referencia al uso de los sistemas de información geográfica (SIG), como herramienta para el procesamiento de datos.

En el cuarto capítulo se hará uso de la Geoestadística para poder desarrollar modelamientos numéricos de las variables escogidas en todo el ámbito del área de influencia.

Finalmente en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones, producto del trabajo realizado.

LISTA DE CUADROS

Cuadro. 1 Distritos del Área de Influencia	11
Cuadro. 2 Sistema de clasificación de uso de suelos.....	22
Cuadro. 3 Indicadores por objetivos estratégicos generales y específicos	23
Cuadro. 4 Cuadro de Capacidad de Uso Mayor de Suelos	24
Cuadro. 5 Mapeo de actores del Medio Físico	26
Cuadro. 6 Matriz de actores de la carretera Tarma - La Merced - Satipo	28
Cuadro. 7 Cuadro comparativo entre Formato Raster y Vectorial	35

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Mapa ubicación de la carretera	11
Fig. 2 Perfil longitudinal de la carretera en estudio: Tarma-Satipo	14
Fig. 3 Relieve topográfico del área de influencia	14
Fig. 4 Representación de los agentes de la geodinámica externa.....	18
Fig. 5 Descomposición de la realidad en capas relativas a un ámbito concreto .	29
Fig. 6 Descripción de una base de datos correlacional	30
Fig. 7 Representación de la realidad mediante un modelo vectorial.....	31
Fig. 8 Codificación de una variable cuantitativa en formato raster.....	32
Fig. 9 Izquierda: Malla de un raster mostrando el atributo numérico que define cada celda, en la derecha: Orden de almacenamiento de un raster	33
Fig. 10 Cuanto menor sea el área que cubre cada píxel mayor precisión y escalas mayores tendrá la imagen.	34
Fig. 11 Construcción de un gráfico de probabilidad normal.....	38
Fig. 12 Variograma teórico y sus partes.....	39
Fig. 13 Gráfica del semivariograma	40
Fig. 14 Representación de una variable puntual en el espacio y su modelo continuo de predicción mediante el Kriging ordinario.....	40
Fig. 15 Centros poblados dentro del área de influencia ubicados en el SIG.....	44
Fig. 16 Menú desplegable, donde se selecciona histograma	44
Fig. 17 Ventana, donde se aprecia el histograma por defecto.....	45
Fig. 18 Ventana, donde se aprecia el histograma transformado	47
Fig. 19 Menú despegable donde se selecciona el análisis de tendencia.....	48
Fig. 20 Ventana, donde se muestra el análisis de tendencia.....	48
Fig. 21 Ventana, donde se selecciona el análisis de tendencia, con los datos removidos.....	49
Fig. 22 Menú, donde se selecciona el asistente geoestadístico	50
Fig. 23 Ventana, donde se selecciona el método de análisis	51
Fig. 24 Ventana, donde se selecciona el modelo o tipo de Kriging.....	52
Fig. 25 Ventana, donde se aprecia las propiedades del método	52
Fig. 26 Ventana, donde se aprecia el modelo del semivariograma con los datos por defecto.	53
Fig. 27 Corrección del modelo del semivariograma con los datos ingresados ...	54

Fig. 28 Autocorrelación direccional para la toma de datos en el semivariograma	54
Fig. 29 Visualización de toma de datos.....	55
Fig. 30 Forma en que se divide la toma de datos en una vecindad.....	55
Fig. 31 Cuadro de validación cruzada.....	56
Fig. 32 Cuadro resumen	57
Fig. 33 Modelo de interpolación de datos Kriging Ordinario de Distancias	57
Fig. 34 Selección de comando para creación de mapa de errores.....	58
Fig. 35 Mapa de predicción de errores.....	59
Fig. 36 Ubicación de los eventos de geodinámica externa en área de influencia	60
Fig. 37 Ubicación de los eventos de geodinámica externa en área de influencia	61
Fig. 38 Interpolación de los actores de la geodinámica externa	62
Fig. 39 Población económicamente activa ocupada en el área de influencia, mapa vectorial	63
Fig. 40 Mapa de Interpolación de la población económicamente activa ocupada	64
Fig. 41 Mapa de beneficios en el área de influencia.....	66

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

CAD	Diseño Asistido por Computador (del inglés Computer Aided Design)
EASE	: Evaluación Ambiental y Social con Enfoque Estratégico
ESDA	: Análisis exploratorio de datos espaciales
GUINOT	: Guía Nacional de Ordenamiento Territorial
IIRSA	: Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MTC	: Ministerio de transportes y comunicaciones
PEA-O	: Población económicamente activa ocupada
PERT	: Proyecto Especial Rehabilitación Infraestructura de Transportes
SIG	: Sistema de Información Geográfica

INTRODUCCIÓN

Una de las variables que condiciona el desarrollo económico de las regiones es la inversión pública en infraestructura vial, que atraigan las inversiones y que propicien el crecimiento de la producción y el empleo en los diferentes sectores económicos. En este sentido las carreteras de penetración dentro del territorio peruano son un eje que impulsa este desarrollo, no obstante el costo de inversión realizado en su construcción es alto.

En el recorrido de la carretera esta atraviesa por la variada topografía de la cordillera de los andes y la selva, estando afectada por los factores de la geodinámica externa la cual causan su deterioro prematuro.

En el este informe se hará el análisis de la rentabilidad de la carretera visto desde el enfoque de la influencia de la geodinámica externa, el cual se desarrolla en cinco capítulos.

En el Capítulo I se presenta los antecedentes y objetivos del estudio que se va a realizar, también se hace una descripción de la geografía de la zona por donde está pasando la carretera.

En el Capítulo II se hace un reconocimiento de los actores de los medios físicos involucrados en el estudio, para lo cual se hace una síntesis de cómo estos se relacionan con la carretera.

En el Capítulo III se dan a conocer los conceptos y características de los sistemas de información geográfica (SIG), el cual se usa como herramienta para el desarrollo del análisis geoestadístico.

En el Capítulo IV se va a desarrollar un modelo numérico que permite dar una valoración a la rentabilidad asociada a los actores de los medios físicos.

Finalmente en el Capítulo V se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La red vial del Perú está compuesta por más de 78,000 km de carreteras, dentro de ellas tenemos las carreteras de penetración. Estas rutas están a cargo de PROVIAS, ente descentralizado del MTC, quien tiene la función de mantener y ampliar dichas vías. La difícil y variada geografía del Perú es una de las principales características que tiene que afrontar esta vía de penetración, caracterizada por la variedad de climas, suelos y grupos de poblaciones.

Las poblaciones agrupadas en centros urbanos que son intersectadas por el eje de la carreta son las que mayor beneficio económico obtienen de esta, ya que en ellas se centra la producción de bienes y servicios así como el comercio de las diferentes materias primas que produce la zona, las cuales son luego sacadas por las carreteras hacia la costa y viceversa. Si bien es cierto la finalidad de una vía de acceso es permitir el crecimiento económico de la población a la cual se desea acceder, esto no se concretiza para todos siendo los poblados más alejados los que menores beneficios obtienen debido a que la distancia y la falta de vías de conexión hacen costosas la salida de productos hacia los mercados mayores de los centros urbanos. El resultado de esta marginación genera que sean escasos los servicios básicos a los cuales puedan acceder estos pobladores.

En las décadas de los años 1930 a 1950, el espacio departamental no se encontraba físicamente articulado y las relaciones mercantiles entre la costa y la selva, ligadas a la producción agropecuaria y ganadera, se desarrollaban en condiciones precarias a través de trochas y caminos de herradura. La Calle Real era usada como camino principal por los incas para trasladarse de la ciudad de Cusco a la ciudad de Cajamarca y alrededores. Sin embargo, estas condiciones cambiarían con la apertura de trochas de penetración por la demanda de la madera, frutales y del café proveniente de la Selva Central y por los minerales que se extraía de los departamentos de Pasco y Huancavelica teniendo que pasar en su recorrido por Junín. La importancia de Huancayo sobre las demás ciudades del departamento en la

región central del país data desde los comienzos del siglo XX a partir del impulso generado por la construcción del ferrocarril primero y de la carretera Central después, que permitió su articulación con la ciudad de Lima directamente.

La carretera Tarma - La Merced - Satipo, es una ruta de gran importancia para el país, ya que forma parte de la carretera central encontrándose esta última dentro de la red vial del Perú. En el año de 1994 el MTC, mediante el Proyecto Especial Rehabilitación Infraestructura de Transportes PERT, convoca a licitación pública internacional de obra L.P.I. N° 03-94- MTC/15.03 PERT 2, para la rehabilitación del tramo Tarma - La Merced. El 09 de Febrero del 2006 se suscribe el contrato N° 064-2006-MTC/20 para la elaboración del estudio de mantenimiento periódico del tramo Dv. Las Vegas - Tarma - La Merced – Pte. Raither. El 19 de Diciembre del 2008 se suscribe el contrato N° 253-2008-MTC/20 para los estudios de mantenimiento periódico de la carretera Pte. Raither - Satipo, ruta PE-5S (km 10+831 al km 119+650).

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Incluir en el análisis de rentabilidad social de la carretera de penetración, las variables físicas del territorio por el cual esta atraviesa, empleando para ello un modelo numérico el cual puede ajustarse a las características de la carretera existente.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CARRETERA

1.3.1 Ubicación

La carretera Tarma - La Merced - Satipo está comprendida dentro de la Red Nacional Vial N° 020A y 005A, durante su recorrido atraviesa las provincias de Tarma (km 34+000), La Merced (km 107+400) y Satipo (km 230+400), comprendiendo una longitud total de 196.40 km.

Es una vía asfaltada, que va desde la sierra de Tarma (3,053 m.s.n.m.), descendiendo paulatinamente hasta ingresar a una geografía de plena vegetación y llegar a Satipo (631 m.s.n.m.), en la selva central.

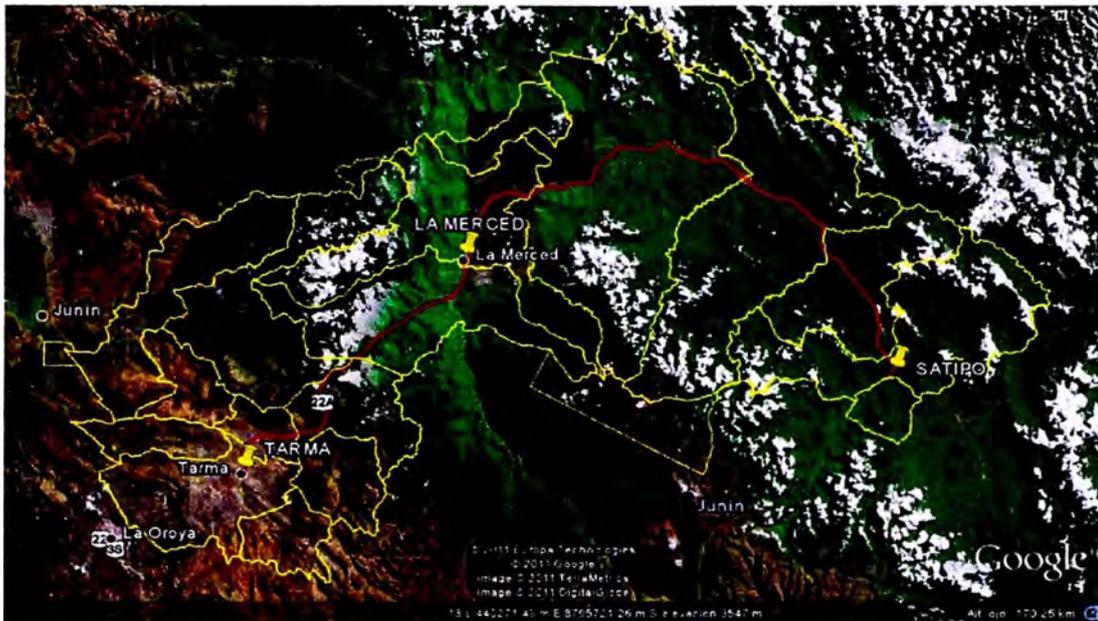


Fig. 1 Mapa ubicación de la carretera

Fuente: Elaboración Propia en el Programa Google Earth

El área de influencia en el que se centrará la investigación corresponde a los distritos que son atravesados por la carretera y los que son influenciados por las vías alimentadoras que a continuación se detalla:

Cuadro. 1 Distritos del Área de Influencia

Provincia	Distrito	Área (km ²)	Rango Altitudinal	
			Región	msnm
Tarma	Huasahuasi	652.15	Sierra	2751
	Huaricolca	162.31	Sierra	3860
	Tapo	151.88	Sierra	3140
	Palca	378.08	Sierra	2735
	Palcamayo	169.24	Sierra	3339
	Acobamba	97.84	Sierra	3860
	La Unión Leticia	140.40	Sierra	3520
	Tarma	459.90	Sierra	3050
	San Pedro de Cajas	537.31	Sierra	3700

Provincia	Distrito	Área (km ²)	Rango Altitudinal	
			Región	msnm
Chanchamayo	Pichanaqui	1,496.59	Selva	525
	Perené	1,224.16	Selva	630
	San Luis de Shuaro	313.85	Selva	720
	San Ramón	591.67	Selva	820
	Chanchamayo	919.72	Selva	750
Satipo	Río Negro	714.98	Selva	651
	Coviriali	145.13	Selva	780
	Satipo	732.02	Selva	631

Fuente: Elaboración Propia

1.3.2 Relieve

La Provincia de Tarma; está en las estribaciones de la Cordillera Oriental; en el núcleo de cohesión, atravesado por dos ramales de la Cordillera de los Andes que van a unirse en el nudo de Pasco. El territorio es muy accidentado, ofrece limitados espacios para cultivos, sin embargo estas pequeñas extensiones de terreno son muy fértiles. Tarma la ciudad capital se encuentra a 3050 metros sobre el nivel del mar (ver figura 2). El punto de mayor altitud se encuentra en el distrito de San Pedro de Cajas a 3700 metros sobre el nivel del mar, y el punto de menor altitud se encuentra en el distrito de Palca a 2735 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente está en la región sierra, pertenece a la cuenca del río Ucayali.

La provincia de Chanchamayo; se caracteriza por tener un relieve propio de las áreas denominadas "Ceja de Selva", es complejo en su forma y topografía. Está determinado básicamente por los contrafuertes o ramales de la Vertiente Oriental de la Cordillera de los Andes y por la interacción de factores geológicos y climáticos que han provocado procesos erosivos y deposicionales, con estructuras de formación tectónica dominante, con estribaciones y contrafuertes en el curso de su descenso transversal hacia las llanuras amazónicas, con altitudes que van desde los 2000 hasta los 500 m.s.n.m. También se pueden encontrar terrenos planos de formación fluvio aluviales, cuyas cotas en ambas márgenes están en el orden de los 850 a

450 m.s.n.m. y es precisamente sobre este tipo de relieve en donde se desarrolla la mayoría de los centros poblados de la provincia.

La provincia de Satipo; presenta un relieve generalmente accidentado y en proceso de erosión; se inicia desde las orillas del río Tambo hasta las cumbres que colindan con la provincia de Jauja. Presenta pendientes que oscilan entre los 40° y 60°; formando quebradas amplias, estrechas, y laderas pronunciadas.

El paisaje de la provincia en mayor proporción es de abundante vegetación, tipo tropical y montañoso, consecuencia de la presencia de unidades fisiográficas originadas por factores de orden tectónico, orogénico, litológico, y climático. Las áreas que predominan en la provincia son las de selva alta, que va desde los 800 a los 400 m.s.n.m., con presencia de fondos de valle de gran longitud y poco anchos, generados por el discurrir de ríos como el Perené, el Ene, y sus afluentes, enmarcados por contrafuertes andinos que en muchos casos sobrepasan los 2000 metros de longitud constituyendo la ceja de selva. De manera también importante se encuentran áreas de Selva Baja, entre 80 m.s.n.m. y 400 m.s.n.m., caracterizadas por la presencia de amplios territorios, ocupados por bosques de protección y de producción.

Se identifican también zonas de transición entre la Selva Alta y la Selva Baja, denominada Ceja de Selva conectada por la carretera Satipo-Puerto Ocopa-Mazamari-San Martín de Pangoa, con proyección a Puerto Rico en el río Ene. Su morfología es de pongos y cañones estrechos y profundos, con laderas de fuerte pendiente y cubierta por bosques nubosos, sus altitudes son superiores a los 1000 msnm., que inciden en las características físicas de la red vial.

En la figura 2 se aprecia el relieve accidentado por el cual atraviesa la carretera. La zona de mayor altitud se encuentra en la provincia de Tarma luego del cual desciende abruptamente hasta llegar a La Merced, de aquí en adelante la pendiente de la carretera es menor hasta llegar a la provincia de Satipo punto final de la carretera en estudio.

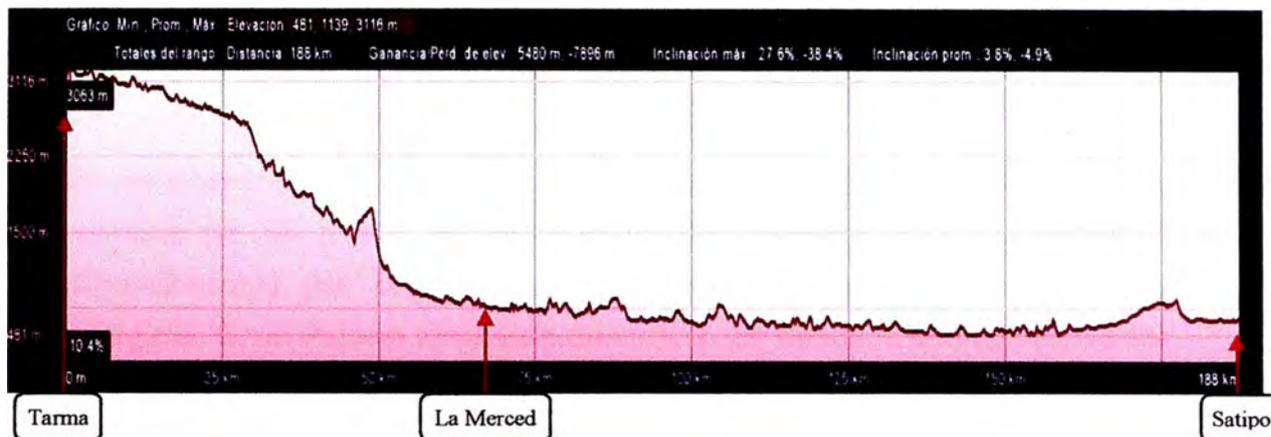


Fig. 2 Perfil longitudinal de la carretera en estudio: Tarma-Satipo

Fuente: Elaboración Propia en el Programa Google Earth

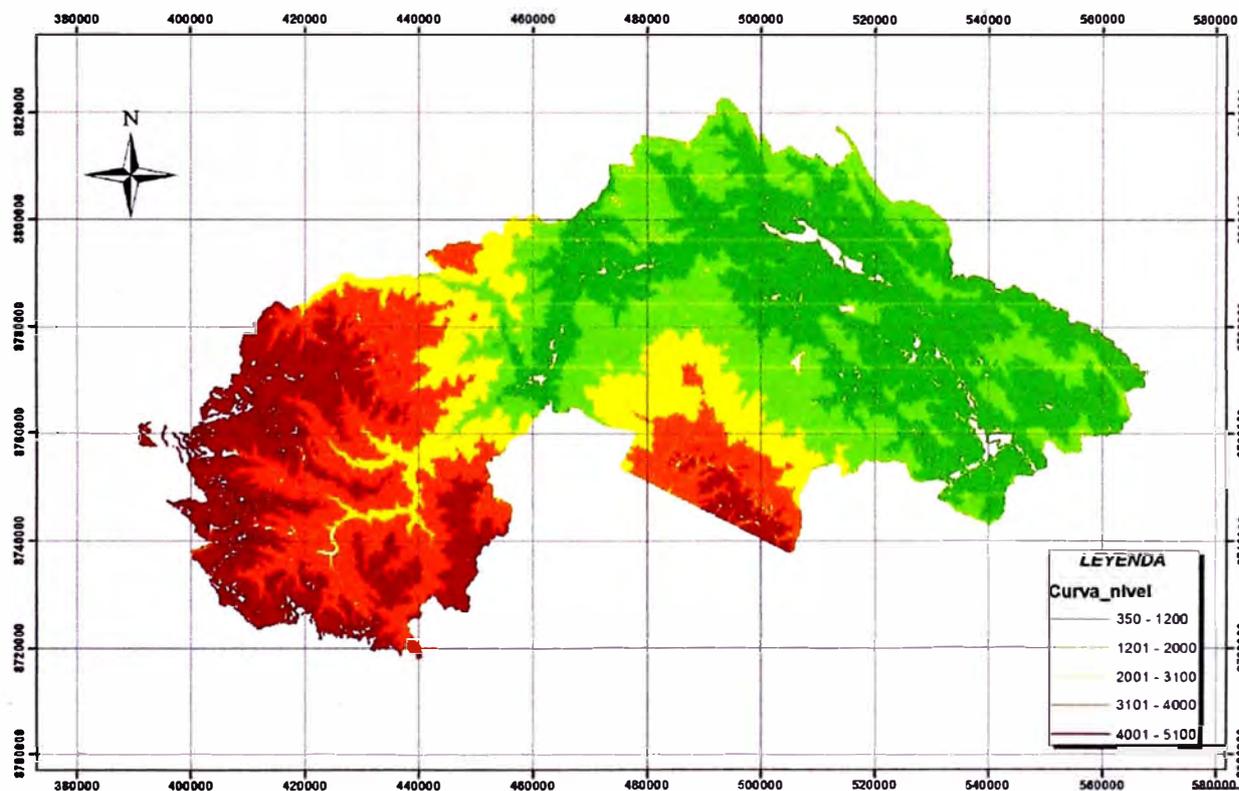


Fig. 3 Relieve topográfico del área de influencia

Fuente: Elaboración Propia en el Programa ArcGIS 10

1.3.3 Recursos Hídricos

El desarrollo de la carretera se ve influenciada inicialmente por las aguas del río Tarma, que lo acompañará en su recorrido hasta unirse con el río Tapo a la altura del distrito de Palca, al unirse estos dos forman el río Palca

el cual desemboca en el río Chanchamayo el cual constituye el afluente principal de la Red hidrográfica de la provincia de Chanchamayo.

El río Chanchamayo tiene una longitud aproximada de 21 km y un ancho variable de 60 a 150 m discurre entre los distritos de San Ramón y Chanchamayo por cuyo tramo circula casi paralelamente la carretera marginal. El río Perené toma esta denominación desde la confluencia de los ríos Chanchamayo y Paucartambo. Tiene una extensión de 140 km, de los cuales 82 discurre en el ámbito de la provincia de Chanchamayo y es navegable aproximadamente hasta la tercera parte de su recorrido. El otro tramo del río que comprende los 58 km restantes se encuentran en Satipo donde confluye con el río Ene.

1.4 ESTADO DEL ARTE DE LA RENTABILIDAD DE PROYECTOS VIALES

En la evaluación de factibilidad de los proyectos de construcción de carreteras en el país, se ha venido usando el modelo del Costo - Beneficio, metodología que se ha recogido de las experiencias en Europa para la construcción de carreteras, donde ya es una tradición el uso de esta metodología (APAS, 1996). La información que se requiere para evaluar las carreteras en función social consiste en el número de habitantes potencialmente beneficiados, localizados en la zona de influencia del proyecto. Entendamos como zona de influencia aquella área geográfica, económica y social afectada y beneficiada directa o indirectamente por la construcción del camino.

El criterio a utilizar en la evaluación económica de los proyectos de carreteras de penetración puede evaluarse bajo la perspectiva de desarrollo económico. Tomando en cuenta los efectos del aprovechamiento actual y potencial para la zona de influencia. El beneficio para el proyecto se obtiene de la cuantificación de la producción obtenida y su incremento debido a la carretera que se registra en la zona de estudio; pueden también incorporarse en cierta medida el beneficio obtenido para la sociedad local en términos de aumento de ingresos por habitante.

Para un mejor entendimiento del análisis de la rentabilidad y facilitar el manejo de la información relacionada con los factores involucrados, se está haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica, técnica que permite una mejor visualización de la información. Aunado a este método también se han desarrollado las herramientas de la Geoestadística y los métodos de interpolación, los cuales permiten hacer predicciones de una variable sobre un área determinada, esta metodología se usa actualmente en los proyectos de conservación del ambiente en la Amazonia Peruana.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MEDIOS FÍSICOS

El departamento de Junín tiene una configuración heterogénea en cuanto a territorio, población, recursos naturales, actividades económicas y nivel de desarrollo alcanzado; es decir, es el resultado de la interacción de factores físico-geográficos y los procesos históricos, que han condicionado la formación de los pueblos y ciudades. La presencia de la Cordillera Central de los Andes ha permitido la existencia de valles interandinos y las especializaciones productivas, en función del control de los pisos ecológicos y la diversidad climática.

Este capítulo se centra en el reconocimiento de los actores del medio físicos: Geodinámica externa y capacidad de uso mayor de suelos, los cuales están relacionados con la carretera y producen impactos positivos o negativos en la rentabilidad social.

2.1 ACTORES INVOLUCRADOS

Este componente está orientado a identificar y realizar un proceso particular de trabajo con los diferentes grupos de actores que configuran un conjunto denominado "actores claves", los cuales intervienen en el desarrollo de las diferentes fases de la evaluación (Metodología de Evaluación Ambiental y Social con Enfoque Estratégico - EASE- IIRSA, Caracas Venezuela, 2009).

En este componente metodológico se distinguen 2 tipos de actores: El primer tipo corresponde a aquellos relacionados directamente con la ejecución y responsabilidad directa de la evaluación ambiental y social con enfoque estratégico. Ellos son los técnicos tanto realizadores y facilitadores del proceso, como los expertos temáticos que pueden ser consultados puntualmente.

El segundo tipo de actores pertenece a los que se han denominado "Actores Claves", considerados tanto para la toma de decisiones, como para la consulta y gestión de los resultados derivados de la evaluación. En este grupo están considerados las personas o grupos, públicos o privados, que viven dentro del área de influencia del proyecto. Entre ambas partes se debe

llegar a un consenso de las expectativas que cada uno espera con el producto final.

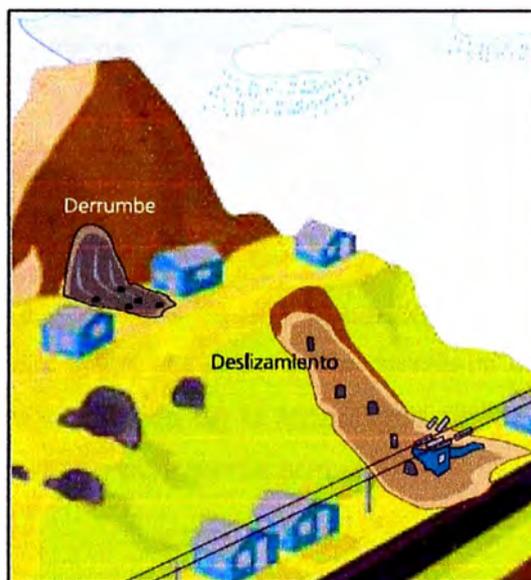
Para el presente trabajo se ha tomado como actores del medio físico a:

- Geodinámica externa
- Uso de suelos para la agricultura

2.1.1 Geodinámica Externa del Territorio

La geodinámica externa estudia la acción de los agentes atmosféricos externos: viento, aguas continentales, mares, océanos, hielos, glaciares y gravedad, sobre la capa superficial de la Tierra; estos fenómenos van originando una lenta destrucción y modelación del paisaje.

Fig.4 Representación de los agentes de la geodinámica externa



Los fenómenos de geodinámica externa observados en la ruta estudiada, son desplazamientos temporales de materiales clásticos inconsolidados, los mismo que han tenido relación directa con la carretera, porque eventualmente han ocasionado la suspensión del tráfico en forma parcial o total y que redundaron en costos de mantenimiento y rehabilitación; por considerarse al tramo de zona activa en problemas de inestabilidad.

En general, en el tramo del estudio los fenómenos de geodinámica son frecuentes y de variada envergadura, debido básicamente a que anualmente

en periodos de lluvias se producen desplazamientos de masas consistentes en deslizamientos, derrumbes, flujos de lodo y huaycos, erosión de riberas, etc.

Para la generación de los fenómenos de geodinámica externa, intervienen directa e indirectamente factores estáticos y factores dinámicos. Dentro de los primeros consideramos los topográficos, estructurales (falla, estratificación, fracturas, pliegues, etc.), litológicos (suelos y rocas) e hidrometeorológicos; y dentro de los segundos se considera la acción de las aguas de lluvia que influyen en la inestabilidad de las masas rocosas y gravedad.

Como parte de la evaluación de geodinámica externa, está la identificación de fenómenos activos o potenciales dentro de la franja de vía, tales como: derrumbes, desprendimientos de fragmentos rocosos, erosión de plataformas, deslizamientos, flujos, huaycos y erosión de riberas, identificados a lo largo de la vía.

❖ **Derrumbes**

Son fenómenos producidos por los desplazamientos de una masa de suelo, roca o mezcla de ambos, provenientes del talud superior de la carretera o laderas de cerros, debidos básicamente a la pérdida de la estabilidad de los materiales que lo conforman. Las causas de su ocurrencia son:

- Cortes altos en roca.
- Taludes con roca disturbada, muy fracturada o alterada.
- Meteorización diferencial (estratos competentes e incompetentes).
- Efectos sísmicos y gravitacionales.

❖ **Huaycos**

Son movimientos de masas, más o menos rápidos, característicos de materiales sin cohesión combinados con aguas de lluvia, que se vienen arrastrando a lo largo de un cauce (para nuestro caso quebradas),

materiales heterométricos desde suelos finos hasta inmensos bloques de roca. Las causas principales que originan estos movimientos son:

- Fuertes precipitaciones pluviales.
- Meteorización que favorezca el aporte de materiales detríticos a los cauces y quebradas.
- Suelos inestables.
- Acumulaciones de suelos sobre una quebrada.
- Pendiente acentuada de laderas y los cauces de las quebradas (ver anexo 4).
- Escasa vegetación que dé protección de laderas y retarde el desplazamiento de las aguas superficiales.
- Quebradas o cursos de agua donde existen materiales no consolidados y sin cohesión.

❖ **Erosión de Plataformas**

El fenómeno de erosión de plataformas se manifiesta en los bordes exteriores de la plataforma de la carretera constituidos por materiales generalmente sensibles a los efectos de las precipitaciones pluviales. Por su envergadura son de riesgo bajo y subsanables sin mayores dificultades, este fenómeno se da en la mayor de los casos en periodo de lluvias continuas.

❖ **Erosión de Riberas**

Este fenómeno tiene presencia por acción erosiva de la corriente del río aledaño a la vía, debido al incremento de su caudal, por cuanto mayor es su volumen y velocidad mayor es su poder erosivo, afectando el talud inferior y originando la destrucción parcial de la plataforma. Las causas de su ocurrencia son por lo general:

- Acarreo del río de abundantes materiales heterométricos que producen impactos o colisiones en las márgenes.
- Roca de las márgenes (expuestas) disturbada o muy fracturada.

❖ **Desprendimientos de Rocas**

Es uno de los fenómenos geodinámicos más comunes del tramo y son caídas intempestivas y aisladas de fragmentos rocosos de diversos diámetros, se producen principalmente en los cortes que afectan a todas las formaciones geológicas atravesadas (muy disturbadas). Las causas que lo originan son:

- Cortes altos en roca.
- Taludes con roca disturbada muy fracturada o alterada (rocas sedimentarias).
- Meteorización diferencial (estratos competentes e incompetentes).
- Efectos, sísmicos y gravitacionales.

2.1.2 Usos de Suelos Para la Agricultura

La producción agrícola de una población se encuentra relacionada directamente con las carreteras de acceso, al ser estas los medios por los cuales los productos pueden ser transportados hasta los centros de acopio y posteriormente ser vendidos. Por lo cual dentro de las políticas de desarrollo agrario se debe tener en cuenta la existencia y el estado de conservación de las carreteras.

La capacidad de uso mayor de los suelos se determina siguiendo las pautas del Reglamento de Clasificación de Tierras del Ministerio de Agricultura (Decreto Supremo N° 062-75-AG) y las ampliaciones establecidas por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ONERN. Este reglamento considera tres categorías: grupos de capacidad de uso mayor; clases de capacidad (calidad agrológica) y subclases de capacidad (factores limitantes). En el cuadro 2 se muestra un resumen de las unidades de capacidad de uso mayor y sus principales características.

Cuadro. 2 Sistema de clasificación de uso de suelos

CATEGORÍAS					
GRUPO (Tipo de tierra)		CLASE (Calidad agrológica)		SUBCLASE (Limitaciones dominantes)	
Denominación	Símbolo	Nivel	Símbolo	Factor	Símbolo
Tierras aptas para cultivo en limpio	A	Alta	A1	Suelo Sales Topografía/ Erosión Drenaje Inundabilidad Clima Requiere riego Andenería Uso temporal	s l e w i c (r) (a) (t)
		Media	A2		
		Baja	A3		
Tierras aptas para cultivo permanente	C	Alta	C1		
		Media	C2		
		Baja	C3		
Tierras aptas para pasto	P	Alta	P1		
		Media	P2		
		Baja	P3		
Tierras aptas para producción forestal	F	Alta	F1		
		Media	F2		
		Baja	F3		
Tierras de protección	X				

Fuente: Reglamento de Clasificación de Tierras (Decreto Supremo N° 062-75-AG)

Según el mapa de capacidad de uso mayor de los suelos (ver anexo 4), en la Región Junín se han identificado los siguientes tipos de tierras por su capacidad de uso, los cuales no se distribuyen de forma uniforme:

Tierras aptas para la actividad agrícola: representan un total de 390,420 ha (9%).

Tierras aptas para la producción forestal: representan un total de 260,280 ha (6%) reúnen las condiciones ecológicas requeridas para la producción de madera y otros productos forestales, siempre que sean manejados en forma técnica para no causar deterioro en la capacidad productiva del recurso y sin alterar el régimen hidrológico de las cuencas.

Tierras aptas para pastos: representan 997,740 ha (23%) en la región. No reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos en limpio; sin embargo, permiten su uso permanente o temporal para el pastoreo.

Tierras de protección: con 2'689,560 ha (62%), están constituidas por aquellas tierras que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos, pastoreo o producción forestal.

En total se tiene 4'338,000 ha de tierras disponibles que abarca el departamento de Junín.

Dentro del plan estratégico de desarrollo agrario de la región Junín se ha considerado la importancia de las carreteras rurales para el crecimiento de la agricultura. A continuación se presenta en el cuadro 3 las metas planteadas en dicho documento:

Cuadro. 3 Indicadores por objetivos estratégicos generales y específicos

TIPO DE OBJETIVO	OBJETIVO ESTRATÉGICO	INDICADOR	META						
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
OEE 5.1	Mejorar la transitabilidad de los caminos rurales	Formular y presentar al MTC (PROVIAS región) 7 propuestas priorizadas de construcción de vías al año 2015	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Plan estratégico Sectorial Regional Agrario 2009- 2015, Pág. N° 27

Se ha planteado que en un plazo de 7 años se mejorara la transitabilidad de los caminos rurales, con la finalidad de lograr fortalecer la articulación del productor al mercado nacional. Con esta medida se asegura que la producción agrícola de la región pueda salir a los mercados nacionales con mayor rapidez produciéndose una disminución del costo por flete terrestre.

Se puede concluir de esta manera que la rentabilidad social será mayor si se logra articular las zonas agrícolas de menor accesibilidad a la red de carreteras, vecinales, departamentales o nacionales. En el cuadro 4 se describe los diferentes usos del suelo dentro del área de influencia y las alternativas de siembra de productos que mejor se adaptan a la zona. En el anexo 4 se puede apreciar el mapa de distribución de áreas según esta clasificación.

Cuadro. 4 Cuadro de Capacidad de Uso Mayor de Suelos

CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS DENTRO DEL AREA DE INFLUENCIA					
ID	Símbolo	Descripción	Opción de Siembra 01	Opción de Siembra 02	Área (ha)
1	A2s-P2s-Xse	Cultivos en Limpio - Pastoreo - Protección. Calidad Agrológica Media, limitación por suelo y erosión	A2s: maíz, hortalizas, arveja, alfalfa, "calabaza", sandía, melón, "tomate, yuca, achira, zapallo, frijol, camote.	P2s: garbáreas que pueden plantarse tenemos: "caoba", tomillo, "cedro e ishpingo	4,032.63
2	F1s-A2s-P2s	Forestales, Calidad Agrológica Alta - Cultivos en Limpio - Pastoreo. Calidad Agrológica Media, limitación por suelo.	F1s: Cedro, caoba, moena, catahua, capirona, lupuna, cumala, manchinga, palo balsa, cético, ojo, huasái	A2s: maíz, hortaha; frutales nativos como Camu Camu. P2s: gramíneas yaragua, pasto elefante, gramalote, castilla, pangola, brachiaria, estrella; leguminosas kudzu, trébol. Entre las especies arbóreas que pueden plantarse tenemos: "caoba", "tomillo", "cedro" e ishpingo.	64,220.04
3	P2sc-Xse	Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Media. Protección. Limitación por suelo, erosión y clima.	P2sc: Festuca, Bromus, Poa, Muhlenbergia, Trifolium, Vicia, Eragrostis gilgiane, Calamagrostis cephalanta, Calamagrostis ovata, Festuca orthophylla		25,566.22
4	P2sec-Xse	Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Media - Protección. Limitación por suelo, erosión y clima.	P2sec: Festuca, Bromus, Poa, Muhlenbergia, Trifolium, Vicia, Eragrostis gilgiane, Calamagrostis cephalanta, Calamagrostis ovata, Festuca orthophylla		9,949.76
5	P3sec-Xse	Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Baja - Protección. Limitación por suelo y erosión	P3sec: Festuca, Bromus, Poa, Muhlenbergia, Trifolium, Vicia, Eragrostis gilgiane, Calamagrostis cephalanta, Calamagrostis ovata, Festuca orthophylla,		10,2471.47
6	Xn	Protección (Bosque nuboso)			140,330.15
7	Xse	Protección (formación de niveles)			25,780.52

CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS DENTRO DEL AREA DE INFLUENCIA					
ID	Símbolo	Descripción	Opción de Siembra 01	Opción de Siembra 02	Área (ha)
8	Xse-F3se	Protección - Forestales, Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo y erosión.	F3se: capulí, aliso, nogal y para aquellas zonas cercanas a los 3800 m.s.n.m. será el pino,		35,8654.61
9	Xse-P3se-A3se	Protección - Pastoreo, Calidad Agrológica Baja - Cultivos en Limpio, Calidad agrológica Baja. Limitación por suelo y erosión.	P3se: Festuca olicophilla, Poa equigluma, Calamagrosti ovata, Calamagrostis heterophilla, Alchemilla innata, Mulembergia ligularis, Eragrostis sp, Poa granos nativos como la quinua, tarhui y granos exóticos como la cebada, trigo y avena forrajera.		37,342.04
10	Xse-P3se-A3sec	Protección - Pastoreo - Cultivos en Limpio. Calidad Agrológica Baja. Limitación por suelo, erosión y clima.	P3se: Festuca olicophilla, Poa equigluma, Calamagrosti ovata, Calamagrostis heterophilla, Alchemilla innata, Mulembergia ligularis, Eragrostis sp, Poa, maca.		95,456.33

2.2 MAPEO DE ACTORES

Para el mejor entendimiento de los involucrados y de cómo estos son capaces de interactuar con la carretera, se hace un mapeo de los actores interesados en el proyecto. Con esto no sólo se busca tener un listado de los actores sino conocer las relaciones predominantes que existen entre ellos y el nivel de poder que ejercen.

Para la elaboración del mapeo de actores físicos que se tomarán en este trabajo, se utilizará como criterio cualitativo el impacto a la carretera y el tiempo de espera hasta que esté nuevamente en servicio luego de ocurrido uno de eventos de la geodinámica externa.

El siguiente cuadro muestra la relación que mantiene la carretera con los actores de la geodinámica externa, estos son causantes de deterioro y destrucción del pavimento de la vía, por lo cual se les considera como agentes que actúan en contra de la rentabilidad que causa este medio.

Cuadro. 5 Mapeo de actores del Medio Físico

Interesados	A Favor	En Contra	Neutrales
1. <i>Geodinámica Externa</i>			
1.1. Derrumbes		A	
1.2. Huaycos		A	
1.3. Erosión de Plataforma		A	
1.4. Erosión de Riveras		A	
1.5. Desprendimiento de rocas		M	
2. <i>Uso de Suelo</i>			
2.1. <i>Capacidad de Uso Mayor de Suelos</i>	A		

Fuente: Elaboración Propia

Descripción:

- A : Alto.- predomina una alta influencia sobre los demás
- B : Bajo.- La influencia es medianamente aceptada
- M : Medio.- No hay influencia sobre los demás actores

Esta metodología ha sido planteada por Antonio Pozo Solís (Lima 2007) para el mapeo de actores sociales, y tomada como referencia en la metodología empleada en la Guía Nacional de Ordenamiento Territorial (GUINOT) elaborada por el MINAM (Lima-Perú, Agosto 2009).

2.3 MATRIZ DE SINERGIAS Y CONFLICTOS

La sinergia que existe entre dos o más actores se define como el “trabajo en conjunto” que estos realizan para obtener un beneficio mayor al que se esperaría de ellos si realizaran las actividades por separado.

Es un instrumento de análisis, mediante el cual se analiza en primer término la posición relativa en el espacio entre los actores que son materia de diagnóstico (parte superior de la matriz). En segundo término se analizan los impactos que esta interacción genera, identificándose si son de naturaleza Conflictiva o Sinérgica (parte inferior de la matriz) (Daniel Romero D).

Basado en los resultados anteriores la matriz se divide en 2 campos, como se muestra en el siguiente cuadro. En la parte superior se ubica a los resultados de la interacción de los mismos al ser confrontados (relación de adyacencia, intersección, superposición y distancia). En la parte inferior se colocaran las sinergias y conflictos que se causan a cada uno de los actores al confrontarse.

Cuadro. 6 Matriz de actores de la carretera Tarma - La Merced - Satipo

MATRIZ DE ACTORES DE LA CARRETERA TARMA - LA MERCED - SATIPO										
Ítem	ACTORES	Geodinámica Externa	Derrumbes	Huaycos	Erosión de Plataforma	Erosión de Riveras	Desprendimiento de rocas	Uso de suelos	Capacidad de Uso Mayor de Suelos	Carretera
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.0	2.1	3.0
1.0	Geodinámica Externa									
1.1	Derrumbes		Su	A	A	Su		Su	I	
1.2	Huaycos		X	A	A	Su		Su	I	
1.3	Erosión de Plataforma		X	X	A	A		A	I	
1.4	Erosión de Riveras		X	X	X	A		A	I	
1.5	Desprendimiento de rocas		X	X	X	X		Su	I	
2.0	Uso de suelos									
2.1	Capacidad de Uso Mayor de Suelos		C	C	C	C	C		A	
3.0	Carretera		C	C	C	C	C	S		

Fuente: Elaboración Propia

Descripción:

- A : Relación de adyacencia
- I : Relación de intersección
- Su: Relación de superposición
- C : Conflictos
- X : No existe relación

Se aprecia en el análisis que la carretera está en conflicto con los actores de la geodinámica externa, esto se debe al daño que causa en la infraestructura de vía la interacción con los medios físicos mencionados. En tanto que la carretera con el uso de los suelos forma una relación de sinergia debido a que será mayor la producción que se pueda sacar a los mercados si es que la vías llegan hasta los lugares de producción y están en buen estado.

CAPÍTULO III: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

En el presente capítulo se hace la definición de los Sistemas de Información Geográfica, los cuales van a permitir el almacenamiento y procesamiento de datos. Se va a ser uso del análisis geoestadístico como herramienta de interpolación de las variables estudiadas.

3.1 DEFINICIÓN

El término SIG es acrónimo de "Sistema de Información Geográfica" (en inglés, *Geographic Information System*). Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. En la Figura 5 se aprecia la superposición de la información (topografía, tipo de suelos, flora, etc.) almacenada en capas, al hacer una superposición de estas capas se puede obtener una capa con información nueva (mapa de peligros sísmicos, mapa de inundaciones, etc.).

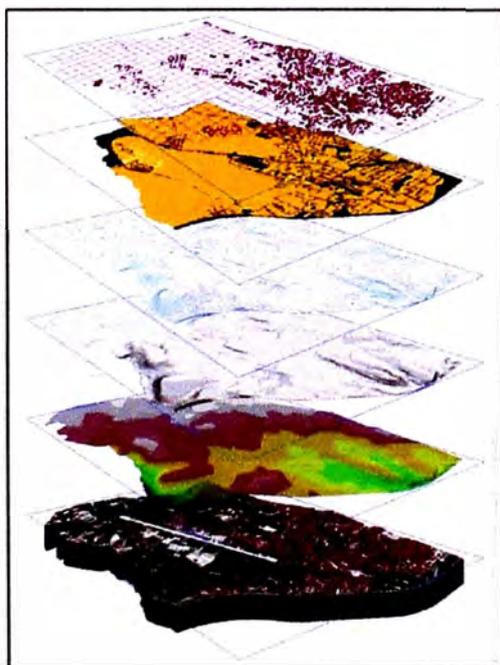


Fig. 5 Descomposición de la realidad en capas relativas a un ámbito concreto

3.2 BASE DE DATOS DE LOS MEDIOS FÍSICOS DE UNA CARRETERA

La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales. Para realizar esta abstracción se requiere trabajar con formas básicas de dibujo, de tal modo que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos,

La mayoría de los conjuntos de datos vectoriales, tienen entidades que comparten límites. La edición de un límite o vértice compartido por dos o más entidades, actualiza la forma de cada una de estas entidades. A esto se le conoce como una “asociación topológica”.

Los SIG gestionan sus propias bases de datos, pero casi todos prevén algún tipo de comunicación o enlace con las bases de datos existentes para unir atributos alfanuméricos a los datos geográficos (ver figura 6). El modelo de base de datos de más éxito en general, y que es el utilizado por casi todos los SIG es el modelo relacional. Una base de datos relacional está compuesta por tablas o relaciones. Una tabla tiene una serie de atributos o columnas y está formada por filas que tienen un valor para cada uno de los atributos.

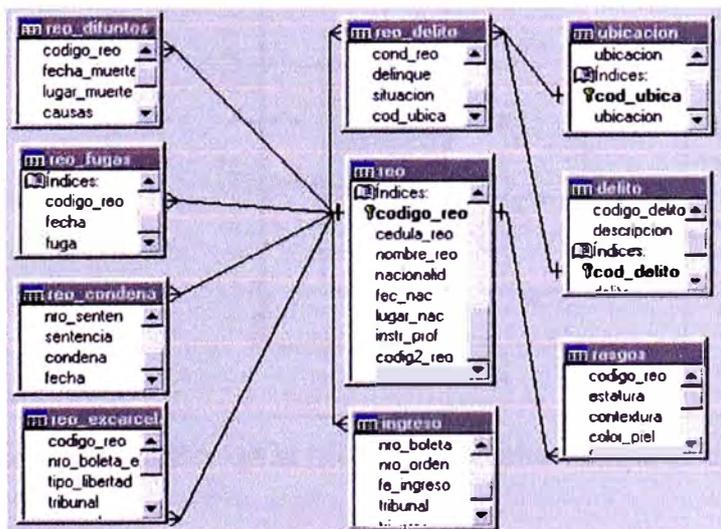


Fig. 6 Descripción de una base de datos correlacional

3.3 MODELAMIENTO DE DATOS

3.3.1 Modelos Vectoriales

El modelo vectorial es una estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos. Los datos vectoriales constan de líneas o arcos, definidos por sus puntos de inicio y fin, y puntos donde se cruzan varios arcos, los nodos. La localización de los nodos y la estructura topológica se almacena de forma explícita. Las entidades quedan definidas por sus límites solamente y los segmentos curvos se representan como una serie de arcos conectados. El almacenamiento de los vectores implica el almacenamiento explícito de la topología, sin embargo sólo almacena aquellos puntos que definen las entidades y todo el espacio fuera de éstas no está considerado.

Un SIG vectorial se define por la representación vectorial de sus datos geográficos. De acuerdo a las peculiaridades de este modelo de datos, los objetos geográficos se representan explícitamente y junto a sus características espaciales, se asocian sus valores temáticos. En la Figura 7 se aprecia la forma en que una representación real se almacena en forma vectorial.

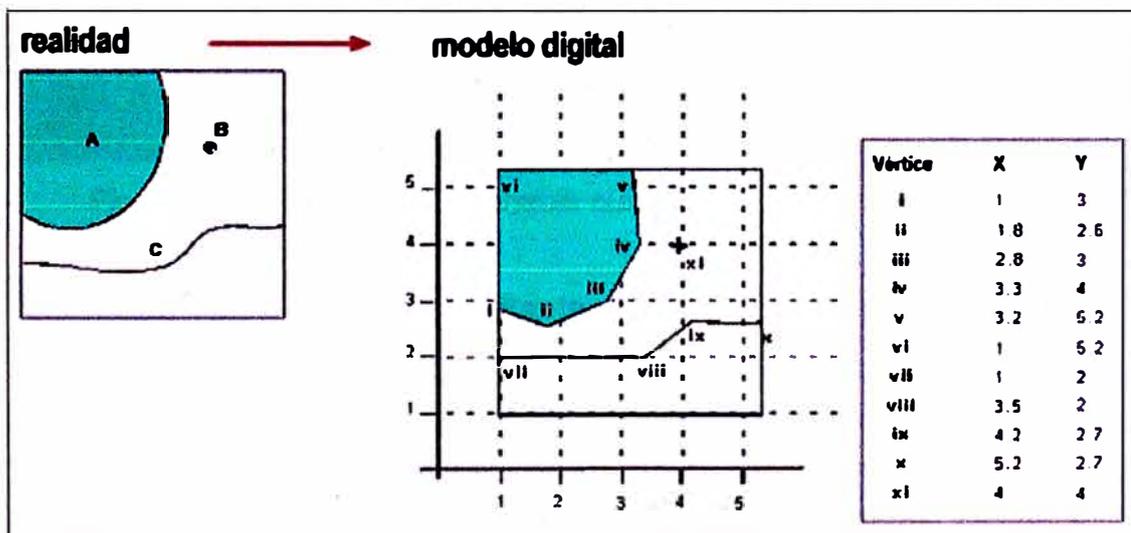


Fig. 7 Representación de la realidad mediante un modelo vectorial

3.3.2 Modelos Raster

El modelo raster es un método para el almacenamiento, procesado y visualización de datos geográficos. Cada superficie a representar se divide

en filas y columnas, formando una malla o rejilla regular. Cada celda ha de ser rectangular, aunque no necesariamente cuadrada. Cada celda de la rejilla guarda tanto las coordenadas de la localización como el valor temático. La localización de cada celda es implícita, dependiendo directamente del orden que ocupa en la rejilla, a diferencia de la estructura vectorial en la que se almacena de forma explícita la topología. Las áreas que contienen idéntico atributo temático son reconocidas como tal, aunque las estructuras raster no identifican los límites de esas áreas como polígonos en sí.

Los datos raster son una abstracción de la realidad, representan ésta como una rejilla de celdas o píxeles, en la que la posición de cada elemento es implícita según el orden que ocupa en dicha rejilla (ver Figura 8). En el modelo raster el espacio se divide en unidades discretas. Esto le hace especialmente indicado para ciertas operaciones espaciales como por ejemplo las superposiciones de mapas o el cálculo de superficies.

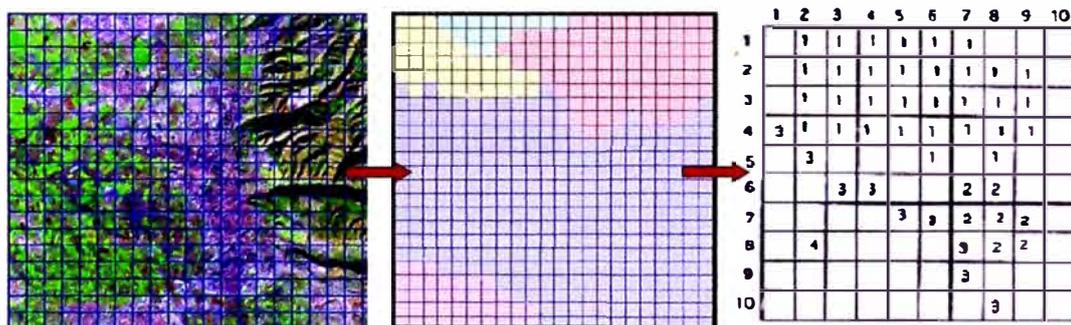


Fig. 8 Codificación de una variable cuantitativa en formato raster

a. Características de los Formatos Raster

Las imágenes raster siguen las normas generales de las imágenes digitales, aunque, dados las grandes posibilidades que las mismas ofrecen para los análisis territoriales, algunos de los formatos de imágenes presentan características propias.

b. Estructura de las Imágenes Raster

La estructura de una imagen es igual a una malla, normalmente regular, a cuyas celdas se le asigna un número (ND). Este número suele asociarse a

un color, lo que finalmente conforma la apariencia visual de la imagen. En ocasiones, cada celda no es una característica visual del espacio sino otra cosa, como por ejemplo la altitud de cada píxel, la pendiente, la orientación o cualquier otra característica continua del territorio, es entonces cuando hay que asociar a la imagen una paleta de color determinada para que represente en cada caso lo que más interesa.

Por todo ello, aunque una imagen es una malla, la estructura real de almacenamiento más simple es una única columna de número. En la Figura 9 se aprecia cómo se almacena la información de la matriz raster.

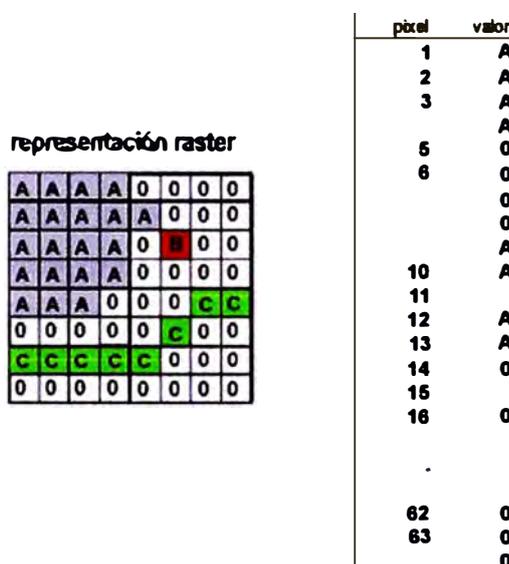


Fig. 9 Izquierda: Malla de un raster mostrando el atributo numérico que define cada celda, en la derecha: Orden de almacenamiento de un raster

c. Medida de los Píxeles y Resolución de las Imágenes

Una forma sencilla de entender lo que es en realidad un píxel es observando los cuadrados que podemos ver cuando ampliamos mucho una imagen, o aquellos otros que observamos cuando la imagen no tiene mucha calidad. Estos cuadros son los píxeles, y cuanto más pequeño sean, mayor nitidez tendrá la imagen (ver Figura 10), aunque esto conlleva a una mayor utilización de recursos y tiempo de procesamiento de datos, dado que cada píxel ocupa un determinado número de bits.

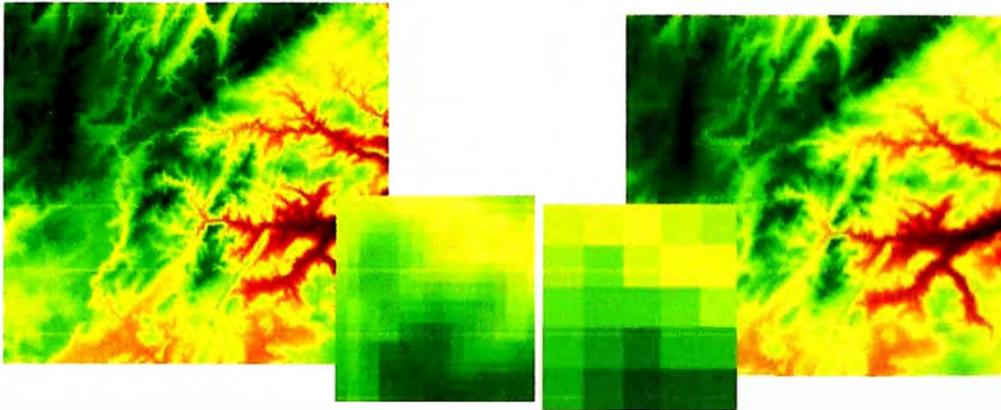


Fig. 10 Cuanto menor sea el área que cubre cada píxel mayor precisión y escalas mayores tendrá la imagen.

Los datos raster se pueden clasificar por el valor del píxel de la siguiente manera:

Continuos: se refiere a datos que se encuentran distribuidos de forma continua como su nombre indica en cualquier lugar de la superficie terrestre (por ejemplo: temperatura, precipitación, altitud, presión atmosférica, etc.) y por tanto cualquier píxel tendrá un valor de dicha variable.

Discretos o temáticos: por otro lado tenemos los raster discretos que proceden de una esquematización o discretización del fenómeno estudiado de acuerdo a un criterio, o se trata de representaciones de fenómenos cuyos límites quedan perfectamente establecidos (como es el caso de un raster de usos del suelo, tipología de suelos, etc.). El proceso de discretización de una variable continua pasa por la agrupación de los píxeles que componen el raster en determinadas unidades y la posterior asignación de un valor común a todos los píxeles que componen cada clase o intervalo, lo que se ha venido a denominar RECLASIFICACIÓN de un raster continuo para la obtención de un raster discreto.

3.3.3 Ventajas e Inconvenientes de los Modelos Raster y Vectorial

Se ha presentado los dos modelos de datos que permiten representar en un SIG las entidades del mundo real, ya sea gracias a la codificación de sus límites (modelo vectorial) o del interior de los mismas (modelo raster). Estos modelos de datos presentan un conjunto de ventajas e inconvenientes el

uno con respecto al otro, y puesto que, como señalábamos anteriormente, se trata de modelos complementarios, las ventajas de uno se convierten en los inconvenientes del otro. En el cuadro 7 se presenta las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

Cuadro. 7 Cuadro comparativo entre Formato Raster y Vectorial

VENTAJAS	
RASTER	VECTORIAL
Estructura de datos muy simple	Elevada precisión
Facilidad para la representación de entidades espaciales continuas	Facilidad de integración con softwares CAD vectoriales.
Elevada capacidad para la superposición y combinación de capas	Mapas de elevada calidad
Capacidad para realizar análisis geostatísticos	Capacidad para realizar análisis de redes
Capacidad de integrar datos de satélite	Estructuras de datos con topología
Capacidad de incorporación de imágenes	Ficheros de bajo tamaño

INCONVENIENTES	
RASTER	VECTORIAL
Baja precisión (dependiendo del tamaño de píxel)	Estructuras de datos complejas
Dificultad de integración con CAD. Entorno de trabajo diferente al software CAD	Dificultad para representar entidades espaciales continuas
Mapas de menor calidad	Menor capacidad para combinación de capas (especialmente aritmética)
Incapacidad para realizar análisis de redes	Incapacidad para realizar análisis estadísticos espaciales
Estructuras de datos sin topología	Dificultad para integrar datos de satélite
Ficheros de elevado tamaño	Incapacidad para el tratamiento de imágenes

3.4 ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO

Se refiere a un conjunto de técnicas estadísticas para analizar, predecir y asociar incertidumbres a variables distribuidas en el espacio o en el tiempo. La hipótesis general de trabajo se refiere a que la variable estudiada,

espacial o temporalmente, esta implícitamente correlacionada, es decir, que la propiedad en un punto está asociada a la propiedad de un punto distante mediante una función de correlación. A la función de correlación que muestra el grado de dispersión de la propiedad con la distancia o el tiempo se le denomina Variograma o Semivariograma. El proceso general de análisis geoestadístico es el siguiente:

- **Análisis exploratorio de Datos Espaciales:** Proceso de recolección, clasificación y depuración de la información.
- **Análisis estructural:** Cálculo y modelación del semivariograma. Obtenida la información, se procede a encontrar la forma como los datos se correlacionan espacial o temporalmente.
- **Predicción de superficies y simulaciones:** Obtenida la información y conocido el semivariograma se procede a usar una técnica geoestadística para estimar el valor de la propiedad en los puntos donde no se cuenta con información. Además del estimativo, es posible asociar un valor de incertidumbre a todos los puntos de análisis, lo que posibilita un análisis probabilístico y de riesgo.

3.4.1 Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)

El AEDE es “el conjunto de herramientas gráficas y descriptivas utilizadas para el descubrimiento de patrones de comportamiento en los datos y el establecimiento de hipótesis con la menor estructura posible” (Tukey - 1977).

De este modo, es posible obtener una estructura explicativa de los datos a través de unas técnicas que combinan herramientas de la estadística básica (descriptivos, correlaciones, tablas de frecuencias o de correlación cruzada) con análisis multivariante avanzado, especialmente diseñado para identificar formas en grandes bases de datos. Esta es la fase previa para un proceso de modelación, sobre todo cuando no existe un formato formal o teoría previa acerca del fenómeno que se pretende explicar.

Las herramientas disponibles para efectuar el análisis son: El histograma, el gráfico de probabilidad normal Q-Q, el análisis de tendencia, el gráfico de semivariograma/covarianza.

a. Histograma

El histograma es la gráfica que representa las frecuencias de los valores observados y es una aproximación discreta de la función de densidad de probabilidad de una variable aleatoria. La distribución de frecuencias se representa mediante una serie de barras que agrupan los valores observados en un determinado número de clases o intervalos.

b. Gráfica de Probabilidad Normal Q-Q

El gráfico Q-Q normal representa los cuantiles reales y teóricos de distribución normal. Los valores correspondientes a una distribución normal vienen representados por la recta y los puntos son las puntuaciones reales de los individuos, valores esperados frente a los observados que serían los de la recta. Si los puntos se acercan a la recta el ajuste a la ley normal es aceptable, cuanto más se aleje el ajuste será peor.

En la Figura 11 se representa la transformación de una variable cualquiera y su representación en forma de probabilidad normal Q-Q.

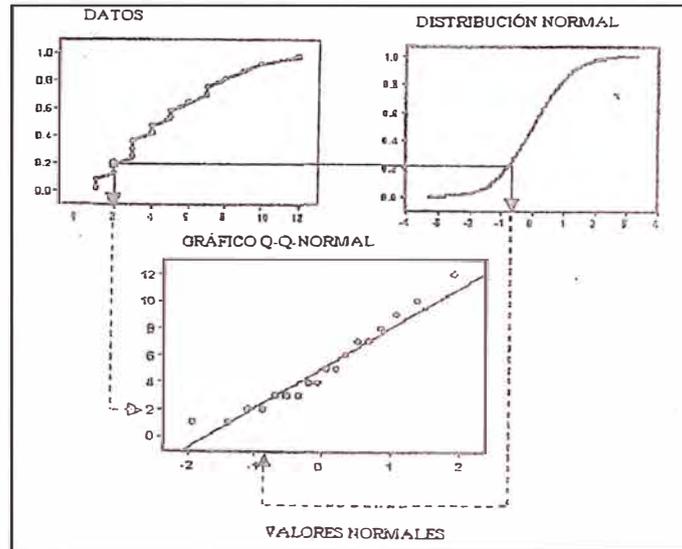


Fig. 11 Construcción de un gráfico de probabilidad normal

c. Análisis de Tendencia

El análisis de tendencia proporciona un gráfico en 3 dimensiones que ayuda a identificar tendencias globales en los datos. La localización de los puntos muestrales son dibujados sobre un plano X, Y. El valor de cada punto es representado por el vector en la dimensión Z. La única característica de esta herramienta es que los valores son proyectados en dos direcciones; la dirección norte-sur sobre un plano Y-Z y la dirección este-oeste sobre un plano X-Z. El resultado es un gráfico de dispersión visto en tres dimensiones. Sobre cada plano lateral se ajustan polinomios y las curvas son representadas sobre los gráficos

d. Semivariograma

El variograma es la representación gráfica y matemática de la forma como se correlacionan los valores de una variable aleatoria con la distancia.

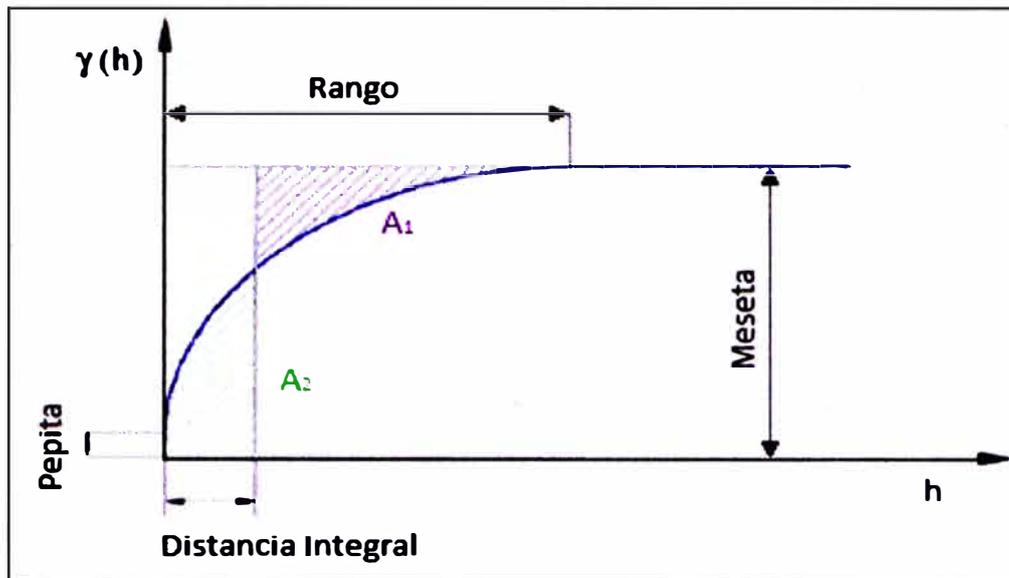


Fig. 12 Variograma teórico y sus partes

3.4.2 Análisis Estructural

Una de las principales funciones del variograma es cuantificar y explorar la dependencia espacial de una variable, es decir su autocorrelación espacial. La autocorrelación espacial asume que las cosas que están más cerca son más parecidas que las cosas que están más lejos. También se asume el principio de estacionariedad, el cual indica que si dos lugares están a una distancia y dirección similar la variable que comparten en común tendrán similares diferencias al cuadrado entre sus valores.

Para medir la autocorrelación espacial de una variable aleatoria, se construye el semivariograma empírico donde se representa en el eje de las abscisas la mitad de las diferencias de las distancias al cuadrado entre cada par de lugares y en el eje ordenadas la distancia que los separa.

En la Figura 13 se puede apreciar la asociación de los puntos en pares que darán forma al semivariograma

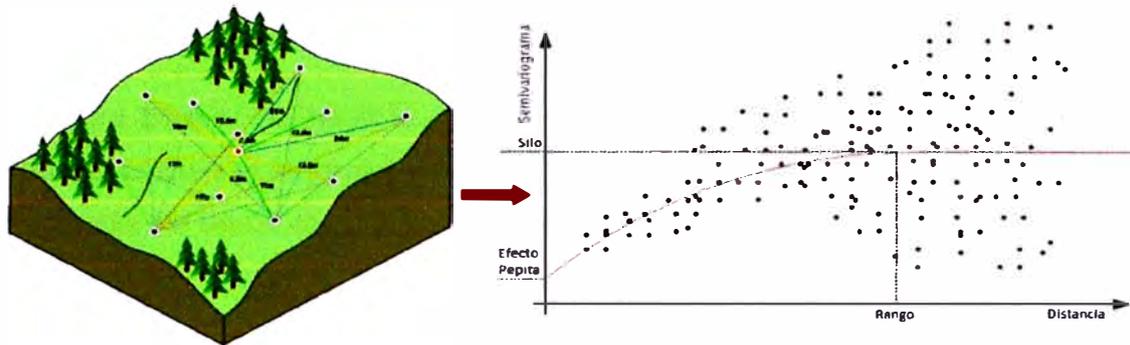


Fig. 13 Gráfica del semivariograma

3.4.3 Predicción de Superficies y Simulaciones:

KRIGING ORDINARIO

El Kriging es una técnica geoestadística que tiene como objetivo predecir el valor de una variable aleatoria en una posición arbitraria, a partir de las mediciones de la variable tomadas en otras posiciones conocidas. El objetivo de esta técnica de interpolación es generar una superficie que incorpora las propiedades estadísticas de los datos muestrales y que proporciona una medida de error de la misma, siendo este último un indicador de la buena o mala predicción. En la Figura 14 se han tomado datos puntuales de la concentración del gas ozono en la atmosfera, mediante el método de Kriging se ha interpolado estos valores obteniéndose una región continua en donde se puede conocer los valores de concentración de ozono en cualquier punto.

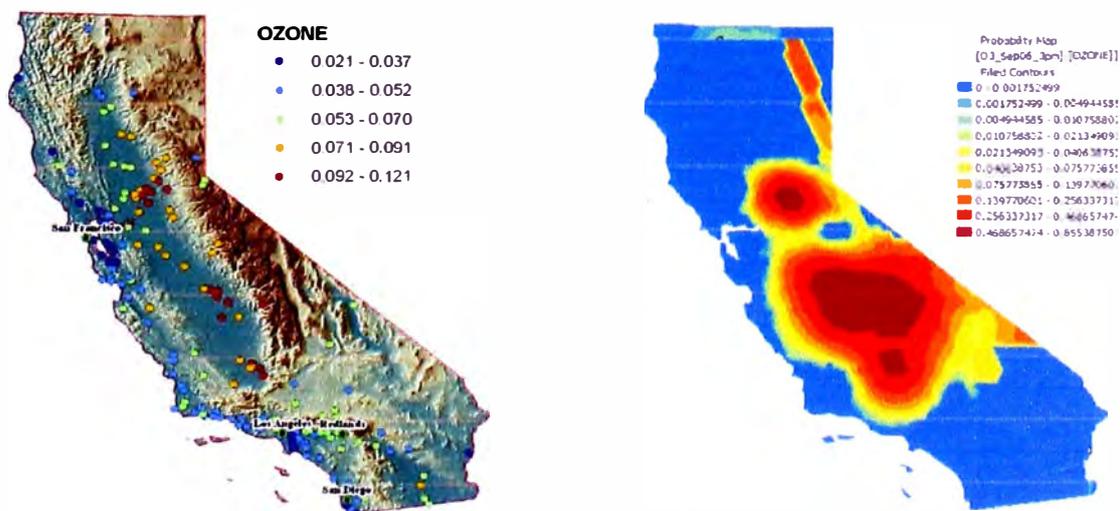


Fig. 14 Representación de una variable puntual en el espacio y su modelo continuo de predicción mediante el Kriging ordinario

La aplicación del Kriging se hace en dos etapas:

Primera Etapa: Se hace la cuantificación de la estructura espacial, para lo cual se calcula el semivariograma empírico y después el teórico mediante el ajuste de los datos de un modelo de dependencia espacial.

Segunda Etapa: Se realiza la predicción de un valor no muestral sobre un lugar específico para lo cual se utilizará el modelo ajustado del semivariograma.

3.5 ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN ARCGIS

Los mapas temáticos, en general, consisten en la representación cartográfica de una variable geográfica. Esta representación en un mapa de la variable puede llevarse a cabo mediante símbolos y colores que pongan de manifiesto el valor de una variable en cada una de las unidades geográficas consideradas (países, regiones, etc.). Puede utilizarse un color/símbolo diferente para cada valor o para cada intervalo de valores de la variable.

Para hacer el modelamiento de la información se hará uso del módulo de herramientas "Geostatistical Analyst" del programa ArcGIS versión 10.0, el cual permite crear fácilmente una superficie continua, o un mapa, a partir de datos almacenados en una capa de puntos o una capa de mapa de bits. Esta herramienta proporciona un conjunto de herramientas completas para la creación de superficies que se pueden utilizar para visualizar, analizar y comprender los fenómenos espaciales. Además permite hacer una validación del modelo elaborado.

CAPÍTULO IV: RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA

En este capítulo se realizara una homogenización de las variables que intervendrán en el cálculo de la rentabilidad de la carretera. Se realizara la interpolación de las variables a fin de tener una data continua en el área de influencia, esto será posible utilizando el método de Kriging Ordinario. Una vez homogenizada las variables se desarrollara una relación lineal entre ellas a fin que se dé cómo resultado un modelo numérico que pueda representar el beneficio social de la carretera.

4.1 ANÁLISIS DE LOS FACTORES INVOLUCRADOS EN LA RENTABILIDAD DE UN PROYECTO DE CARRETERA

Para el desarrollo de este capítulo usaremos la aplicación Geostatistical Analyst (Análisis Geoestadístico), herramienta desarrollada en el *software* ArcGIS Versión 10.0 con el cual se puede representar las variables a usar en un entorno gráfico, y desarrollar los procedimientos establecidos en el capítulo 3.4. A través del proceso de interpolación se podrá predecir un modelo numérico continuo de la variable estudiada en todo el ámbito del área de influencia.

4.1.1 Influencia de la Distancia de la Carretera con la Población

Las carreteras son el medio de salida principal que tienen las poblaciones para estar interconectados entre sí, además de poder ser la vía por donde se puede sacar los bienes producidos y comercializarlos. En este ítem se va a elaborar un mapa en el cual se apreciara la distancia que existe entre cada poblado existente en el área de influencia y la carretera más cercana (vecinal, departamental, nacional).

a. Datos Utilizados

Para el desarrollo de la información se usará la siguiente data, la cual ha sido seleccionada dentro del área de influencia de la carretera:

- Área de influencia de la carreta (Capa de área, anexo 1)

- Ubicación espacial de los centros poblado dentro del área de influencia (capa de Puntos, anexo 2)
- Mapa de las carreteras (capa de líneas, anexo 1)

b. Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

Los datos obtenidos y que se harán uso en el desarrollo del capítulo deben seguir una tendencia de distribución Normal para que puedan incluirse en el análisis de interpolación que usa el método geostatístico, para lo cual se recomienda que la distribución normal tenga las siguientes propiedades:

- Tiene una única moda, que coincide con su media y su mediana.
- La curva normal es asintótica al eje de abscisas.
- Es simétrica con respecto a su media. Según esto, para este tipo de variables existe una probabilidad de un 50% de observar un dato mayor que la media, y un 50% de observar un dato menor.
- Cuanto mayor sea la desviación estándar, más se dispersarán los datos en torno a la media y la curva será más plana. Un valor pequeño de este parámetro indica, por tanto, una gran probabilidad de obtener datos cercanos al valor medio de la distribución.
- El coeficiente de sesgo es igual a cero (0).
- La curtosis es igual a cero (0).

Paso 1

Las variables que se debe tener para iniciar este proceso son: La capa (Shape) de centros poblados y carreteras. Dentro de la capa de centros poblados se ha de haber creado previamente un ítem que contenga las distancias de los centros poblados a las carreteras (carretera de penetración, departamentales, vecinales) según su proximidad, para esto caso se ha distribuido las distancias de los poblados de 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0 kilómetros de proximidad del poblado a cualquiera de las vías mencionadas.

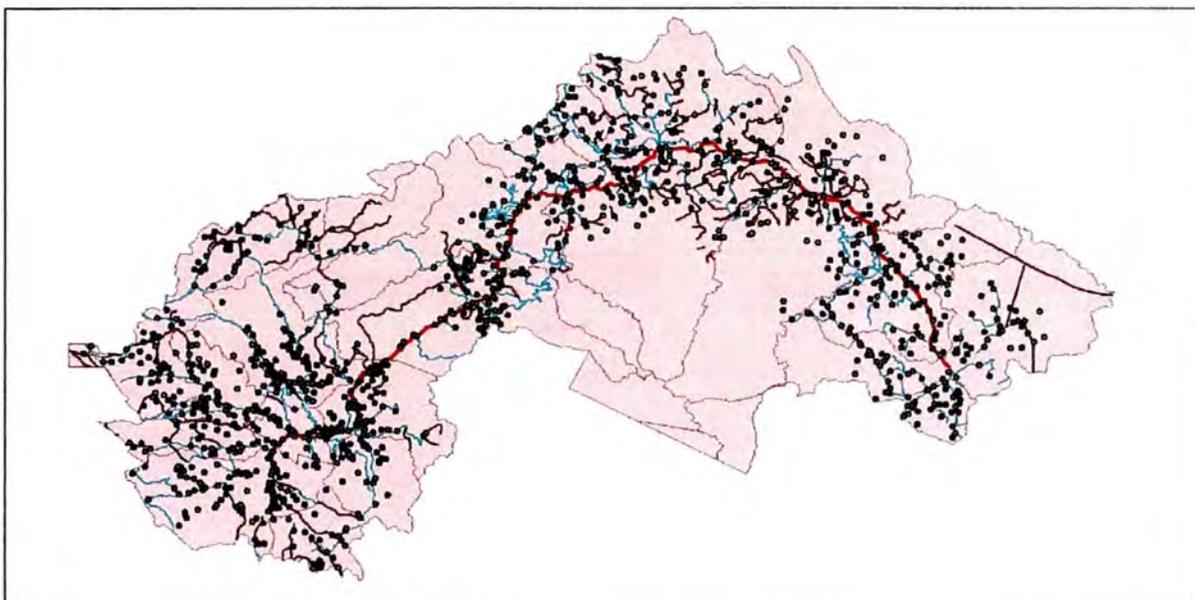


Fig. 15 Centros poblados dentro del área de influencia ubicados en el SIG

Paso 2

Una vez creado o agregado el *shape* en Arcmap, se elige la herramienta **Geostatistical Analyst**, seguida de **Explore Data** y finalmente en **Histogram**, tal como se muestra en la Figura 16.

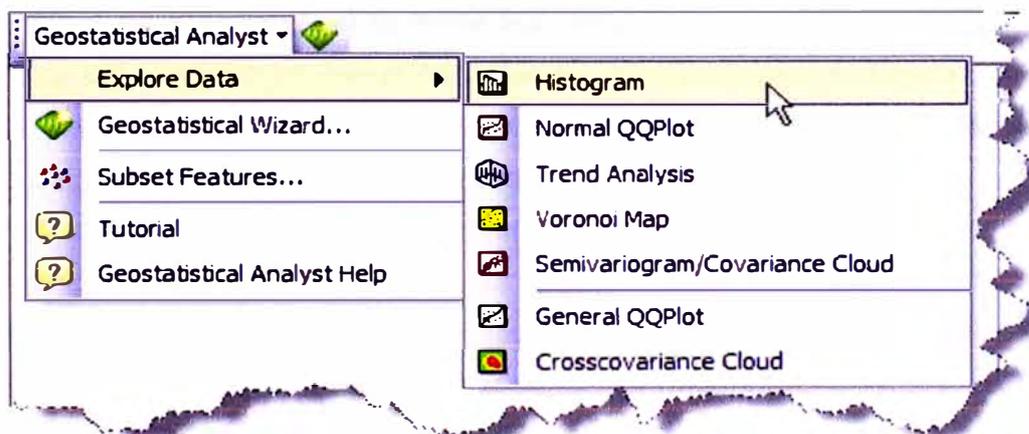


Fig. 16 Menú desplegable, donde se selecciona histograma

Aparece la siguiente ventana:

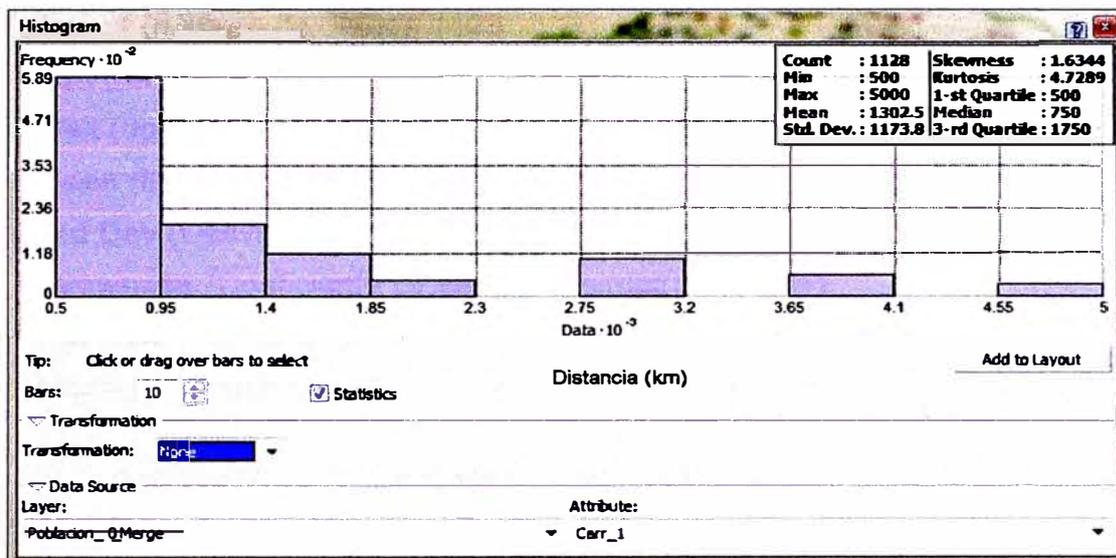


Fig. 17 Ventana, donde se aprecia el histograma por defecto.

En la parte inferior de la ventana, aparecen los siguientes términos:

Bars: Permite elegir el número de intervalos, la herramienta automáticamente calcula la longitud de cada intervalo.

Transformation: Permite realizar una transformación logarítmica a los datos en caso de que estos no sigan una distribución normal.

Layer: Aquí aparece el nombre del *Shape*, con el cual se quiere trabajar. Para este estudio se usará los datos de ubicación de poblaciones en el área de influencia contenida en "Población_0_Merge", cuando hay varios *shape* agregados en Arcmap la herramienta elige el primero de la lista.

Attribute: Aquí aparecen los campos que tenemos en la tabla de atributos de nuestro *shape*, en este caso se trabaja con las distancia de cada poblado a la carretera más cercana, ya sea esta de orden departamental o vecinal. Estas distancias están contenidas en la columna "Carr_1". Automáticamente la herramienta calcula los parámetros geoestadísticos que se muestran en la parte superior.

Paso 3

De la Figura 17 se aprecia los parámetros estadísticos calculados para la variable introducida los cuales se muestran en la parte superior, los cuales son:

Count (número de datos): 1128

Min (dato menor): 500 m

Max (dato mayor): 5000 m

Mean (Media): 1302.5 m

Std Dev (Desviación estándar): 1173.8

Skewness (Coeficiente de sesgo o asimetría): 1.6344

Kurtosis (curtosis): 4.7289

Median (Mediana): 750

El coeficiente de variación se calcula como: $CV = \text{Desviación estándar} / \text{Media} * 100$

$$CV = 1173.8 / 1302.5 * 100 = 90.12\%$$

Los parámetros que se utilizarán para verificar que los datos cumplan con una distribución normal son:

Coeficiente de Sesgo:

- $0 < |CS| < 0.5$, se acepta la función de distribución de probabilidad como normal, se puede aplicar el método geoestadístico a los datos.
- $0.5 < |CS| < 1$, es necesario realizar una transformación de datos (normalización) de tipo raíz cuadrada.
- $|CS| > 1$, es necesario hacer una transformación de tipo logarítmico (\ln o \log)

Coeficiente de variación:

- Si $CV < 100$, no hay problema con los valores extremos de los datos.
- Si $100 < CV \leq 200$, Los efectos causados por los valores extremos de los datos son tolerables.
- Si $CV > 200$, se tiene problemas severos con los valores extremos de los datos.

De acuerdo a lo dicho anteriormente se hará uso de la transformación logarítmica, en el ArcGIS, se va a la pestaña **Transformation** y seleccionamos "Log". En la pestaña **Bars** se coloca 5 intervalos. El resultado es el siguiente:

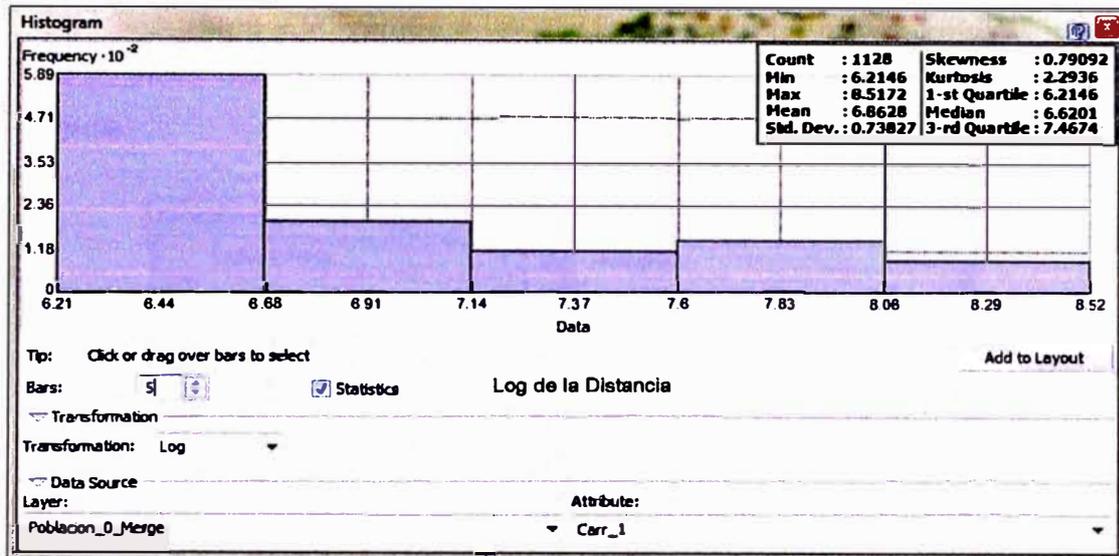


Fig. 18 Ventana, donde se aprecia el histograma transformado

Observamos nuevamente los parámetros:

Count (número de datos): 1128

Min (dato menor): 6.2146

Max (dato mayor): 8.5172

Mean (Media): 6.8628

Std Dev (Desviación estándar): 0.73827

Skewness (Coeficiente de sesgo o asimetría): 0.79092

Kurtosis (curtosis): 2.2936

Median (Mediana): 6.6201

El coeficiente de variación se calcula como: $CV = \text{Desviación estándar} / \text{media} * 100$

$$CV = 0.73827 / 6.8628 * 100 = 167.5\%$$

El coeficiente de variación aumento y es igual a 167.5%, por lo cual los efectos causados por los valores extremos de los datos son tolerables. El coeficiente de sesgo ha disminuido a 0.79, con estos valore la distribución se acepta como normal, se prosigue con el análisis geoestadístico.

Paso 4

Después de haber analizado los parámetros estadísticos y concluir que la distribución de los datos se puede tomar como normal, cerramos la ventana

del Histograma y volvemos a hacer clic en **Geostatistical Analyst**, seguido de **Explore Data** y finalmente en **Trend Analysis**, tal como se muestra en la figura.



Fig. 19 Menú desplegable donde se selecciona el análisis de tendencia

Se abre la siguiente ventana:

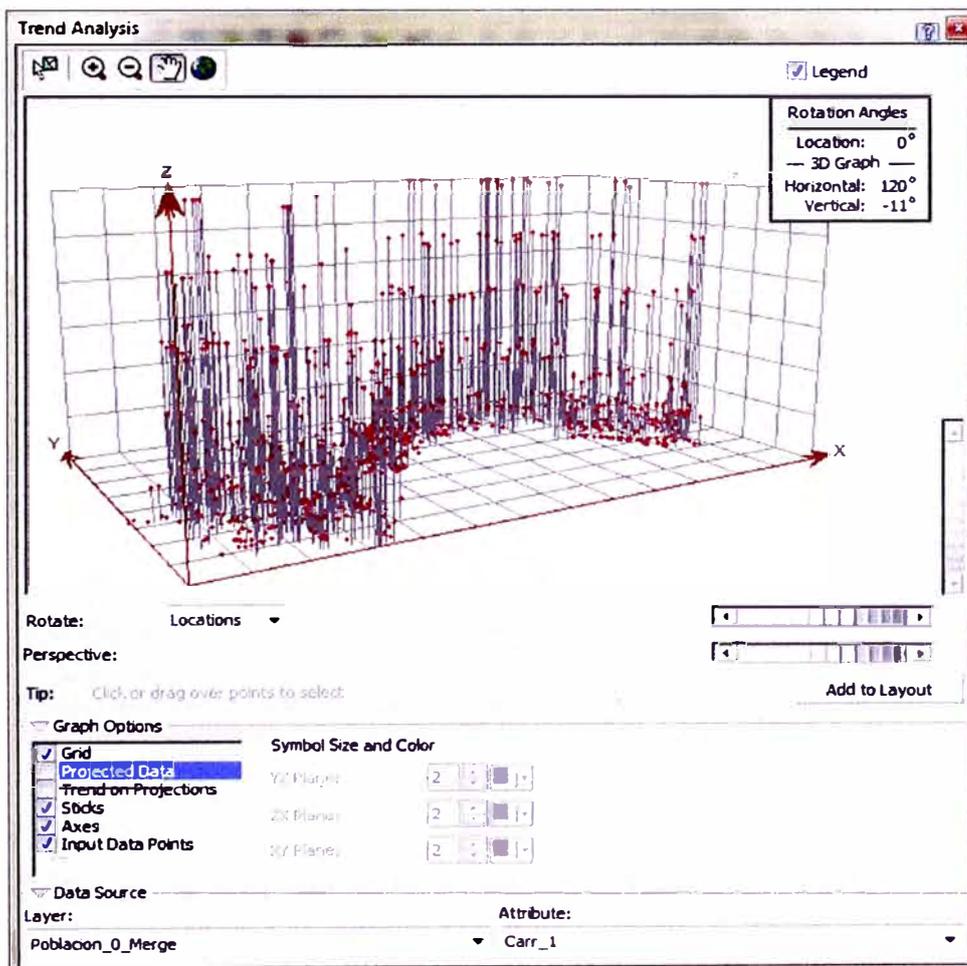


Fig. 20 Ventana, donde se muestra el análisis de tendencia

En la dirección del eje Z se aprecian los vectores que representan a las distancias entre un poblado y la carretera. Esta herramienta permite descubrir la tendencia global de los datos, es decir, detectar si los datos pueden ser ajustados, por funciones de primero, de segundo o de tercer grado sobre los planos que son proyectados (N-S) y (E-O). En **Graph options**, se marca las opciones **Projected Data**, **Tren on Projections**, y desmarcamos **Sticks**, **Input Data Points**. El resultado es el siguiente gráfico.

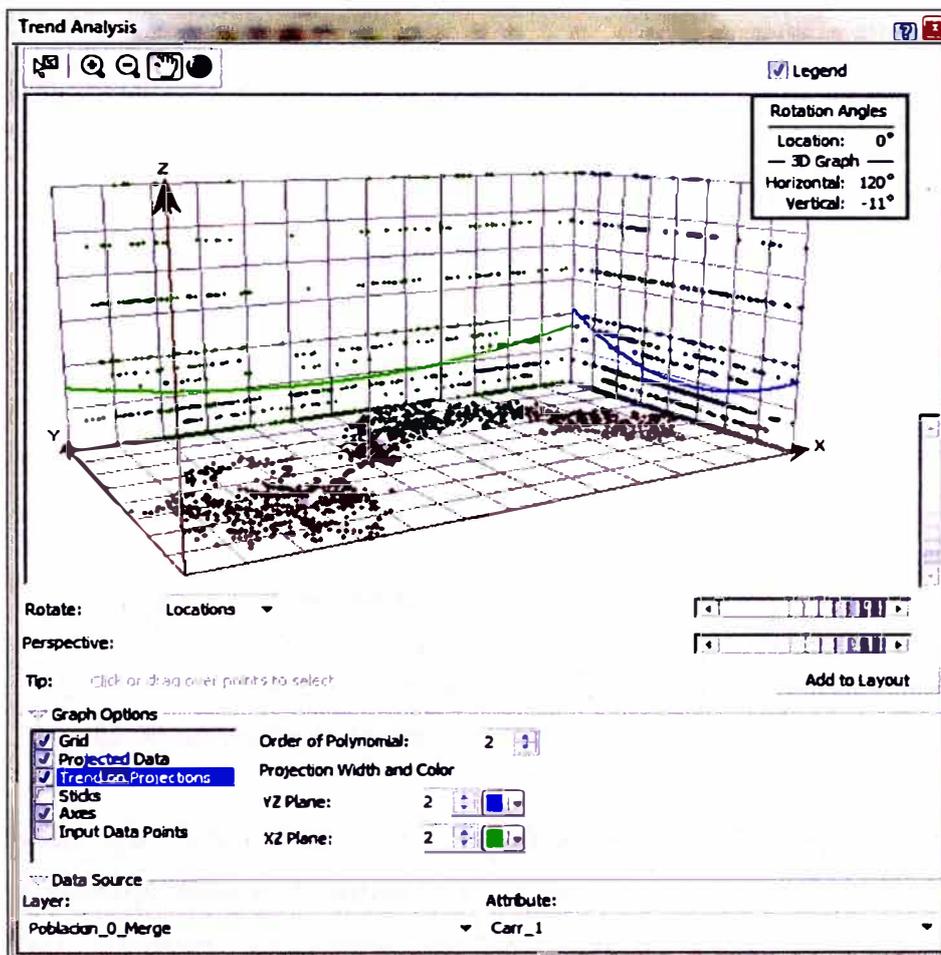


Fig. 21 Ventana, donde se selecciona el análisis de tendencia, con los datos removidos

La línea verde representa la tendencia de la distancia entre poblado - carretera, desde el este hacia el oeste. La línea azul la tendencia desde el norte hacia el sur. El ajuste que realiza el programa, por defecto, es el de segundo orden. Es importante analizar si los datos manifiestan tendencias

direccionales que permitan establecer correlaciones en esas direcciones, y formular modelos de comportamiento.

Como conclusión del análisis exploratorio, que se debe tener en cuenta durante la realización del análisis estructural de los datos originales es que no siguen una distribución normal, por lo tanto se aplica una transformación logarítmica.

c. Cálculo y Modelado de Superficies (Análisis Estructural)

Paso 5

Una vez identificada la tendencia de los datos, el siguiente paso es el análisis estructural y realización del modelo geoestadístico con los datos, para ello damos clic en **Geostatistical Analyst**, seguido de **Geostatistical Wizard**, aparece una ventana donde debemos llenar la siguiente información.

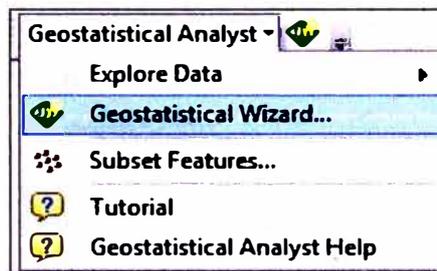


Fig. 22 Menú, donde se selecciona el asistente geoestadístico

Methods: Se debe seleccionar el método con el cual se quieren analizar los datos, en este caso es **Kriging / Cokriging**

Source Dataset: el *shape* al cual se le debe aplicar el análisis geoestadístico en este caso es "Población_0_Merge".

Data Field: El campo con el que se quiere realizar el análisis geoestadístico. En este caso son las Distancias ubicadas en la columna "Carr_1".

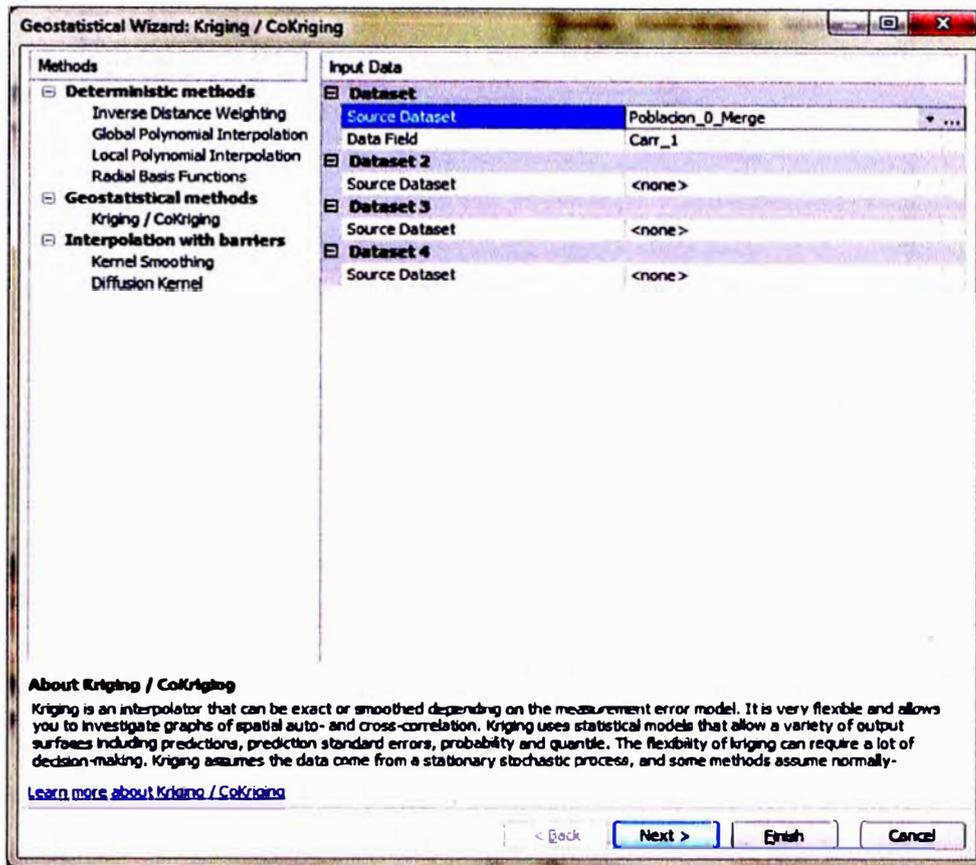


Fig. 23 Ventana, donde se selecciona el método de análisis

Seleccionamos el botón **Next >**. Aparece la siguiente ventana, donde rellenamos la siguiente información.

- En **Kriging Type**, se selecciona **Ordinary**
- En **Output Type**, se selecciona **Prediction**.
- En **Transformation type**, se selecciona **Log**, pues ya habíamos concluido que es necesario realizar transformación logarítmica.
- En **Order of trend removal**, se selecciona la opción **Second** (tendencia de segundo orden).

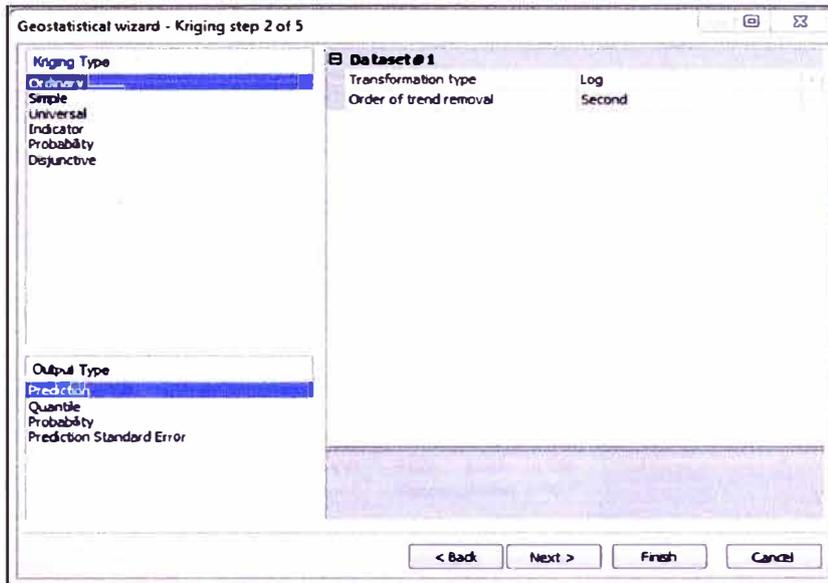


Fig. 24 Ventana, donde se selecciona el modelo o tipo de Kriging

Seleccionamos el botón **Next**>, aparece la siguiente ventana. En el gráfico se aprecia que la tendencia de las líneas no es la misma en todas las direcciones, por lo cual se puede concluir que existe anisotropía direccional. Cuando los datos tienen anisotropía las diferencias en los valores de los datos cambian bastante más con la distancia en una dirección que en la otra. Este dato se tomará en cuenta, ya que en la ventana siguiente se le deberá indicar a la herramienta este parámetro.

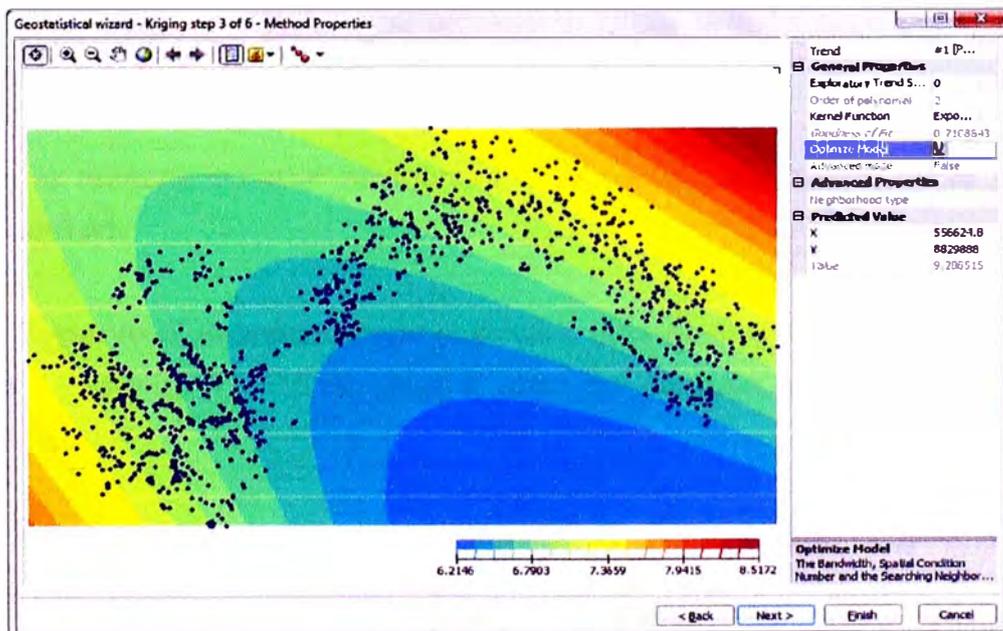


Fig. 25 Ventana, donde se aprecia las propiedades del método

Seleccionamos el botón en **Next>**, aparece la siguiente ventana.

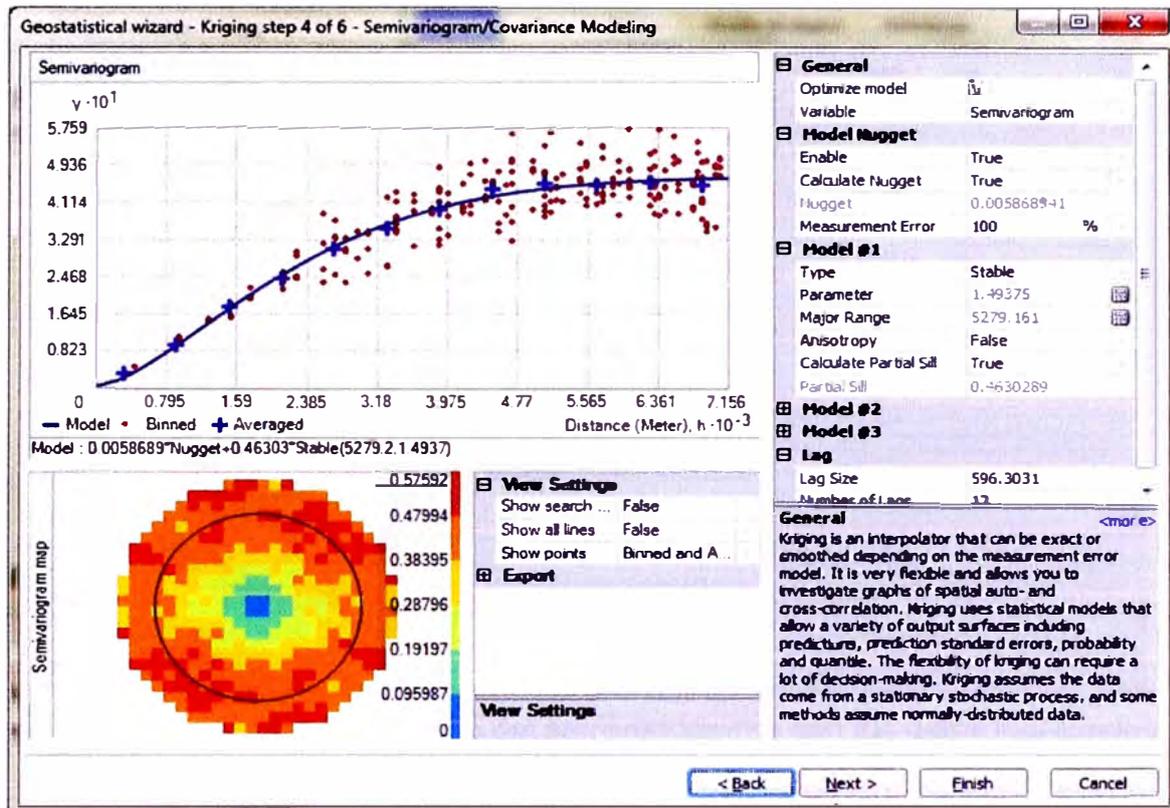


Fig. 26 Ventana, donde se aprecia el modelo del semivariograma con los datos por defecto.

En la parte superior de la figura 26 se aprecia la construcción del modelo del semivariograma experimental representado por la línea azul. Debajo de ella se ha calculado el mapa del semivariograma.

En la ventana anterior rellenamos la siguiente información en la pestaña **Model #1**:

1. Type: Aquí debemos elegir el modelo geoestadístico que deseamos usar para interpolar los datos; para el caso del ejemplo, elegiremos el modelo **Spherical**.

2. Anisotropy: En el paso anterior concluimos que hay anisotropía estructural, por lo tanto, debemos seleccionar **True** (verdadero).

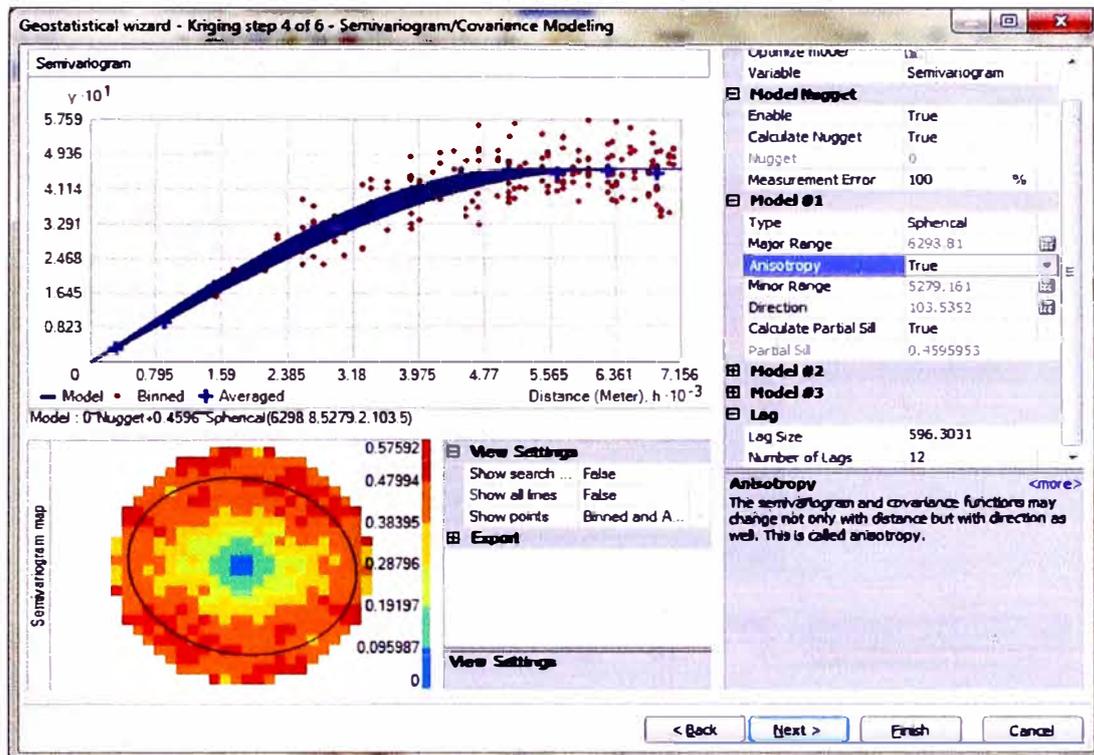


Fig. 27 Corrección del modelo del semivariograma con los datos ingresados

Al especificar los parámetros deseados en el modelamiento, el programa calcula varios semivariogramas en distintas direcciones (líneas azules correspondientes a diferentes ajustes), hasta que determina la amplitud del eje mayor y eje menor de la elipse mostrada en el mapa del semivariograma. La dirección del eje mayor de la elipse indica donde hay mayor autocorrelación espacial de los datos.

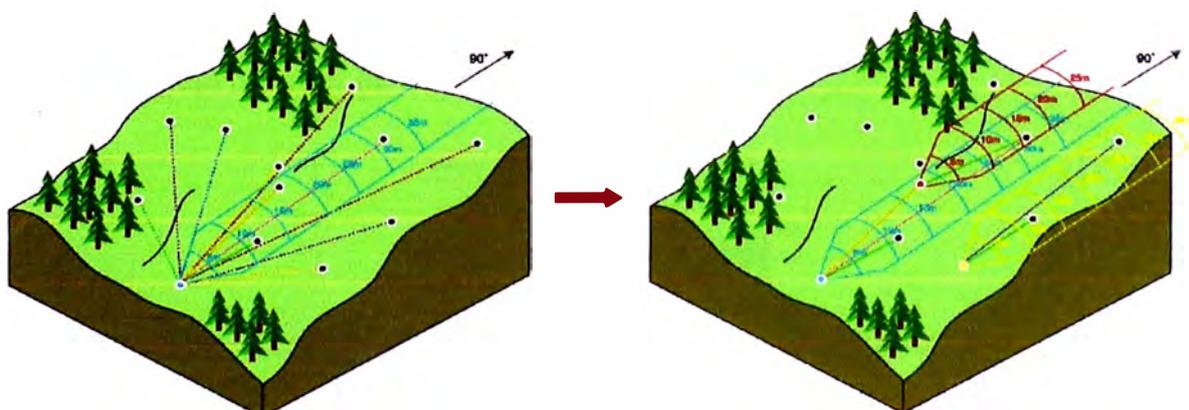


Fig. 28 Autocorrelación direccional para la toma de datos en el semivariograma

Seleccionamos el botón **Next>**, se muestra la siguiente ventana.

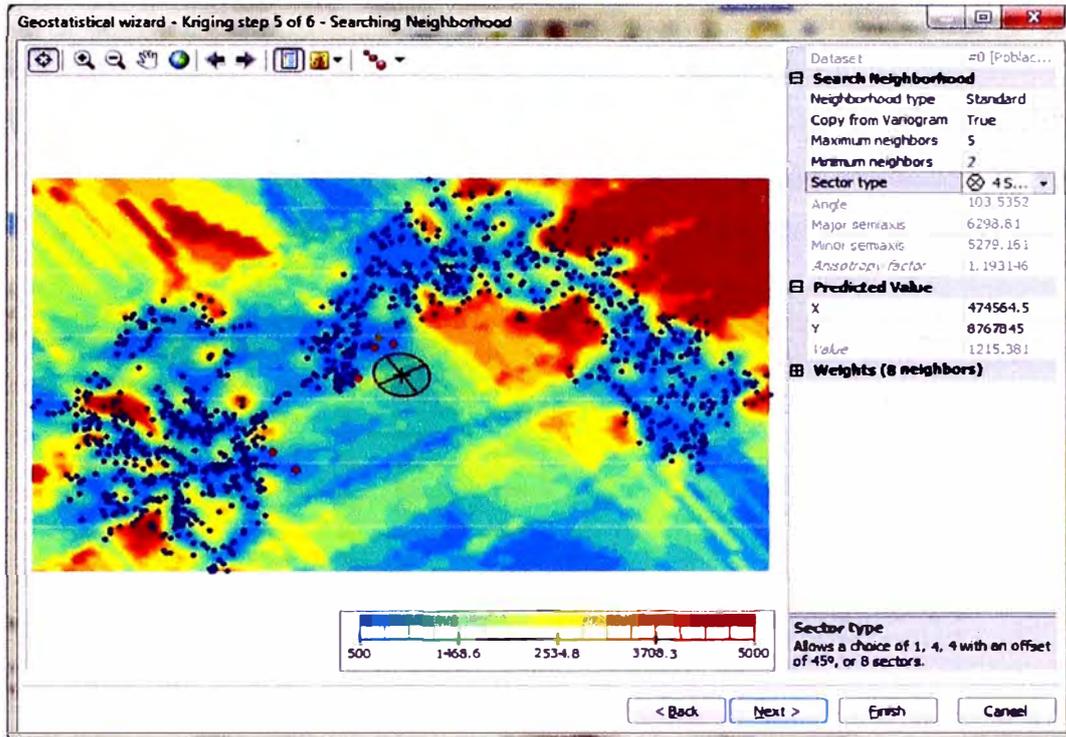


Fig. 29 Visualización de toma de datos

En la ventana anterior se hace la búsqueda de la vecindad en el modelo Kriging. La forma específica de la vecindad limita hasta dónde y dónde se debe buscar los valores de medición que se utilizan en la predicción. La elipse en la figura indica cómo se hace la toma de datos dentro de la vecindad, primero se elige el número de puntos a ser usados en la predicción que oscilan entre el deseable (**Maximum neighbors**) y un mínimo (**Minimum neighbors**). En segundo lugar para evitar la tendencia en una determinada dirección la elipse se divide en sectores en los cuales se elige igual número de puntos.

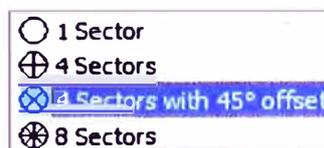


Fig. 30 Forma en que se divide la toma de datos en una vecindad

Seleccionamos el botón **Next >**, en la siguiente ventana se muestra el gráfico de validación cruzada de datos medidos y calculados, en esta grafica se

aprecia los datos de distancia originales de los centros poblados a la carretera (puntos rojos).

La recta de azul representa la predicción hecha según el método de Kriging de la información ya corregida, mediante una transformación logarítmica.

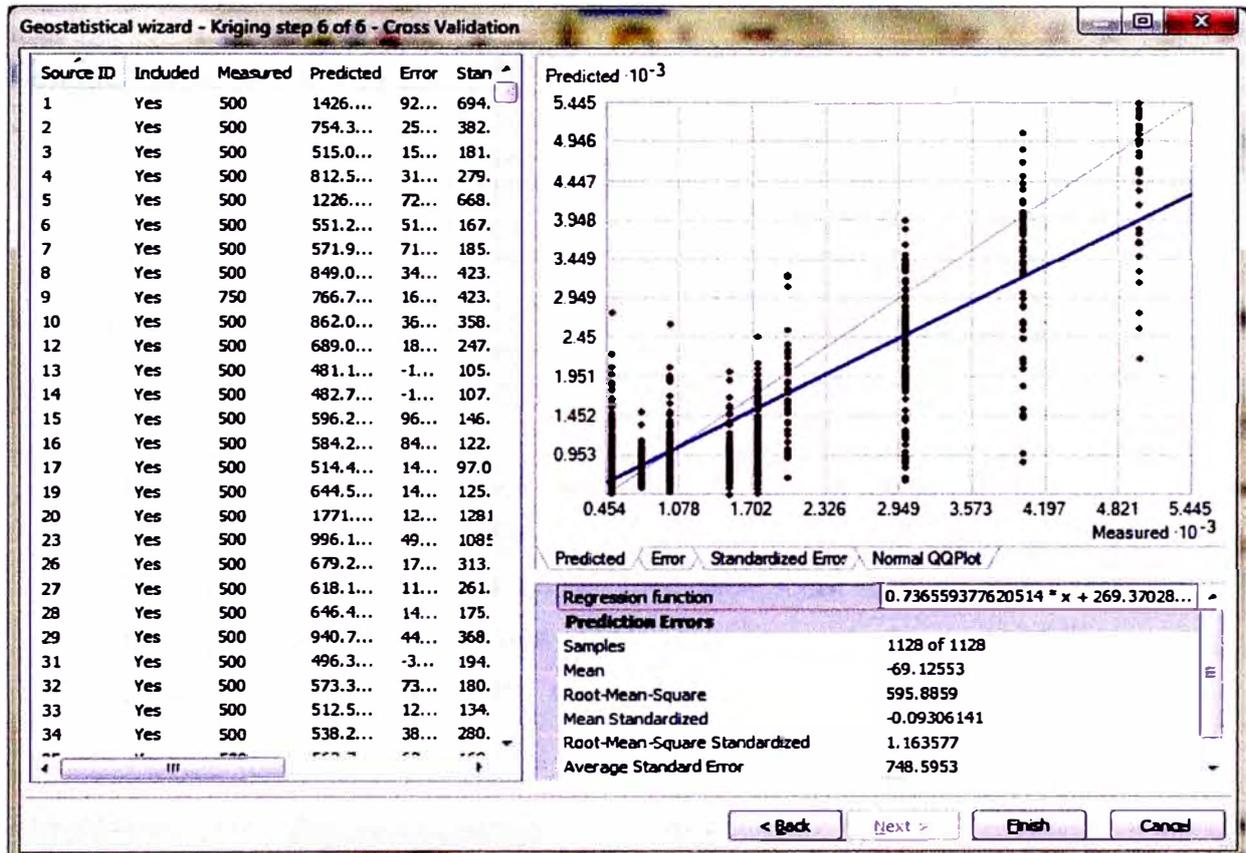


Fig. 31 Cuadro de validación cruzada

Seleccionamos el botón Finish y aparece un resumen del método utilizado.

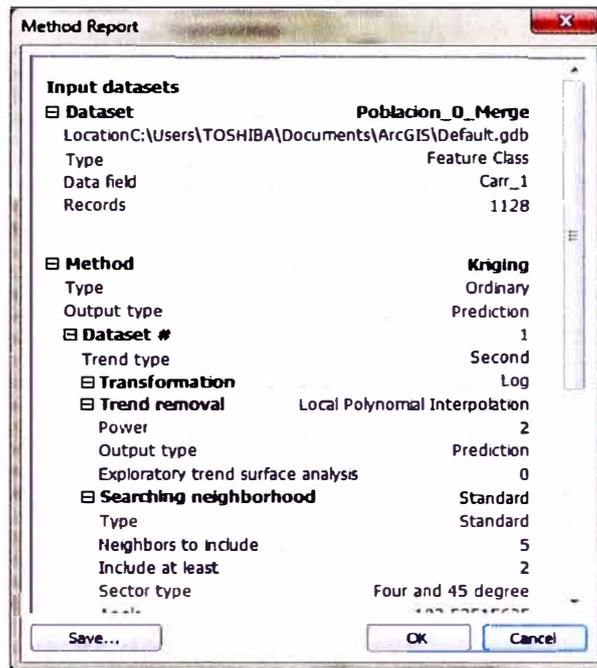


Fig. 32 Cuadro resumen

Finalmente terminamos marcando **OK**, a continuación tendremos el mapa de predicción de distancias de centros poblados (incluye todos los caseríos, distritos y provincias que se encuentran dentro del área de influencia) con respecto a la carretera más cercana (carretera de penetración, vías departamentales y vecinales), a partir del método geoestadístico Kriging ordinario.

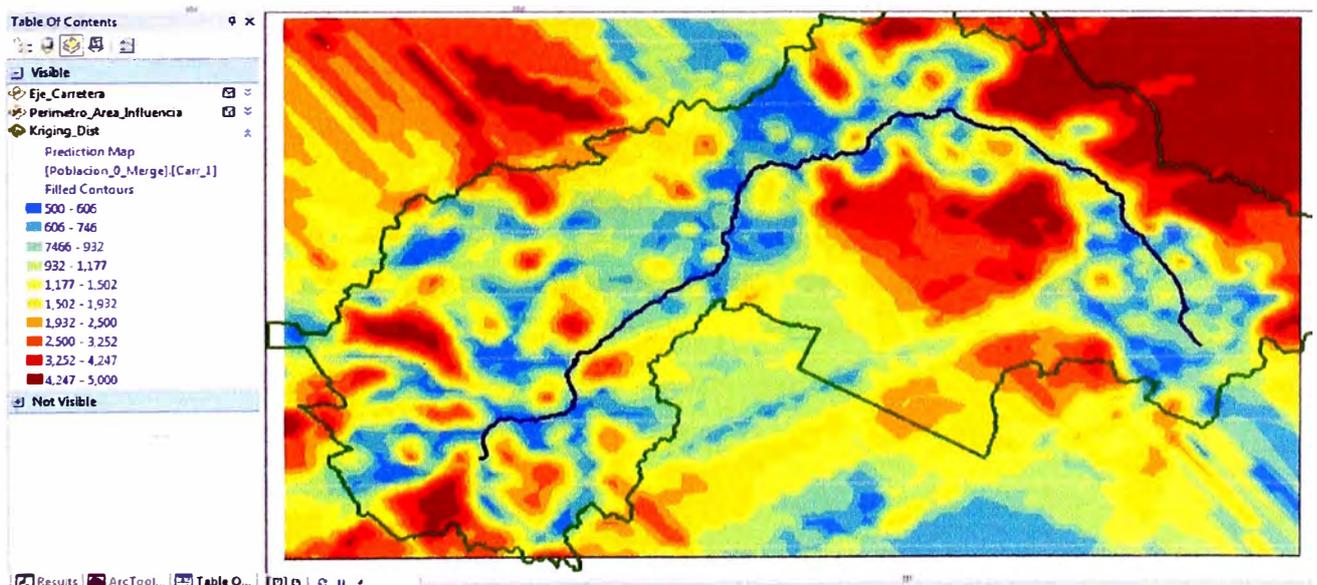


Fig. 33 Modelo de interpolación de datos Kriging Ordinario de Distancias

En la figura 33 se aprecian zonas de diferentes colores que enmarcan el área de influencia. De acuerdo a la leyenda que se encuentra en la parte izquierda de la imagen, cuando un poblado se encuentre en un área de tonalidad rojo más intenso, este poblado se encontrara entre 4275 y 5000 m de distancia de la carretera más cercana.

La ventaja de los métodos geoestadísticos es que permiten realizar un mapa de errores de la modelación que se ha realizado, en este mapa se puede apreciar de manera rápida cuales son las áreas donde la información procesada no es tan confiable, ya sea por la falta de datos en esta zona o porque los datos tomados no son confiables.

Para ello en el panel del navegador, damos clic derecho sobre el mapa creado y elegimos la opción **Change output to Prediction Standard Error**.

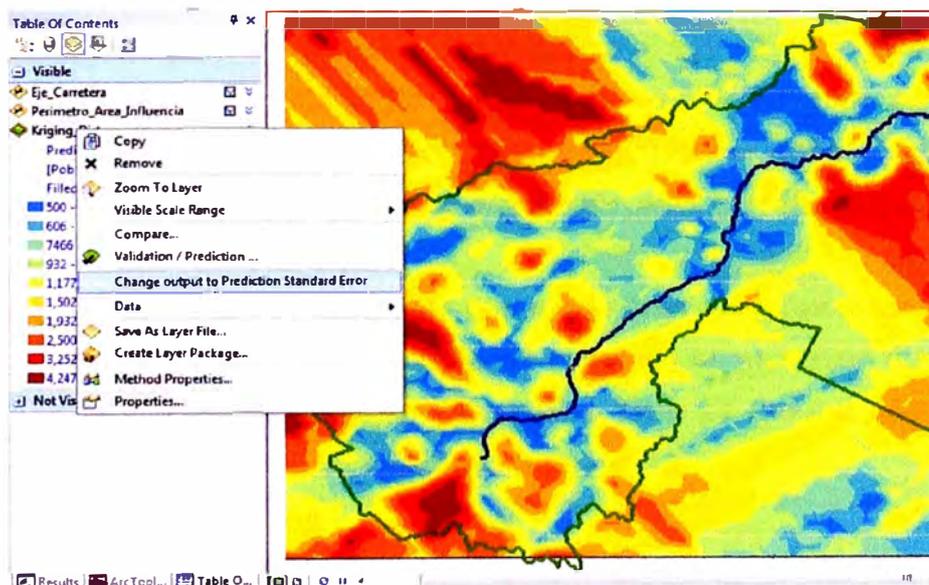


Fig. 34 Selección de comando para creación de mapa de errores

El resultado es el siguiente.

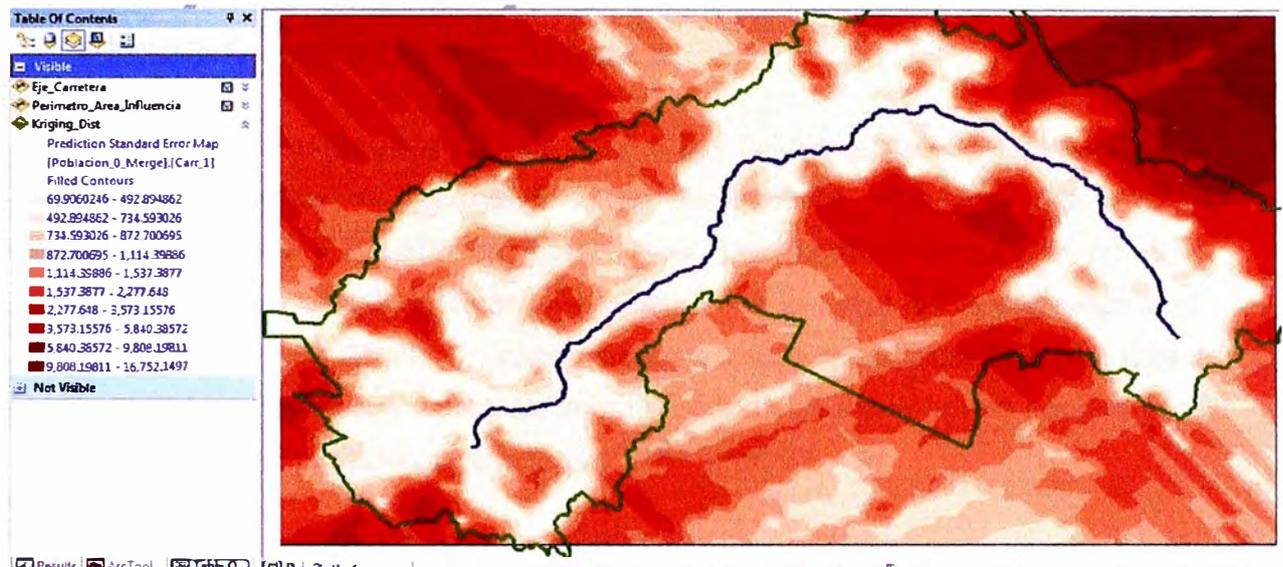


Fig. 35 Mapa de predicción de errores

En la figura anterior observamos que el máximo error es del 16.75%, el cual es muy bueno. La confiabilidad del modelo se calcula como 100 menos el error máximo, para el ejemplo: confiabilidad = $100 - 16.75 = 83.25\%$. Para aceptar un modelo geoestadístico es necesario tener una confiabilidad superior al 90%, por lo tanto se concluye que se le debe hacer algunos ajustes al modelo, pero el grado de aceptación está cercano al permisible.

En la figura 35 se puede observar que los errores mayores en la predicción (tonalidad rojo intenso Según escala de la figura) se producen donde existe menos información sobre centros poblados. Esto se debe a que no se ha considerado poblados fuera del área de influencia.

El modelaje por interpretación de Kriging Ordinario usado en el trabajo, es uno de varios métodos, si se desea hacer una buena aproximación de los datos se debe probar con otros procedimientos y escoger el que mejor se adecue al modelo y cumpla: menor **Root-Mean-Square**, menor **Average Standard Error**, **Root-Mean-Square Standardized** más cercano a uno y mayor porcentaje de **confiabilidad**.

4.2 PROCESO DE RASTERIZADO DE LA INFLUENCIA DE LOS MEDIOS FÍSICOS TOMADOS COMO ACTORES

Previamente se hizo un desarrollo de los medios físicos que interactuaban con la carretera entre ellos se reconoció: Desprendimientos, Huaycos, Derrumbes, Erosión de laderas y Erosión de Plataformas. Los lugares donde han ocurrido estos eventos han sido identificados y ubicados a lo largo de la carretera y se han enumerado (ver Anexo 9), cada evento ha sido representado en un mapa como un punto. Esta información ha sido recopilada de los estudios hechos para la rehabilitación de la carretera (consultar bibliografía 1 – 2).

Paso 1

Colocar los eventos de geodinámica externa en el mapa del área de influencia y ubicados a lo largo del eje de la carretera de penetración como una capa de puntos en el Software ArcGIS.

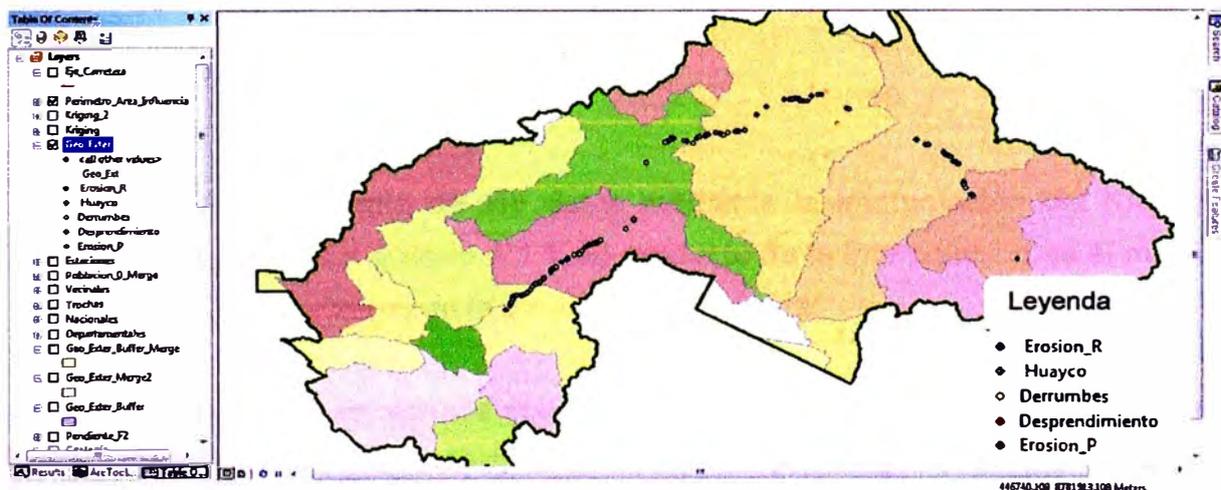


Fig. 36 Ubicación de los eventos de geodinámica externa en área de influencia

Paso 2

Se ha dado una valoración numérica asociada al riesgo que puede causar cada evento de geodinámica externa, en cada punto donde han ocurrido los eventos geológicos, creando una zona de impacto en un radio de 100 m a la redonda.

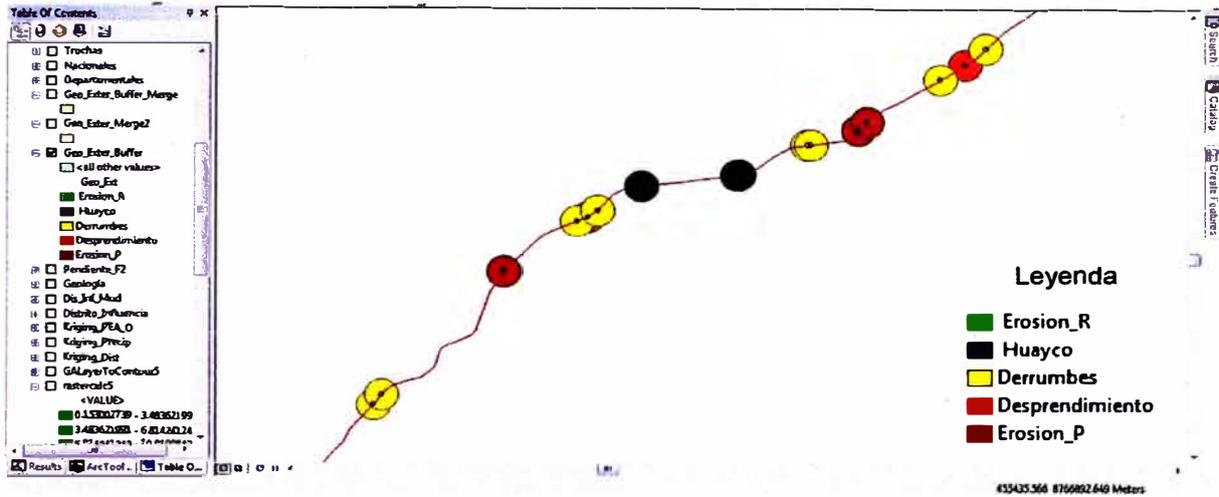


Fig. 37 Ubicación de los eventos de geodinámica externa en área de influencia

Valoración:	Desprendimiento	:	2
	Erosión de plataformas	:	4
	Derrumbes	:	6
	Erosión de riveras	:	8
	Huaycos	:	10

Paso 3

Se hará el procesamiento de los datos mediante la interpolación del Kriging siguiendo los pasos del acápite 4.1.1. El producto de la interpolación es el mapa de influencia de los actores de la geodinámica externa:

En el siguiente mapa se aprecia que mientras más cerca se esté de los agentes de la geodinámica externa mayor es la valoración del riesgo. Entonces en estas zonas la rentabilidad de la carretera será menor o negativa ya que está expuesta al deterioro prematuro de la estructura del pavimento o cierres temporales de la vía por obstrucción. Esto dificultara la salida de la mercadería producida en la zona y cuyo destino son los mercados de la costa.

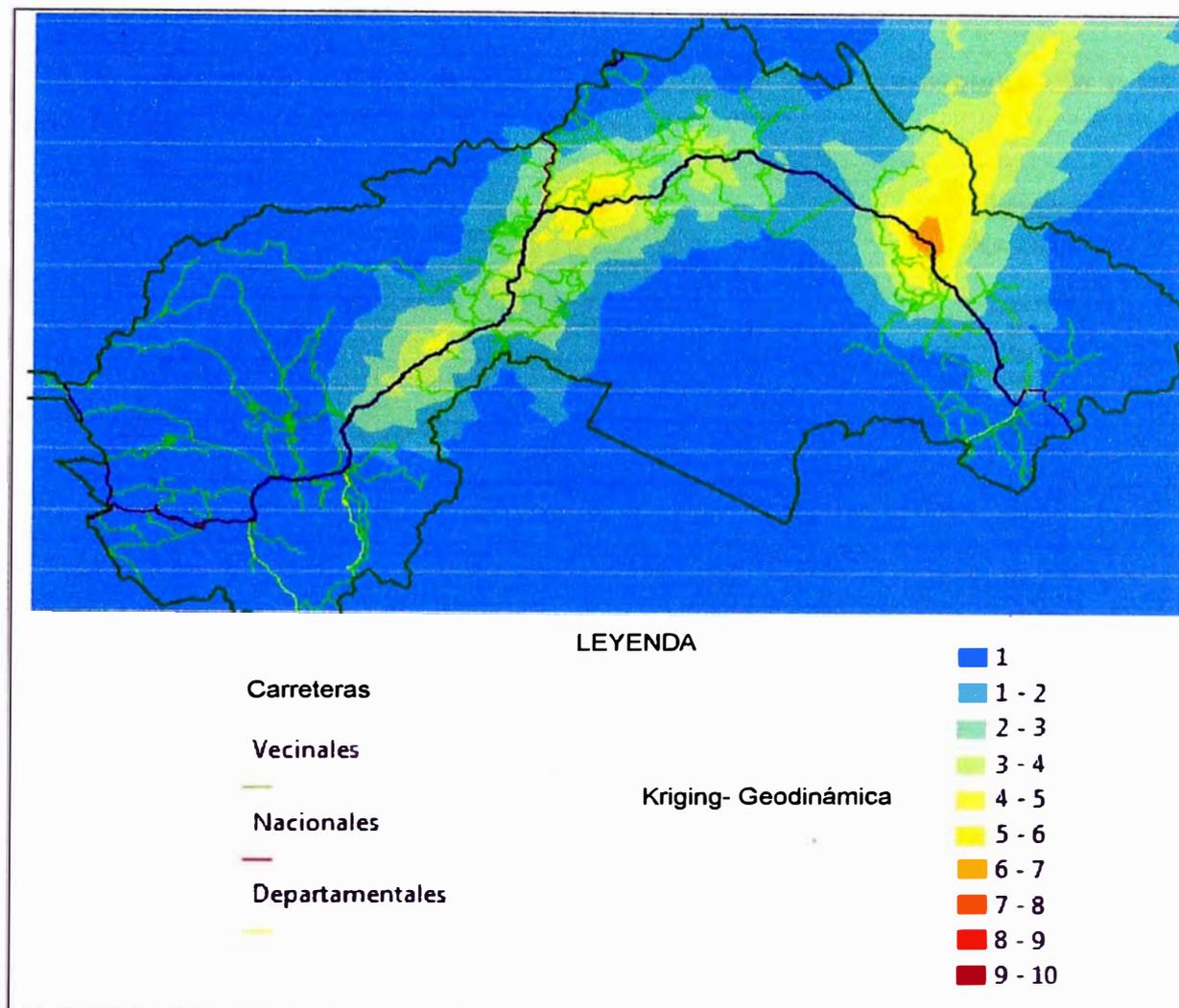


Fig. 38 Interpolación de los actores de la geodiámica externa

4.3 FACTOR DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se ha tomado como indicador de crecimiento económico y social al índice de Población Económicamente Activa - Ocupada (PEA-O) del área de influencia, el cual da una idea de la rentabilidad económica que existe en la zona.

Para la evaluación económica también se pueden usar otros indicadores como lo son: índice de pobreza, tasa de desempleo, cobertura de servicios públicos, cobertura de salud, cobertura de educación, y otros que puedan dar idea sobre el estado de desarrollo en que se encuentra una población.

Paso 1

Se ha introducido el dato de PEA-O dentro de la capa correspondiente a las provincias.

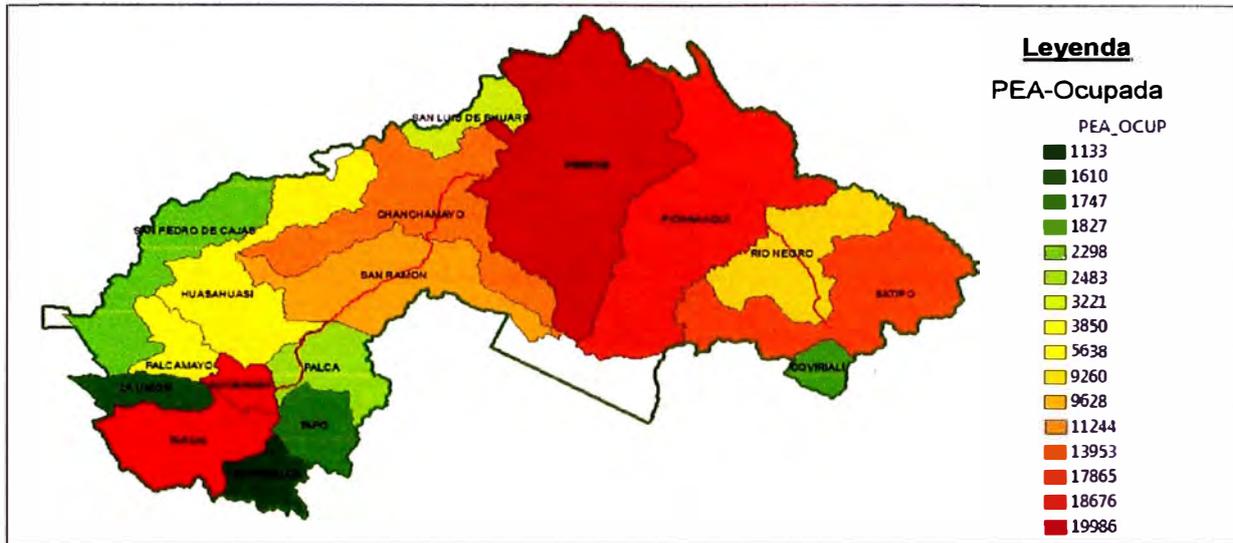


Fig. 39 Población económicamente activa ocupada en el área de influencia, mapa vectorial

Paso 2

Se hará el procesamiento de rasterizado los datos mediante la interpolación del Kriging siguiendo los pasos del acápite 4.1.1. Este procedimiento de transformación se realiza debido a que la información que se desea unir debe ser bebe tener un mismo formato (raster). El producto de la interpolación es el que sigue:

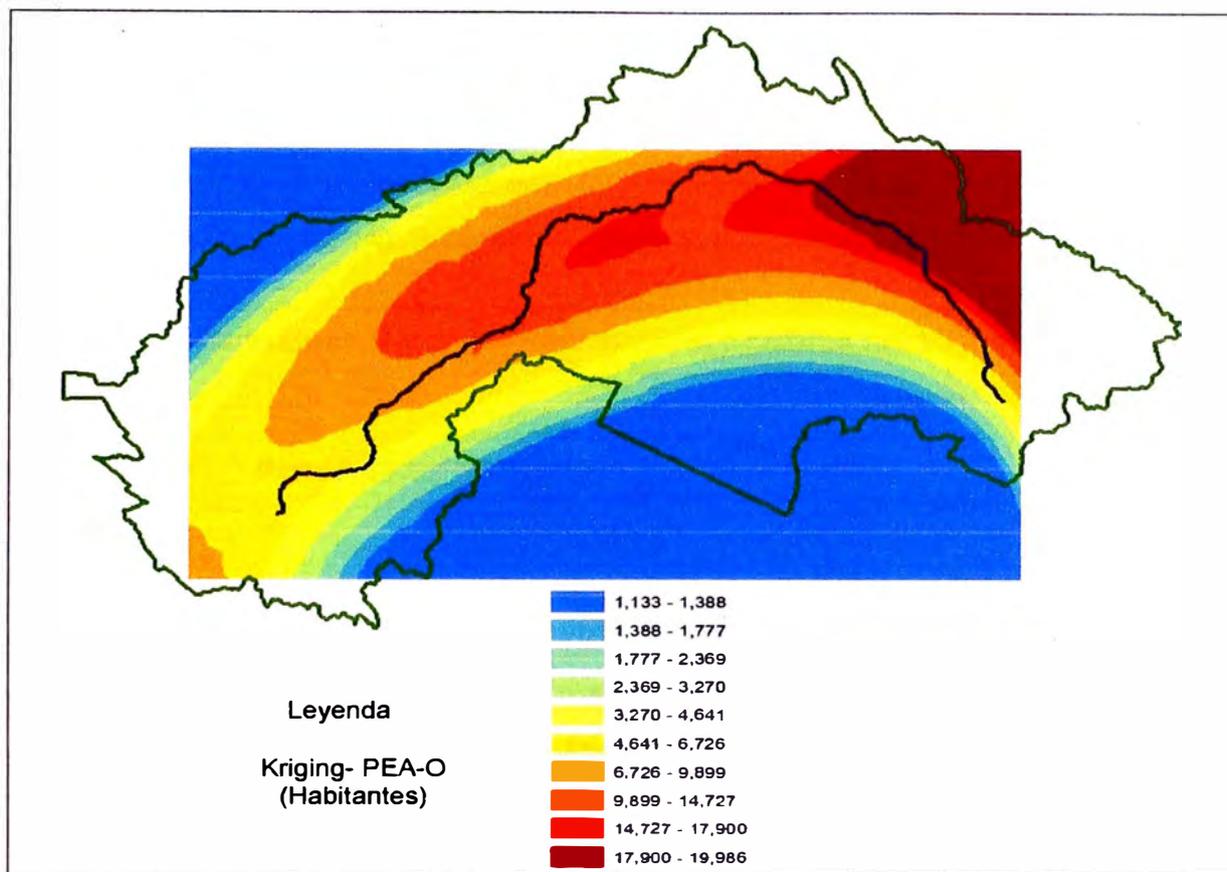


Fig. 40 Mapa de Interpolación de la población económicamente activa ocupada

4.4 DESARROLLO DE LA RENTABILIDAD

Previo a este ítem se ha desarrollado tres análisis de actores los cuales van a ayudar a determinar una relación numérica que dé idea de la rentabilidad social asociada a la carretera en estudio.

- i. Mapa de distancias de poblados a las vías de acceso vehicular (Distancia).
- ii. Mapa de influencia de los actores físicos con la carretera (Geodinámica).
- iii. Mapa de la de interpolación de la Población Económicamente Activa - Ocupada (PEA-O).

Mediante una operación de álgebra de mapas se va a obtener un modelo de Rentabilidad Social (Rentabilidad).

Relaciones entre Actores

Rentabilidad	→	Directamente Proporcional	→	PEA-O
Rentabilidad	→	Inversamente Proporcional	→	Distancia
Rentabilidad	→	Inversamente Proporcional	→	Geodinámica

De las comparaciones anteriores se deduce el siguiente modelo numérico:

$$Benefiticos = K \frac{PEA_O}{DISTANCIA \otimes GEODINAMICA}$$

Dónde:

- K : Constante Adimensional
- \otimes : Multiplicación de Matrices Uno a Uno

El modelo numérico que se ha determinado tiene como unidades "habitantes/metro".

Mediante la herramienta **Raster Calculator** del ArcGIS se procede a operar los mapas Raster de las variables obtenidas, con lo cual se obtiene:

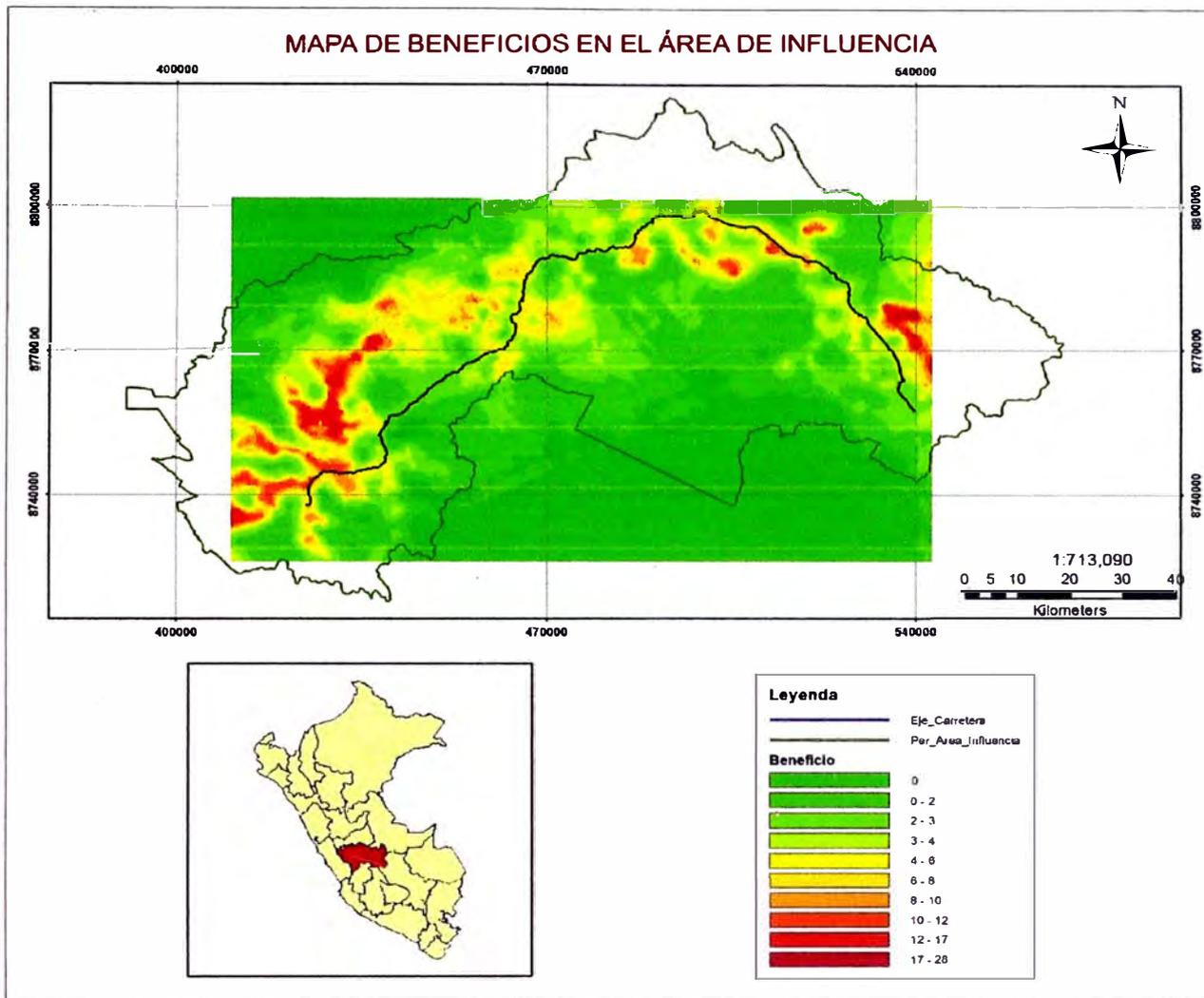


Fig. 41 Mapa de beneficios en el área de influencia

En el mapa temático de la figura anterior se aprecia que a diferencia del mapa de distancias de centros poblados – carretera, la influencia de la geodinámica externa sobre la rentabilidad produce una reducción en esta. Esto es natural ya que las vías que puedan presentar mayor afluencia de personas y tránsito de carga vehicular, son las que no se encuentran con riesgo de ser afectados por un agente de geodinámica externa (huaycos, derrumbes y demás).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- 1.- El modelo matemático obtenido permite evaluar cualitativamente la rentabilidad, empleando la variable de geodinámica externa. Se deduce que este medio influye de forma negativa sobre la rentabilidad social, por la inseguridad generada a los transportistas y su exposición a estos problemas.
- 2.- Para las variables asociadas a la geodinámica externa, la rentabilidad social se reduce según la proximidad a la carretera. Caso contrario sucede con la variable de distancias de poblados, la cual produce mayor rentabilidad social cuanto más cerca se encuentra un poblado a cualquier carretera.
- 3.- Mediante el mapa de distancias, centros poblados – carreteras (ver anexo 6), se puede apreciar la mayor influencia que tiene un poblado al estar cerca de una carretera de penetración, departamental o vecinal.
- 4.- Para el ajuste de la ecuación de beneficios, es necesario hallar el valor de la constante adimensional “K”, recolectando datos de encuestas a los pobladores, información de órganos de gobiernos zonales involucrados con los eventos de geodinámica externa.
- 5.- Se han registrado 169 zonas de eventos de geodinámica externa, las cuales representan un riesgo de cierre en el tránsito vehicular, demandando obras de contención o mitigación de daños a la carretera.
- 6.- Si bien los estudios incluyen agentes de geodinámica externa causantes del deterioro del pavimento, no se considera el efecto que puede tener en la rentabilidad social de las poblaciones que se desarrollan en sus cercanías.
- 7.- El software ArcGIS empleado permite no sólo el modelado de las variables sino también el análisis de consistencia de estas.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1.- Para el mejor resultado de la interpolación mediante el uso de la herramienta Kriging del ArcGIS, se recomienda un análisis exploratorio de los datos que permitan conocer la tendencia o la aproximación a una función normal de las variables, justificando su aplicación.
- 2.- Para evitar la generación de mayores errores en los mapas producidos con el método de Kriging se recomienda contar con un tamaño de muestra con datos que cubran toda el área de influencia. La recopilación de datos anteriores, generará mapas de secuencias temporales, aproximando a la realidad.
- 3.- Para un entendimiento completo de la rentabilidad, que produce la carretera, si es positiva o desfavorable a la sociedad, se recomienda unir los modelos de rentabilidad de todos los otros medios involucrados (biótico, faunístico, económico, político y clima).

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Consorcio Usares de Junín. Estudio Definitivo Para el Mantenimiento Periódico de Tramo: DESVIO LAS VEGAS - TARMA – LA MERCES – PUENTE RAITHER KM. 0+000 AL KM. 119+212, Expediente Técnico, Ministerio de Transportes y Comunicaciones Proyecto Especial de Infraestructura de Transportes Nacional - Provias Nacional, Lima – Perú, Diciembre del 2006.
- 2.- Consorcio Vial Puente Raither. Elaboración Del Estudio De Mantenimiento Periódico De La Carretera Puente Raither-Satipo, Ruta PE-5S (Km 10+831 Al Km 119+650), Expediente Técnico, Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Viceministerio de Transportes - Provias Descentralizado, Lima – Perú, Marzo del 2010.
- 3.- Moreno Jiménez, Antonio, Sistemas y Análisis de la Información Geográfica, Manual de Auto Aprendizaje con ArcGIS 2ª Edición, Alfaomega Grupo Editor, México, Marzo 2008.
- 4.- Romero D., Daniel. Factores de Sinergias y Conflictos Entre Actores (Medios Biofísico, Socioeconómicos y Culturales), Taller Aplicativo, curso de Titulación , Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Civil Lima – Perú, 2011
- 5.- Díaz Salvador Roberto Martin. Verificación del Diseño de Pavimentos Flexibles y Rígidos, Procesos Constructivos en la Carretera Tarma – La Merced (Km. 0+000 al Km.71+ 602), Tesis, Facultad de Ingeniería civil, Universidad nacional de Ingeniería - Lima - Perú, 1998.
- 6.- Dirección Regional de Agricultura Junín, Plan Estratégico Sectorial Regional Agrario 2009 – 2015, [en línea],
http://www.minag.gob.pe/download/pdf/conocenos/transparencia/planes_estrategicos_regionales/junin.pdf, [Consulta: 06 de Setiembre del 2011].

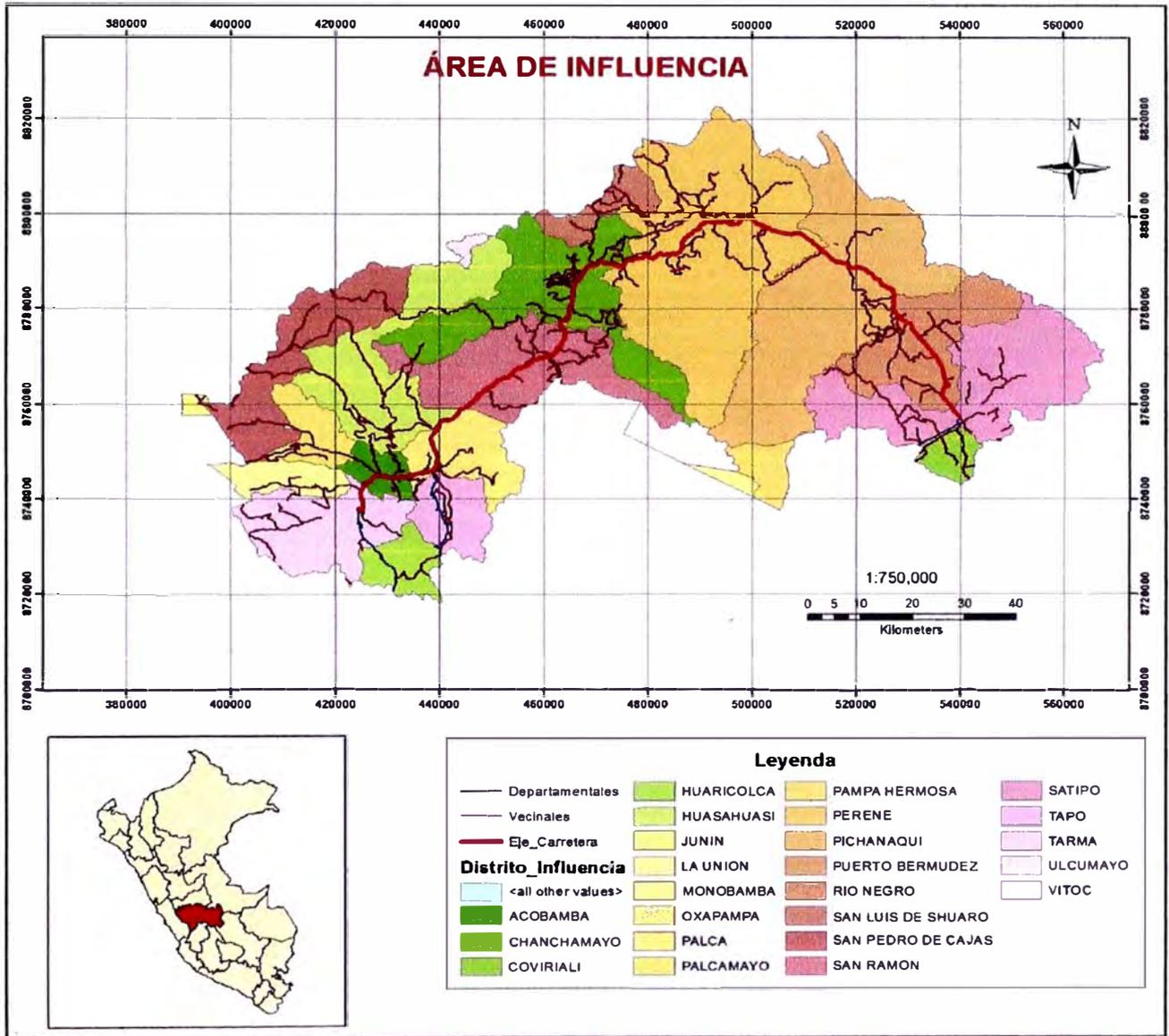
- 7.- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Cuadrante 22l, 22m, 22n, 23l, 23m y 23n. Carta Geológica del Perú - Lima - Perú.

- 8.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Programa de Vías Departamentales - Provias Departamental, "Plan Vial Departamental Participativo Junín" [en línea],
www.proviasdes.gob.pe/Unidades/planes_viales\junin\pvdp_junin.pdf,
[Consulta: 02 de Julio del 2011].

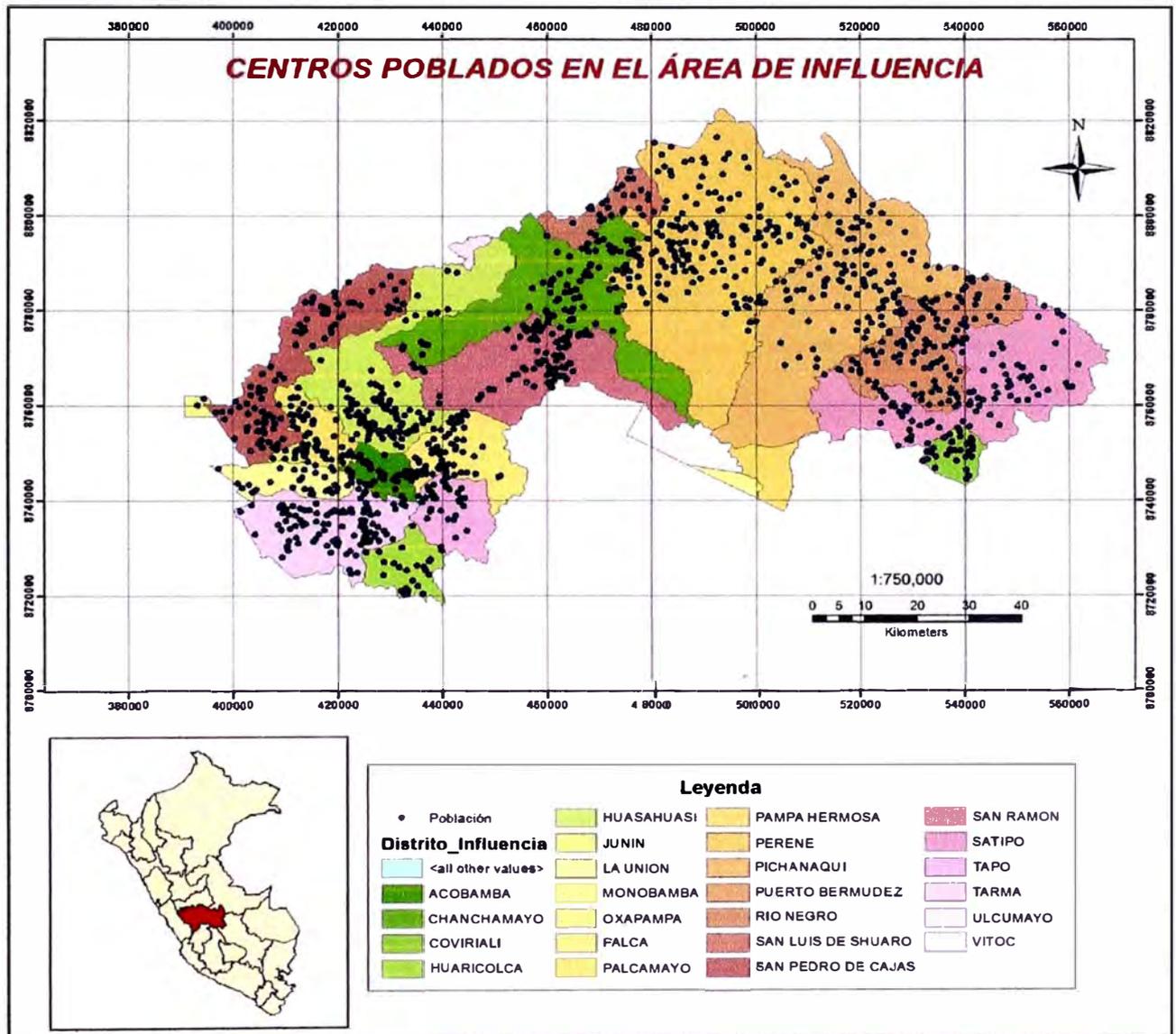
- 9.- William Mauricio, García Fera, Análisis Geoestadístico y Probabilístico de la Compresibilidad de un Depósito Lacustre, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. – Colombia, 2008.

ANEXOS

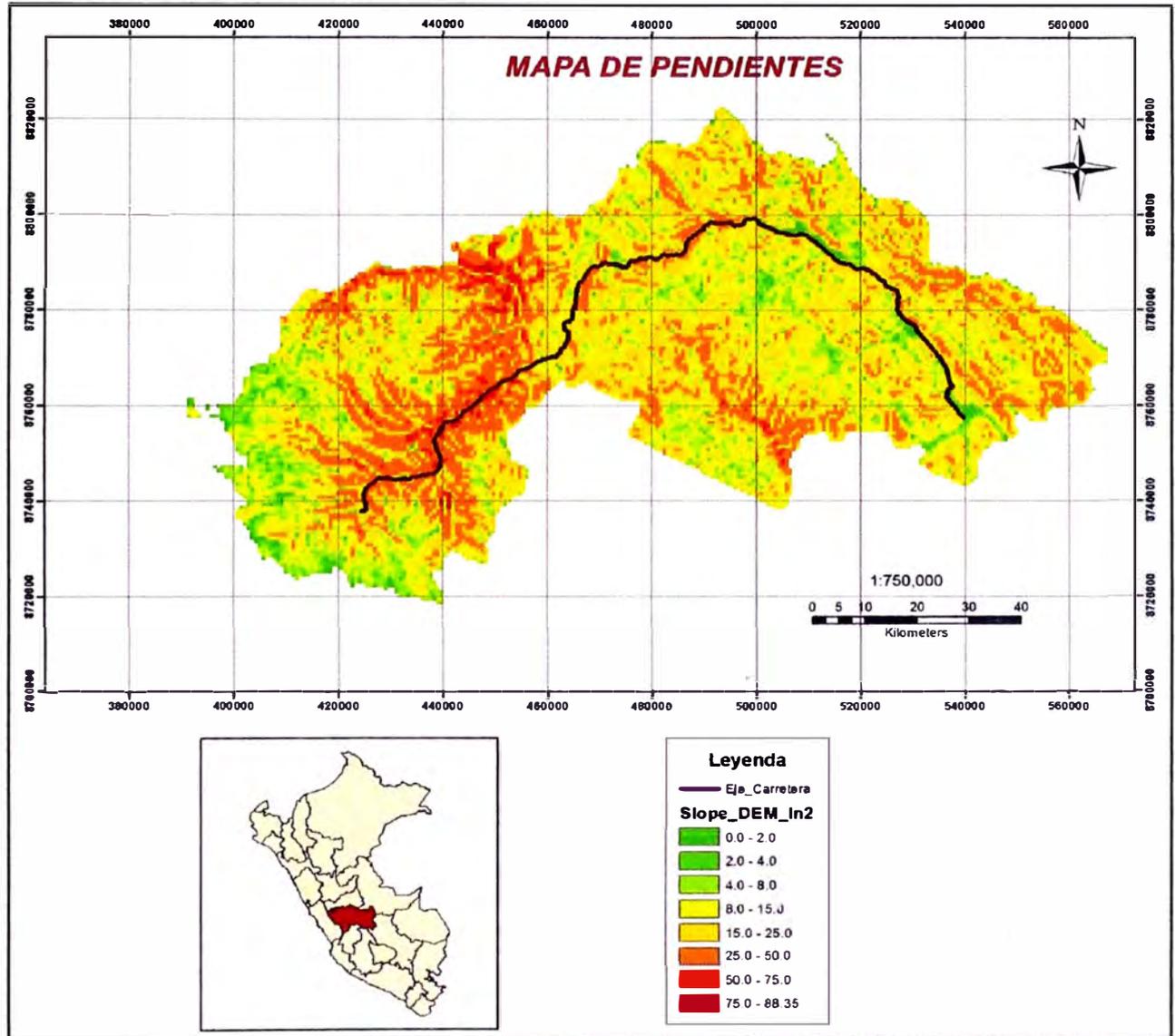
1.- CAPA DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y CARRETERAS EXISTENTES



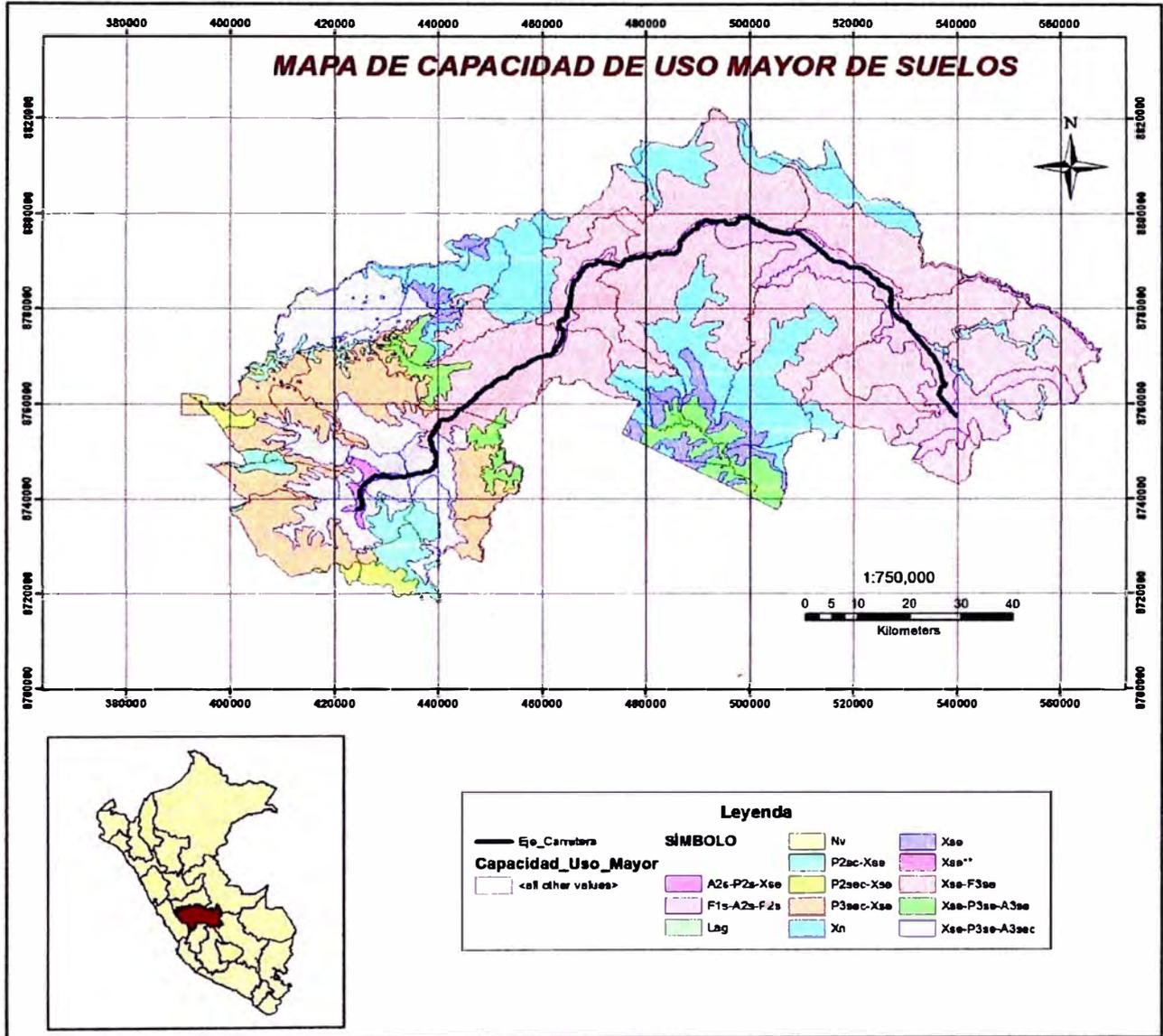
2.- CAPA DE CENTRO POBLADOS



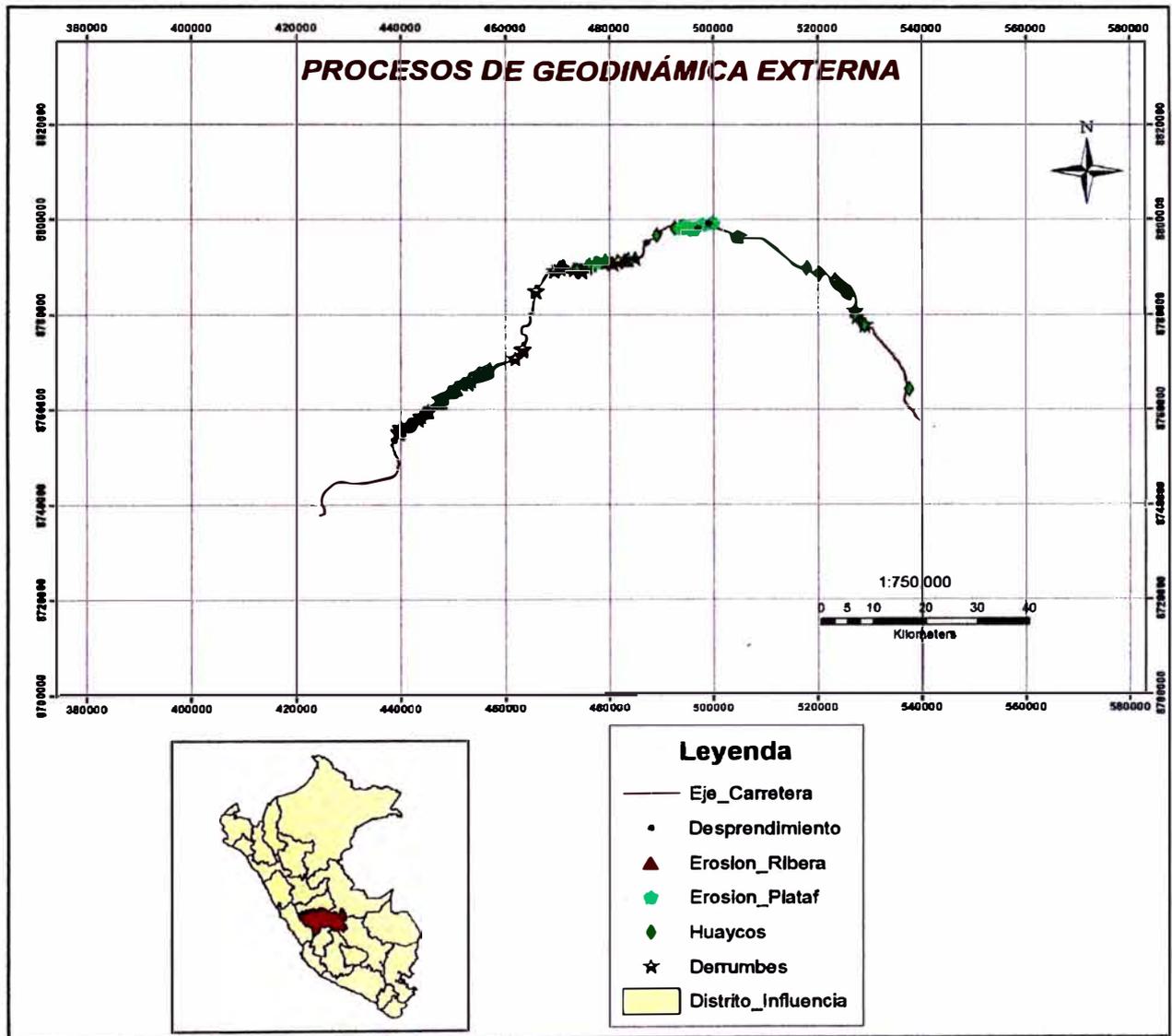
3.- MAPA DE PENDIENTES



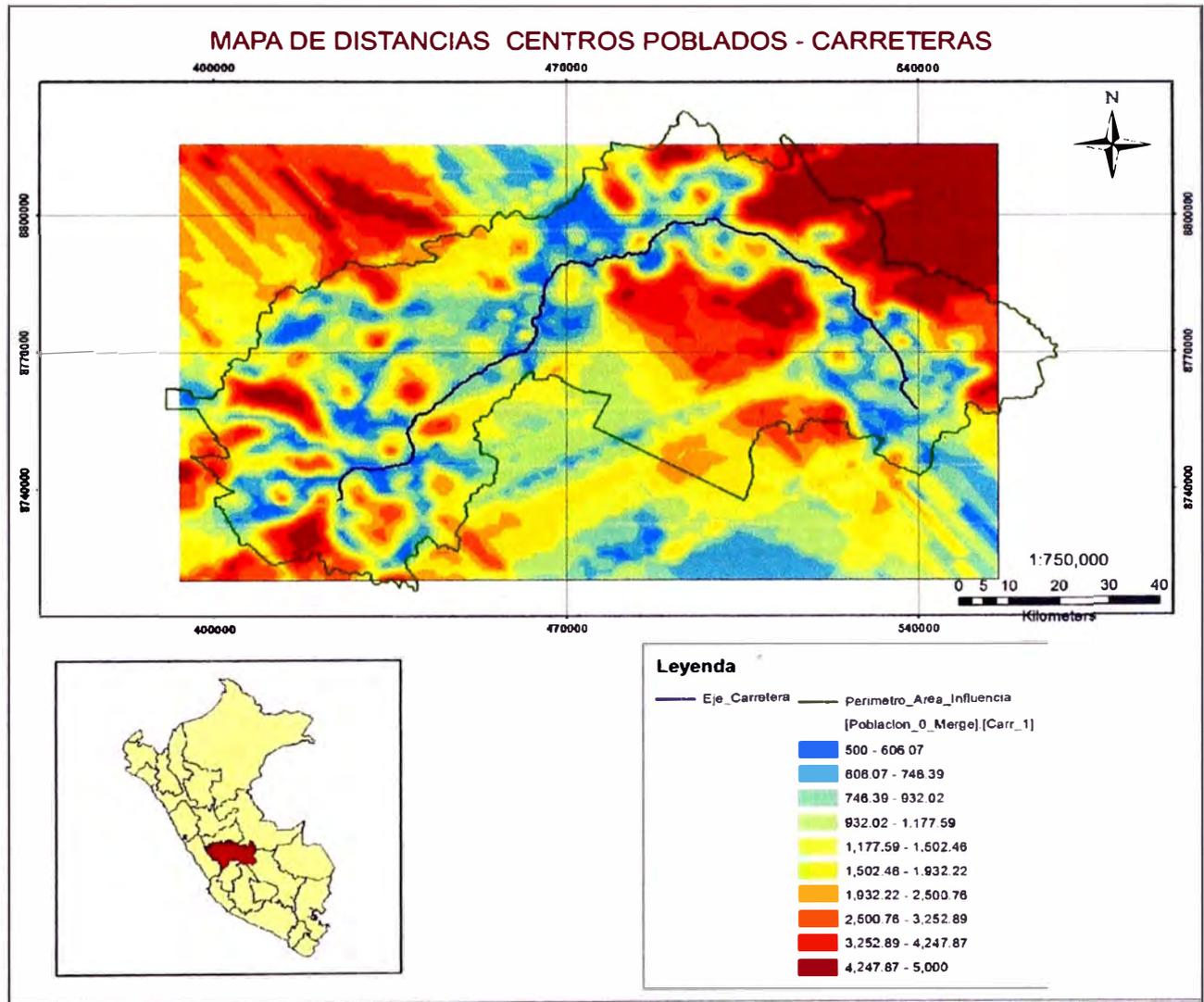
4.- MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS



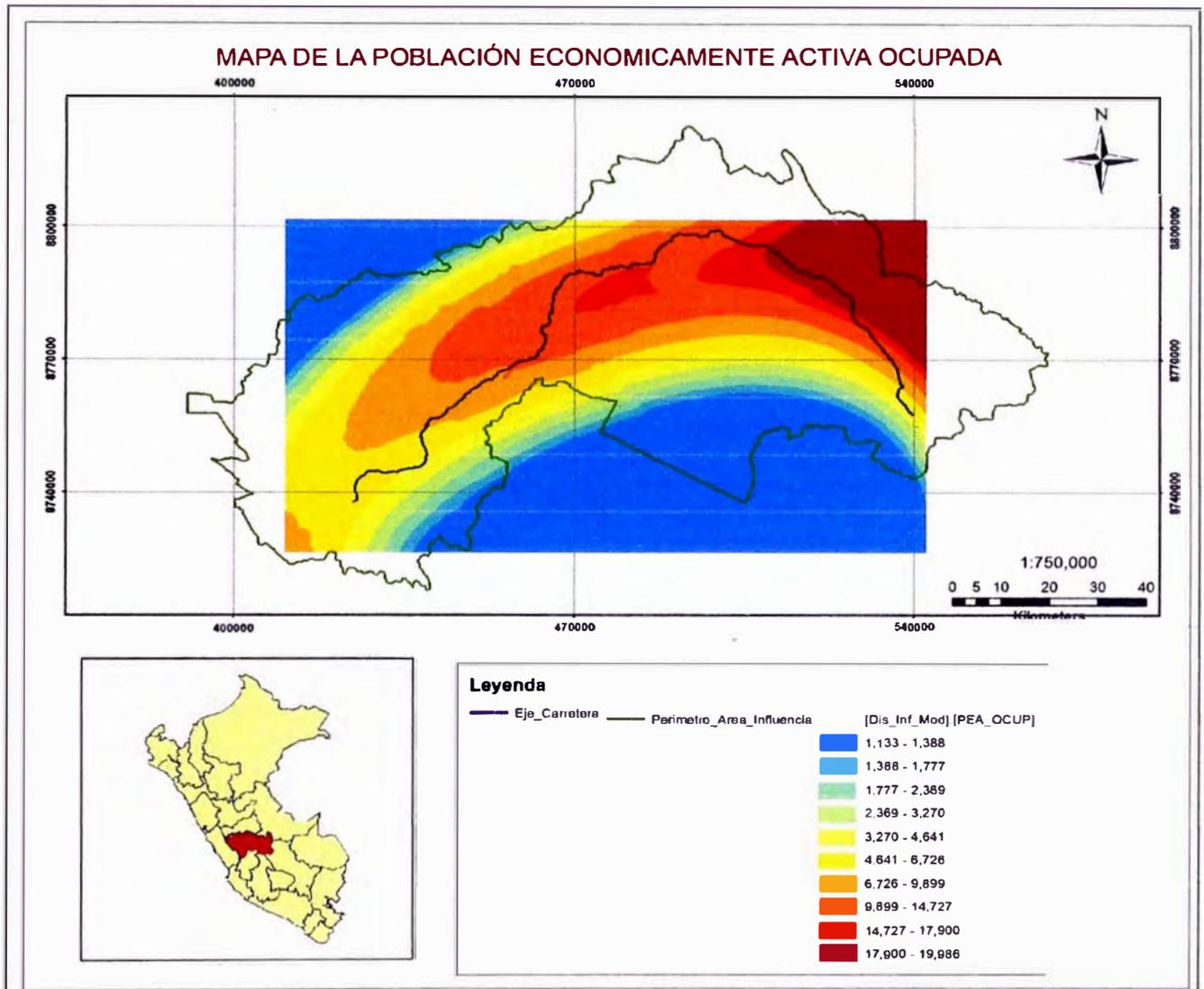
5.- MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PROCESOS DE GEODINÁMICA EXTERNA



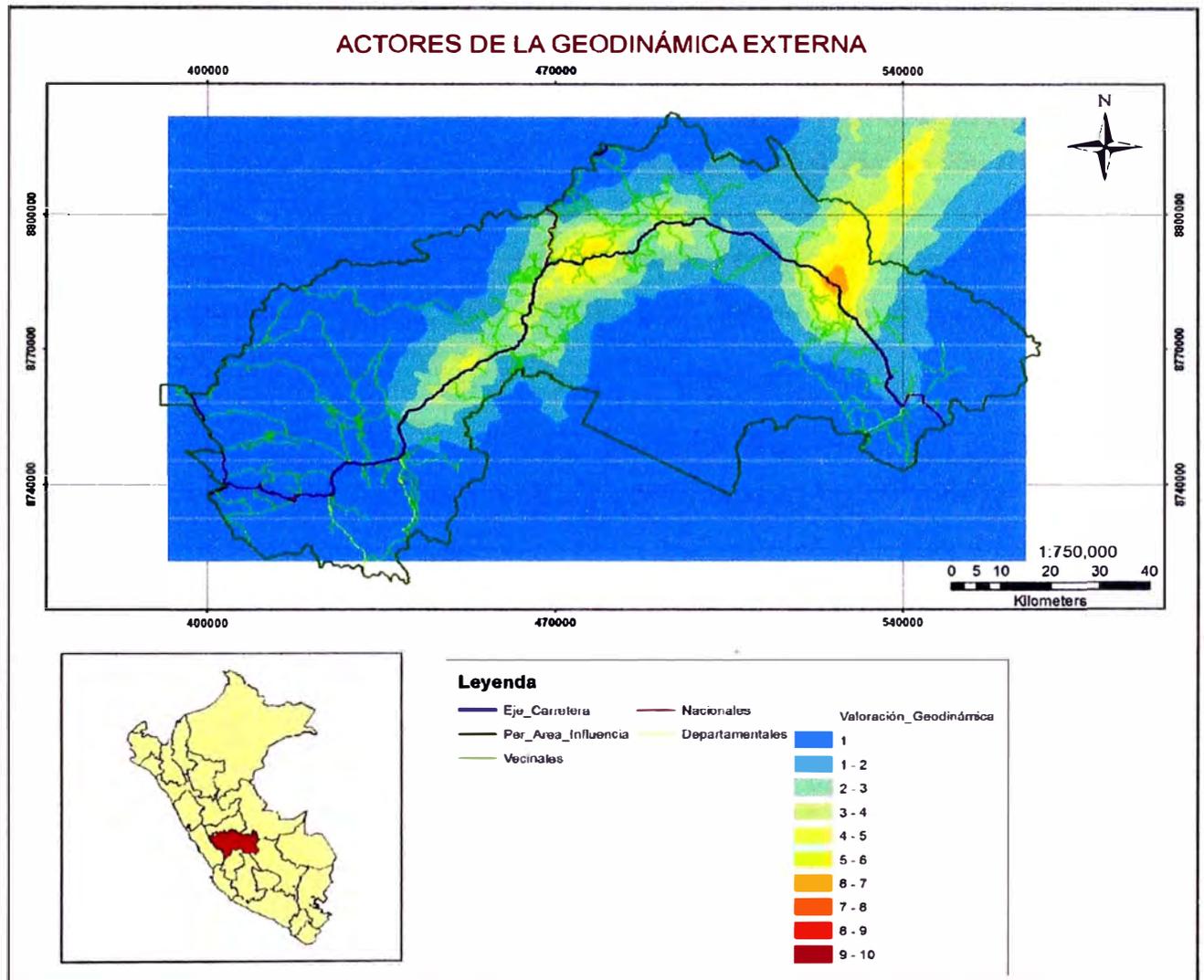
6.- MAPA DE DISTANCIAS CENTROS POBLADOS - CARRETERAS



7.- MAPA DE LA POBLACIÓN ECONOMICAMENTE ACTIVA OCUPADA



8.- MAPA DE RIESGOS DE LA GEODINÁMICA EXTERNA



9.- DATOS DE LOS PROCESOS DE GEODINÁMICA EXTERNA

Esta información ha sido tomada de los estudios geológicos realizados para la elaboración de los expedientes técnicos siguientes:

Estudio Definitivo Para el Mantenimiento Periódico de Tramo: DESVIO LAS VEGAS - TARMA – LA MERCES – PUENTE RAITHER KM. 0+000 AL KM. 119+212,

Elaboración Del Estudio De Mantenimiento Periódico De La Carretera Puente Raither-Satipo, Ruta PE-5S (Km 10+831 Al Km 119+650), Expediente Técnico.

En los siguientes cuadros se ha ubicado mediante progresivas los diferentes agentes de geodinámica externa que se han presentado en la carretera.

DERRUMBES							
FID	Categoría	Km Inicial	Km Final	Long (m)	Vol Min (m ³)	Vol Max (m ³)	Descripción
1	Menor	64540	64540	0	10	30	Continuo
2	Menor	66425	66435	10	10	30	Continuo
3	Menor	66545	66550	5	10	30	Continuo
4	Menor	67920	67920	0	10	30	Continuo
5	Menor	68110	68160	50	10	30	Continuo
6	Menor	72230	72270	40	10	30	Continuo
7	Menor	78970	78970	0	10	30	Continuo
8	Menor	79075	79100	25	10	30	Continuo
9	Menor	79540	79540	0	10	30	Continuo
10	Menor	79700	79700	0	10	30	Continuo
11	Menor	80100	80100	0	10	30	Continuo
12	Menor	83300	83300	0	10	30	Continuo
13	Menor	84860	84860	0	10	30	Continuo
14	Menor	85740	85740	0	10	30	Continuo
15	Menor	85940	85940	0	10	30	Continuo
16	Menor	86750	86750	0	10	30	Continuo
17	Menor	86820	86820	0	10	30	Continuo
18	Menor	88540	88540	0	10	30	Aislado
19	Menor	88680	88680	0	10	30	Aislado
20	Menor	90040	90040	0	10	30	Aislado

DERRUMBES							
FID	Categoría	Km Inicial	Km Final	Long (m)	Vol Min (m ³)	Vol Max (m ³)	Descripción
21	Menor	90060	90060	0	10	30	Aislado
22	Menor	90780	91140	360	10	30	Aislado
23	Menor	91300	91300	0	10	30	Aislado
24	Menor	96900	96900	0	10	30	Aislado
25	Menor	99600	99600	0	10	30	Aislado
26	Menor	99650	99650	0	10	30	Aislado
27	Menor	99900	99900	0	10	30	Aislado
28	Menor	114450	114450	0	10	30	Aislado
29	Menor	114500	114500	0	10	30	Aislado
30	Mayor	66890	67160	270	30	80	Continuo
31	Mayor	73050	73110	60	30	80	Continuo
32	Mayor	75040	75060	20	30	80	Continuo
33	Menor	12070	12120	50	10	30	Continuo
34	Menor	13480	13490	10	10	30	Continuo
35	Menor	13520	13530	10	10	30	Continuo
36	Mayor	16560	16680	120	30	80	Continuo
37	Menor	19600	19700	100	10	30	Continuo
38	Menor	20980	21050	70	10	30	Continuo
39	Menor	21220	21250	30	10	30	Continuo
40	Mayor	26840	27060	220	30	80	Continuo
41	Mayor	27210	27280	70	30	80	Continuo
42	Menor	28170	28210	40	10	30	Continuo
43	Mayor	28220	28340	120	30	80	Continuo
44	Mayor	30720	30840	120	30	80	Continuo
45	Menor	32200	32300	100	10	30	Continuo
46	Menor	47380	47410	30	10	30	Continuo
47	Mayor	59010	59070	60	30	80	Continuo
48	Mayor	89860	89980	120	30	80	Continuo
49	Mayor	91320	91500	180	30	80	Continuo
50	Menor	93800	93850	50	10	30	Continuo

HUAYCOS					
FID	Categoría	km Inicial	km Final	Long (m)	Descripción
1	Menor	67650	67650	0	Eventual
2	Menor	69800	69800	0	Eventual
3	Crítico	70500	70570	70	Continuo
4	Crítico	71090	71150	60	Continuo
5	Menor	73950	73950	0	Eventual
6	Crítico	74150	74230	80	Continuo
7	Menor	74880	74880	0	Eventual
8	Menor	75100	75100	0	Eventual
9	Menor	89000	89000	0	Eventual
10	Menor	89572	89572	0	Eventual
11	Moderado	13330	13330	0	Eventual
12	Moderado	14150	14150	0	Eventual
13	Moderado	17200	17280	80	Eventual
14	Moderado	21680	21750	70	Eventual
15	Moderado	22780	22920	140	Eventual
16	Moderado	22920	22940	20	Eventual
17	Moderado	22950	23030	80	Eventual
18	Moderado	23250	23290	40	Eventual
19	Moderado	25600	25650	50	Eventual
20	Menor	39830	39830	0	Eventual
21	Menor	44400	44400	0	Eventual
22	Menor	45500	45500	0	Eventual
23	Moderado	45900	45950	50	Eventual
24	Moderado	47900	47900	0	Eventual
25	Menor	74750	74780	30	Eventual
26	Menor	77500	77550	50	Eventual
27	Menor	81020	81040	20	Eventual
28	Menor	81100	81110	10	Eventual
29	Menor	81480	81495	15	Eventual
30	Menor	82080	82150	70	Eventual
31	Menor	82200	82210	10	Eventual
32	Menor	82500	82530	30	Eventual
33	Menor	82950	82960	10	Eventual
34	Menor	84080	84090	10	Eventual
35	Menor	84400	84410	10	Eventual
36	Menor	84580	84590	10	Eventual
37	Menor	84700	84710	10	Eventual
38	Menor	85180	85190	10	Eventual
39	Menor	85300	85320	20	Eventual

HUAYCOS					
FID	Categoría	km Inicial	km Final	Long (m)	Descripción
40	Menor	90300	90310	10	Eventual
41	Menor	90390	90400	10	Eventual
42	Menor	90750	90760	10	Eventual
43	Menor	90800	90810	10	Eventual
44	Menor	93200	93220	20	Eventual
45	Menor	93900	93910	10	Eventual
46	Menor	110610	110620	10	Eventual

EROSIÓN DE RIVERAS					
FID	km Inicial	km Final	Long (m)	Altura (m)	Pto Medio
1	77620	79200	1580	6	78410
2	81540	81590	50	9	81565
3	82760	82810	50	6	82785
4	13860	13910	50	8	13885
5	26270	26470	200	2	26370
6	29900	30260	360	3	30080

EROSIÓN DE PLATAFORMA					
FID	Categoría	km Inicial	km Final	Long (m)	Altura (m)
1	Moderada	87960	88000	40	6
2	Moderada	89572	89587	15	10
3	Moderada	90360	90380	20	2
4	Moderada	90420	90470	50	30
5	Moderada	23670	23800	130	15
6	Moderada	30410	30510	100	10
7	Moderada	45800	45840	40	10
8	Moderada	46280	46310	30	20
9	Moderada	46650	46680	30	15
10	Moderada	47200	47230	30	10
11	Moderada	48350	48500	150	30
12	Moderada	50750	50800	50	15
13	Moderada	52800	52830	30	25
14	Moderada	58600	58630	30	15

DESPRENDIMIENTO DE ROCAS						
FID	Categoría	km Inicial	km Final	Long (m)	Pto Medio	Descripción
1	Moderado	62400	62400	0	62400	Discontinuo
2	Moderado	63380	63740	360	63560	Continuo
3	Moderado	64540	64540	0	64540	Discontinuo
4	Moderado	66150	66960	810	66555	Continuo
5	Moderado	67300	67300	0	67300	Discontinuo
6	Moderado	67320	67320	0	67320	Discontinuo
7	Moderado	67340	67340	0	67340	Discontinuo
8	Moderado	67345	67345	0	67345	Discontinuo
9	Moderado	67920	67920	0	67920	Discontinuo
10	Moderado	68100	68160	60	68130	Continuo
11	Moderado	68400	68690	290	68545	Continuo
12	Moderado	69170	69170	0	69170	Discontinuo
13	Moderado	69960	69960	0	69960	Discontinuo
14	Moderado	69980	69980	0	69980	Discontinuo
15	Moderado	70100	70100	0	70100	Discontinuo
16	Moderado	70520	70560	40	70540	Continuo
17	Moderado	71300	71350	50	71325	Continuo
18	Moderado	71700	71700	0	71700	Discontinuo
19	Moderado	71840	71840	0	71840	Discontinuo
20	Moderado	71940	71940	0	71940	Discontinuo
21	Moderado	72280	72320	40	72300	Continuo
22	Moderado	73051	73150	99	73100.5	Continuo
23	Moderado	74160	74160	0	74160	Discontinuo
24	Moderado	74450	74450	0	74450	Discontinuo
25	Moderado	74660	74660	0	74660	Discontinuo
26	Moderado	74880	74880	0	74880	Discontinuo
27	Moderado	75100	75100	0	75100	Discontinuo
28	Moderado	75200	75200	0	75200	Discontinuo
29	Moderado	75980	76185	205	76082.5	Continuo
30	Moderado	76145	76155	10	76150	Continuo
31	Moderado	79075	79075	0	79075	Discontinuo
32	Moderado	79100	79100	0	79100	Discontinuo
33	Moderado	79400	79400	0	79400	Discontinuo
34	Moderado	79540	79540	0	79540	Discontinuo
35	Moderado	80100	80100	0	80100	Discontinuo
36	Moderado	83300	83300	0	83300	Discontinuo
37	Moderado	84860	84860	0	84860	Discontinuo
38	Moderado	85740	85740	0	85740	Discontinuo
39	Moderado	88540	88680	140	88610	Continuo

DESPRENDIMIENTO DE ROCAS						
FID	Categoría	km Inicial	km Final	Long (m)	Pto Medio	Descripción
40	Moderado	90040	90060	20	90050	Continuo
41	Moderado	91140	91140	0	91140	Discontinuo
42	Moderado	91300	91300	0	91300	Discontinuo
43	Moderado	12750	12900	150	12825	Continuo
44	Moderado	13000	13170	170	13085	Continuo
45	Moderado	13650	13670	20	13660	Continuo
46	Moderado	30350	30400	50	30375	Continuo
47	Moderado	32010	32010	0	32010	Discontinuo
48	Moderado	37150	37150	0	37150	Discontinuo
49	Moderado	49280	49310	30	49295	Continuo
50	Moderado	52120	52120	0	52120	Discontinuo
51	Moderado	74900	74915	15	74907.5	Continuo
52	Moderado	76900	77070	170	76985	Continuo
53	Moderado	81970	81990	20	81980	Continuo